



**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE  
CONSTRUCCIONES**

**Diseño semafórico y señalización vial  
del centro urbano de Saraguro**

**Trabajo de grado previo a la obtención del título de:  
INGENIERO CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA DE  
CONSTRUCCIONES**

**Autora**

**ANTONIA ALEJANDRA ORDÓÑEZ PACHAR**

**Director**

**CHRISTIAN MARCELO MOYANO TOBAR**

**CUENCA, ECUADOR**

**2016**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres, Bolívar y Germania, los cuales me han brindado apoyo incondicional a lo largo de mi carrera; con gran amor y sacrificio, supieron sobrellevar la distancia con anhelos de un futuro mejor, gracias a ustedes hoy puedo alcanzar esta meta tan importante en mi vida;

A mis hermanos Cristina, Andrés y María Victoria que han sido los mejores amigos y confidentes, por estar conmigo y apoyarme siempre en innumerables aventuras, los quiero mucho.

A mi hija Valentina porque eres mi gran amor y vez en mi un ejemplo a seguir.

Con un amor infinito les dedico el resultado de mi esfuerzo y trabajo a lo largo de todos estos años. Muchas gracias.

Antonia Ordóñez Pachar

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi sincero agradecimiento a mis profesores que me compartieron sus conocimientos, en especial al Ingeniero Christian Moyano, que como director de esta tesis me ha apoyado, corregido y ha aportado con sus conocimientos para el éxito de este trabajo.

A la Universidad del Azuay, en especial a la Facultad de Ciencia y Tecnología, por abrirme sus puertas y guiarme a ser una profesional exitosa.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| DEDICATORIA.....         | ii    |
| AGRADECIMIENTOS.....     | iii   |
| ÍNDICE DE CONTENIDO..... | iv    |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....   | vii   |
| ÍNDICE DE TABLAS.....    | xii   |
| RESUMEN.....             | xvii  |
| ABSTRACT.....            | xviii |
| INTRODUCCIÓN.....        | 1     |

### **CAPÍTULO 1: GENERALIDADES**

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| 1.1 Antecedentes.....            | 2 |
| 1.2 Justificación.....           | 2 |
| 1.3 Alcance.....                 | 3 |
| 1.4 Objetivos.....               | 3 |
| 1.4.1 Objetivo General.....      | 3 |
| 1.4.2 Objetivos específicos..... | 3 |

### **CAPÍTULO 2: PLANIFICACIÓN DE LA INGENIERÍA DEL TRÁNSITO**

#### **EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL**

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 Condiciones geométricas actuales.....                                       | 4  |
| 2.1.1 Intersecciones no semaforizadas.....                                      | 4  |
| 2.2 Análisis de tráfico en las intersecciones consideradas para el estudio..... | 19 |
| 2.2.1 Levantamiento de información .....                                        | 19 |
| 2.2.2 Conteos manuales.....                                                     | 19 |
| 2.2.3 Determinación del tráfico promedio diario anual (TPDA).....               | 21 |



|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.2.4 Determinación del factor de hora pico (FHP).....              | 25  |
| 2.2.5 Anexos de cálculo.....                                        | 25  |
| 2.2.5.1 Consumo de combustible.....                                 | 25  |
| 2.2.5.2 Factores de expansión.....                                  | 25  |
| 2.3 Análisis e interpretación de resultados.....                    | 27  |
| 2.3.1 Intersección Calle Azuay y Avenida el Oro.....                | 27  |
| 2.3.2 Intersección Avenida el Oro y Juan Antonio Montesinos.....    | 34  |
| 2.3.3 Intersección Avenida el Oro y Calasanz.....                   | 39  |
| 2.3.4 Intersección Panamericana y 10 de Marzo.....                  | 45  |
| 2.3.5 Intersección 10 de Marzo y Calle Azuay.....                   | 52  |
| 2.3.6 Intersección 10 de Marzo y Calle Loja .....                   | 59  |
| 2.3.7 Análisis de velocidad de circulación.....                     | 66  |
| 2.4 Semaforización.....                                             | 67  |
| 2.5 Capacidad y niveles de servicio.....                            | 102 |
| 2.5.1 Conceptos básicos.....                                        | 102 |
| 2.5.1.1Capacidad vial .....                                         | 102 |
| 2.5.1.2 Nivel de servicio.....                                      | 102 |
| 2.5.2 Criterios de análisis de capacidad y niveles de servicio..... | 104 |
| 2.6 Señalización.....                                               | 105 |
| 2.6.1 Señalización vertical.....                                    | 105 |
| 2.6.2 Señalización horizontal.....                                  | 121 |

## **CAPÍTULO 3: DISEÑO SEMAFÓRICO Y SEÑALIZACION DE LA RED VIAL URBANA DE SARAGURO**

|                                                                       |            |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.1 Diseño semafórico a tiempo fijo de las intersecciones.....        | 142        |
| 3.1.1 Definiciones.....                                               | 142        |
| 3.1.2 Procedimiento para la determinación de tiempos semafóricos..... | 143        |
| 3.1.3 Desarrollo del cálculo de tiempos semafóricos.....              | 146        |
| 3.1.4 Optimización de tiempos semafóricos.....                        | 153        |
| 3.1.4.1 Descripción del software.....                                 | 153        |
| 3.1.4.2 Ejemplo de cálculo.....                                       | 153        |
| 3.1.4.3 Plan de señales optimizadas de las seis intersecciones.....   | 163        |
| 3.2 Cálculo de niveles de servicio de las intersecciones.....         | 167        |
| 3.2.1 Nivel de servicio intersecciones no semaforizadas.....          | 167        |
| 3.2.1.1 Trazado de la red.....                                        | 167        |
| 3.2.2 Nivel de servicio de la situación actual.....                   | 167        |
| 3.2.3 Nivel de servicio con semaforización.....                       | 195        |
| 3.3 Diseño horizontal y vertical de las intersecciones.....           | 199        |
| 3.4 Presupuesto.....                                                  | 199        |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>                                              | <b>204</b> |
| <b>RECOMENDACIONES.....</b>                                           | <b>206</b> |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                                | <b>208</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>                                                    | <b>209</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2.1: Intersección Calle Azuay y Av. El Oro.....                                      | 4  |
| Figura2.2: No estacionar- Entrada Noroeste.....                                             | 5  |
| Figura 2.3:Pare-Entrada Noreste.....                                                        | 5  |
| Figura 2.4:Prohibido el paso de vehículos pesados-Salida Noroeste.....                      | 5  |
| Figura 2.5:Parada de taxi salida suroeste .....                                             | 5  |
| Figura 2.6:Parada de transporte interprovincial entrada suroeste .....                      | 6  |
| Figura 2.7: No estacionar - Entrada Suroeste.....                                           | 6  |
| Figura 2.8: Parada de transporte intraprovincial entrada Noroeste.....                      | 6  |
| Figura2. 9: Intersección Av. El Oro y Juan Antonio Montesinos.....                          | 8  |
| Figura 2.10: No estacionar salida – Salida Suroeste Parada de cooperativa León Express..... | 9  |
| Figura 2.11: Parada cooperativa 10 de Marzo Salida Noroeste.....                            | 9  |
| Figura 2.12: Estacionamiento permitido Max 20 min Entrada Sureste.....                      | 9  |
| Figura 2.13: Av. El Oro y Calasanz.....                                                     | 10 |
| Figura 2.14: Estacionamiento cooperativa Entrada Noreste.....                               | 11 |
| Figura 2.15: Figura 15.Intersección Panamericana y 10 de Marzo.....                         | 12 |
| Figura 2.16: Figura 16: Paso peatonal entrada y salida Suroeste.....                        | 12 |
| Figura 2.17: Paso peatonal entrada y salida Noreste.....                                    | 12 |
| Figura 2.18:Paso peatonal entrada y salida Noroeste.....                                    | 13 |
| Figura 2.19:Intersección Calle Azuay y 10 de Marzo.....                                     | 14 |
| Figura 2.20: Prohibido el ingreso de vehículos pesados entrada y salida Noroeste.....       | 14 |
| Figura 2.21: Paso peatonal entrada Noreste.....                                             | 14 |
| Figura 2.22: Paso peatonal entrada y salida Sureste.....                                    | 15 |
| Figura 2.23: Paso peatonal entrada y salida Noroeste.....                                   | 15 |
| Figura 2.24: Paso peatonal entrada y salida Suroeste.....                                   | 15 |
| Figura 2.25: No Estacional salida Noreste.....                                              | 15 |
| Figura 2.26: Intersección Calle Loja y 10 de Marzo.....                                     | 16 |
| Figura 2.27: Pare entrada Noroeste.....                                                     | 17 |
| figura 2.28: Paso peatonal entrada Suroeste.....                                            | 17 |
| Figura 2.29: No estacionar entrada Suroeste.....                                            | 17 |

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2.30: No estacionar entrada Sureste.....                                                           | 17 |
| Figura 2.31: Parada de Taxi entrada Sureste .....                                                         | 17 |
| Figura 2.32: Formato Estándar de conteo manual.....                                                       | 20 |
| Figura 2.33: Intersección Calle Azuay y Av. el Oro.....                                                   | 27 |
| Figura 2.34: Intersección Calle Azuay y Av. el Oro.....                                                   | 28 |
| Figura 2.35: Intersección Av. el Oro y Juan Antonio Montesinos.....                                       | 34 |
| Figura 2.36: Intersección Av. el Oro y Av. Calasanz.....                                                  | 40 |
| Figura 2.37: Intersección Panamericana y 10 de Marzo.....                                                 | 45 |
| Figura 2.38: Intersección Panamericana y 10 de Marzo.....                                                 | 46 |
| Figura 2.39: Intersección Azuay y 10 de Marzo.....                                                        | 53 |
| Figura 2.40: Intersección Azuay y 10 de Marzo.....                                                        | 53 |
| Figura 2.41: Intersección Loja y 10 de Marzo.....                                                         | 60 |
| Figura 2.42: Intersección Loja y 10 de Marzo.....                                                         | 60 |
| Figura 2.43: Volúmenes vehiculares (Fuente: RTE INEN 004).....                                            | 76 |
| Figura 2.44: Requisito - Volúmenes vehiculares acceso a vías principales (Fuente: RTE INEN 004).....      | 76 |
| Figura 2.45: Semáforos vehiculares (Fuente: RTE INEN 004).....                                            | 79 |
| Figura 2.46: Semáforos peatonales (Fuente: RTE INEN 004).....                                             | 81 |
| Figura 2.47: Ubicación de semáforos sin parterre (Fuente: RTE INEN 004).....                              | 82 |
| Figura 2.48: Ubicación de semáforos con parterre (Fuente: RTE INEN 004).....                              | 83 |
| Figura 2.49: Funciones de los semáforos (Fuente: RTE INEN 004).....                                       | 84 |
| Figura 2.50: Distancias de visibilidad del conductor con relación al semáforo (Fuente: RTE INEN 004)..... | 84 |
| Figura 2.51: Símbolos. (Fuente: RTE INEN 004).....                                                        | 85 |
| Figura 2.52: Funciones. (Fuente: RTE INEN 004).....                                                       | 88 |
| Figura 2.53: Algunos ejemplos de ubicación y funciones de semáforos (Fuente: RTE INEN 004).....           | 88 |
| Figura 2.54: Algunos ejemplos de ubicación y funciones de semáforos (Fuente: RTE INEN 004).....           | 89 |
| Figura 2.55: Algunos ejemplos de ubicación y funciones de semáforos (Fuente: RTE INEN 004).....           | 89 |

|                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 2.56: Ubicación de semáforos en intersecciones en T sin cruces peatonales<br>(Fuente: RTE INEN 004)..... | 92  |
| Figura 2.57: Ubicación de semáforos con cruce peatonal a la izquierda. (Fuente: RTE<br>INEN 004).....           | 92  |
| Figura 2.58: Ejemplo altura de montaje (Fuente: RTE INEN 004).....                                              | 93  |
| Figura 2.59: Ejemplos de montaje de semáforos vehiculares, peatonales (Fuente: RTE<br>INEN 004).....            | 94  |
| Figura 2.60: Semáforos en parterres (Fuente: RTE INEN 004).....                                                 | 94  |
| Figura 2.61: Señalización horizontal en semaforización. (Fuente: RTE INEN 004).....                             | 95  |
| Figura 2.62: Ejemplo anclaje de semáforos (Fuente: RTE INEN 004).....                                           | 96  |
| Figura 2.63: Controlador de tiempo fijo (Fuente: RTE INEN 004).....                                             | 98  |
| Figura 2.64: Controlador semi-actuado (Fuente: RTE INEN 004).....                                               | 98  |
| Figura 2.65: Figura 65: Controlador actuado (Fuente: RTE INEN 004).....                                         | 99  |
| Figura 2.66: Ejemplo grupos semafóricos (Fuente: RTE INEN 004).....                                             | 100 |
| Figura 2.67: Ejemplo grupos semafóricos peatonales (Fuente: RTE INEN 004).....                                  | 101 |
| Figura 2.68: Ejemplo fases (Fuente: RTE INEN 004).....                                                          | 102 |
| Figura 69: Partes de una fase (Fuente: RTE INEN 004).....                                                       | 104 |
| Figura 2.70: Nivel de Servicio en condiciones de circulación continúa (Fuente: Cal y<br>Mayor (2007) ).....     | 106 |
| Figura 2.71: Ejemplo colocación señalización vertical (Fuente: RTE INEN 004).....                               | 112 |
| Figura 2.72: Señal PARE (Fuente: RTE INEN 004).....                                                             | 113 |
| Figura 2.73: Ejemplo CEDA EL PASO (Fuente: RTE INEN 004).....                                                   | 114 |
| Figura 2.74: Señal de direccionalidad de vías (Fuente: RTE INEN 004).....                                       | 115 |
| Figura 2.75: Señal PROHIBIDO ESTACIONAR (Fuente: RTE INEN 004).....                                             | 116 |
| Figura 2.76: Curva cerrada izquierda o derecha (Fuente: RTE INEN 004).....                                      | 117 |
| Figura 2.77: Intersección en “T” (Fuente: RTE INEN 004).....                                                    | 118 |
| Figura 2.78: Pacas complementarias (Fuente: RTE INEN 004).....                                                  | 121 |
| Figura 2.79: Serie de control de velocidad ER1 (Fuente: RTE INEN 004).....                                      | 122 |
| Figura 2.80: Parada de bus en zona escolar (Fuente: RTE INEN 004).....                                          | 123 |
| Figura 2.81: Fin zona escolar (Fuente: RTE INEN) 004.....                                                       | 123 |

|                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 2.82: Ejemplo ángulo de observación e iluminación (Fuente: RTE INEN 004).....                          | 127 |
| Figura 2.83: Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta (Fuente: RTE INEN 004).....              | 128 |
| Figura 2.84: Doble línea continua. (Fuente: RTE INEN 004).....                                                | 129 |
| Figura 2.85: Doble línea mixta (Fuente: RTE INEN 004).....                                                    | 129 |
| Figura 2.86: Ejemplo zonas de no rebasar (Fuente: RTE INEN 004).....                                          | 130 |
| Figura 2.87: Líneas de separación de carriles (Fuente: RTE INEN 004).....                                     | 131 |
| Figura 2.88: Ejemplo ancho de carril (Fuente: RTE INEN 004).....                                              | 132 |
| Figura 2.89: Líneas de PARE. (Fuente: RTE INEN 004).....                                                      | 133 |
| Figura 2.90: Líneas de PARE para intersecciones semaforizadas (Fuente: RTE INEN 004).....                     | 134 |
| Figura 2.91: Líneas de PARE para intersecciones semaforizadas con cruce peatonal. (Fuente: RTE INEN 004)..... | 135 |
| Figura 2.92: Dimensiones Línea de CEDA EL PASO (Fuente: RTE INEN 004).....                                    | 137 |
| Figura 2.93: Dimensiones Línea de detención (Fuente: RTE INEN 004).....                                       | 138 |
| Figura 2. 94: Dimensiones Línea de cruce peatonal (Fuente: RTE INEN 004).....                                 | 139 |
| Figura 2.95: Líneas de cruce con semáforos peatonales (Fuente: RTE INEN 004).....                             | 140 |
| Figura 2.96: Cruce peatonal controlado con semáforo intermedio (Fuente: RTE INEN 004).....                    | 140 |
| Figura 2.97: Cruce peatonal controlado con semáforo en intersección (Fuente: RTE INEN 004).....               | 141 |
| Figura 2.98: Cruce peatonal controlado con semáforos vehicular (Fuente: RTE INEN 004).....                    | 141 |
| Figura 2.99: Símbolos y leyendas. (Fuente: RTE INEN 004).....                                                 | 143 |
| Figura 3.1: Intersección Calle Azuay y Avenida el Oro.....                                                    | 148 |
| Figura 3.2: Análisis V1 con V2.....                                                                           | 150 |
| Figura 3.3: Análisis V1 con V3.....                                                                           | 150 |
| Figura 3.4: Análisis V2 con V3.....                                                                           | 150 |
| Figura 3.5: FASE A.....                                                                                       | 152 |
| Figura 3.6: FASE B.....                                                                                       | 152 |

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 3.7: Intersección Calle Azuay y Avenida el Oro.....             | 165 |
| Figura 3.8: Intersección Avenida el Oro y Juan Antonio Montesinos..... | 165 |
| Figura 3.9: Intersección Av. el Oro y Av. Calasanz .....               | 166 |
| Figura 3.10: Intersección Panamericana y 10 de Marzo.....              | 166 |
| Figura 3.11: Intersección Azuay y 10 de Marzo.....                     | 167 |
| Figura 3.12: Intersección Loja y 10 de Marzo.....                      | 167 |
| Figura 3.13: Nivel de servicio estado actual intersección 1.....       | 193 |
| Figura 3.14: Nivel de servicio estado actual intersección 2.....       | 194 |
| Figura 3.15: Nivel de servicio estado actual intersección 3.....       | 194 |
| Figura 3.16: Nivel de servicio estado actual intersección 4.....       | 195 |
| Figura 3.17: Nivel de servicio estado actual intersección 5.....       | 195 |
| Figura 3.18: Nivel de servicio estado actual intersección 6.....       | 196 |
| Figura 3.19: Nivel de servicio con semaforización intersección 1.....  | 197 |
| Figura 3.20: Nivel de servicio con semaforización intersección 2.....  | 197 |
| Figura 3.21: Nivel de servicio con semaforización intersección 3.....  | 198 |
| Figura 3.22: Nivel de servicio con semaforización intersección 4.....  | 198 |
| Figura 3.23: Nivel de servicio con semaforización intersección 5.....  | 199 |
| Figura 3.24: Nivel de servicio con semaforización intersección 6.....  | 199 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 2.1: Características Geométricas Intersección 1.....                        | 6  |
| Tabla 2.2: Características Geométricas intersección 2.....                        | 9  |
| Tabla 2.3: Características Geométricas Intersección.....                          | 11 |
| Tabla 2.4: Características geométricas de la Intersección 4.....                  | 13 |
| Tabla 2.5: Características geométricas Intersección 5.....                        | 15 |
| Tabla 2.6: Características geométricas Intersección 6.....                        | 18 |
| Tabla 2.7: Conteo Automático.....                                                 | 22 |
| Tabla 2.8: Consumo de Combustible 2014 (Fuente: Secretaría Hidrocarburífera)..... | 25 |
| Tabla 2.9: Cálculo TPDA General Acceso.....                                       | 28 |
| Tabla 2.10: Cálculo TPDA General Acceso 2.....                                    | 28 |
| Tabla 2.11: Cálculo TPDA General Acceso 3.....                                    | 29 |
| Tabla 2.12: Flujos Vehiculares acceso 1.....                                      | 29 |
| Tabla 2.13: Flujos Vehiculares acceso 2.....                                      | 30 |
| Tabla 2.14: Flujos Vehiculares Acceso 3.....                                      | 30 |
| Tabla 2.15: Composición Vehicular Intersección 1.....                             | 30 |
| Tabla 2.16: Variación Horaria del TPDA Intersección 1.....                        | 32 |
| Tabla 2.17: Horas de máxima demanda intersección 1.....                           | 33 |
| Tabla 2.18: Factor de Hora Pico Mañana.....                                       | 33 |
| Tabla 2.19: Factor de Hora Pico Tarde .....                                       | 33 |
| Tabla 2.20: Cálculo TPDA General Acceso 1.....                                    | 34 |
| Tabla 2.21: Cálculo TPDA General Acceso 2.....                                    | 35 |
| Tabla 2.22: Flujos Vehiculares Acceso 1.....                                      | 35 |
| Tabla 2.23: Flujos Vehiculares Acceso 2.....                                      | 35 |
| Tabla 2.24: Composición Vehicular Intersección 2.....                             | 36 |
| Tabla 2.25: Variación Horaria del TPDA Intersección 2.....                        | 38 |
| Tabla 2.26: Horas de máxima demanda intersección 2.....                           | 38 |
| Tabla 2.27: Factor de Hora Pico Mañana.....                                       | 39 |
| Tabla 2.28: Factor de Hora Pico Tarde.....                                        | 39 |



|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 2.29: Cálculo de TPDA General acceso 1.....          | 40 |
| Tabla 2.30: Cálculo TPDA General acceso 2.....             | 41 |
| Tabla 2.31: Flujo Vehiculares acceso 1.....                | 41 |
| Tabla 2.32: Flujo Vehiculares acceso 2.....                | 41 |
| Tabla 2.33: Composición Vehicular Intersección 3.....      | 42 |
| Tabla 2.34: Variación Horaria del TPDA Intersección 3..... | 43 |
| Tabla 2.35: Horas de máxima demanda intersección 3.....    | 44 |
| Tabla 2.36: Factor de Hora Pico Mañana.....                | 44 |
| Tabla 2.37: Factor de Hora Pico Tarde.....                 | 44 |
| Tabla 2.38: Cálculo TPDA General acceso 1.....             | 46 |
| Tabla 2.39: Cálculo TPDA General acceso 2.....             | 47 |
| Tabla 2.40: Cálculo TPDA General acceso 3.....             | 47 |
| Tabla 2.41: Cálculo TPDA General acceso 4.....             | 47 |
| Tabla 2.42: Flujos Vehiculares Acceso 1.....               | 48 |
| Tabla 2.43: Flujos Vehiculares Acceso 2.....               | 48 |
| Tabla 2.44: Flujos Vehiculares Acceso 3.....               | 48 |
| Tabla 2.45: Flujos Vehiculares Acceso 4.....               | 49 |
| Tabla 2.46: Composición Vehicular Intersección 4.....      | 49 |
| Tabla 2.47: Variación Horaria del TPDA Intersección 4..... | 51 |
| Tabla 2.48: Horas de máxima demanda Intersección 4.....    | 52 |
| Tabla 2.49: Factor de Hora Pico Mañana.....                | 52 |
| Tabla 2.50: Factor de Hora Pico Tarde .....                | 52 |
| Tabla 2.51: Cálculo TPDA General acceso 1.....             | 54 |
| Tabla 2.52: Cálculo TPDA General acceso 2.....             | 54 |
| Tabla 2.53: Cálculo TPDA General acceso 3.....             | 55 |
| Tabla 2.54: Cálculo TPDA General acceso 4.....             | 55 |
| Tabla 2.55: Flujos Vehiculares Acceso 1.....               | 55 |
| Tabla 2.56: Flujos Vehiculares Acceso 2.....               | 56 |
| Tabla 2.57: Flujos Vehiculares Acceso 3.....               | 56 |
| Tabla 2.58: Flujos Vehiculares Acceso 4.....               | 56 |
| Tabla 2.59: Composición Vehicular Intersección 5.....      | 57 |

|                                                                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 2.60: Variación Horaria del TPDA Intersección 5.....                                                                                         | 58  |
| Tabla 2.61: Horas de máxima demanda Intersección 5.....                                                                                            | 59  |
| Tabla 2.62: Factor de Hora Pico Mañana.....                                                                                                        | 59  |
| Tabla 2.63: Factor de Hora Pico Tarde .....                                                                                                        | 59  |
| Tabla 2.64: Cálculo TPDA General acceso 1.....                                                                                                     | 61  |
| Tabla 2.65: Cálculo TPDA General acceso 2.....                                                                                                     | 61  |
| Tabla 2.66: Cálculo TPDA General acceso 3.....                                                                                                     | 62  |
| Tabla 2.67: Flujos Vehiculares Acceso 1.....                                                                                                       | 62  |
| Tabla 2.68: Flujos Vehiculares Acceso 2.....                                                                                                       | 63  |
| Tabla 2.69: Flujos Vehiculares Acceso 3.....                                                                                                       | 63  |
| Tabla 2.70: Composición Vehicular Intersección 6.....                                                                                              | 63  |
| Tabla 2.71: Variación Horaria del TPDA Intersección 6.....                                                                                         | 65  |
| Tabla 2.72: Horas de máxima demanda Intersección 6.....                                                                                            | 66  |
| Tabla 2.73: Factor de Hora Pico Mañana.....                                                                                                        | 66  |
| Tabla 2.74: Factor de Hora Pico Tarde .....                                                                                                        | 66  |
| Tabla 2.75: Velocidades de circulación Intersección 1.....                                                                                         | 67  |
| Tabla 2.76: Velocidades de circulación Intersección 2.....                                                                                         | 68  |
| Tabla 2.77: Velocidades de circulación Intersección 3.....                                                                                         | 68  |
| Tabla 2.78: Velocidades de circulación Intersección 4.....                                                                                         | 69  |
| Tabla 2.79: Velocidades de circulación Intersección 5.....                                                                                         | 69  |
| Tabla 2.80: Velocidades de circulación Intersección 6.....                                                                                         | 70  |
| Tabla 2.81: NIVEL DE SERVICIO SEGÚN DEMORAS DE TIEMPO PARADO POR<br>VEHÍCULO EN INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS (Fuente: HCM 2000,<br>CAP 16)..... | 108 |
| Tabla 2.82: NIVEL DE SERVICIO SEGÚN DEMORAS DE TIEMPO PARADO POR<br>VEHÍCULO EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS (Fuente: HCM 2000, CAP<br>16).....    | 108 |
| Tabla2. 83: Distancia de visibilidad mínima Fuente: INEN 004.....                                                                                  | 115 |
| Tabla 2.84: Ángulos y colores Fuente: INEN 004.....                                                                                                | 127 |
| Tabla2. 85: Ancho de carril Fuente: INEN 004.....                                                                                                  | 133 |
| Tabla 3.1: Equivalencia a vehículos livianos .....                                                                                                 | 154 |

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 3.2: Resumen tiempos semafóricos según Metodología RILSA.....                 | 155 |
| Tabla 3.3: Flujos hora de máxima demanda intersección 3.....                        | 162 |
| Tabla 3.4: Tiempos semafóricos optimizados.....                                     | 169 |
| Tabla 3.5: Flujo Vehicular y composición hora de máxima demanda Intersección 1...   | 170 |
| Tabla 3.6: Flujo Vehicular y composición hora de máxima demanda Intersección 2...   | 170 |
| Tabla 3.7: Flujo Vehicular y composición hora de máxima demanda Intersección 3...   | 171 |
| Tabla 3.8: Flujo Vehicular y composición hora de máxima demanda Intersección 4      | 171 |
| Tabla 3.9: Flujo Vehicular y composición hora de máxima demanda Intersección ...    | 172 |
| Tabla 3.10: Flujo Vehicular y composición hora de máxima demanda Intersección 6     | 173 |
| Tabla 3.11: Velocidades de circulación hora de máxima demanda intersección 1.....   | 173 |
| Tabla 3.12: Velocidades de circulación hora de máxima demanda intersección 2.....   | 174 |
| Tabla 3.13: Velocidades de circulación hora de máxima demanda intersección 3....    | 174 |
| Tabla 3.14: Velocidades de circulación hora de máxima demanda intersección 4....    | 175 |
| Tabla 3.15: Velocidades de circulación hora de máxima demanda intersección 5.....   | 175 |
| Tabla 3.16: Velocidades de circulación hora de máxima demanda intersección 6.....   | 176 |
| Tabla 3.17: Datos de Calibración Intersección 1.....                                | 177 |
| Tabla 3.18: Datos de Calibración Intersección 2.....                                | 177 |
| Tabla 3.19: Datos de Calibración Intersección 3.....                                | 177 |
| Tabla 3.20: Datos de Calibración Intersección 4.....                                | 177 |
| Tabla 3.21: Datos de Calibración Intersección 5.....                                | 178 |
| Tabla 3.22: Datos de Calibración Intersección 6.....                                | 178 |
| Tabla 3.23: Parámetros de Ingeniería de Tránsito del Estado Actual Intersección.... | 178 |
| Tabla 3.24: Parámetros de Ingeniería de Tránsito del Estado Actual Intersección 2.. | 181 |
| Tabla 3.25: Parámetros de Ingeniería de Tránsito del Estado Actual Intersección 3.. | 183 |
| Tabla 3.26: Parámetros de Ingeniería de Tránsito del Estado Actual Intersección 4.. | 186 |
| Tabla 3.27: Parámetros de Ingeniería de Tránsito del Estado Actual Intersección 5.. | 189 |
| Tabla 3.28: Parámetros de Ingeniería de Tránsito del Estado Actual Intersección 6.. | 191 |
| ANEXOS.....                                                                         | 205 |



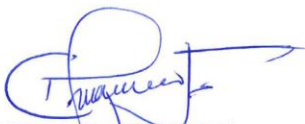
Ordóñez Pachar xvi

**DISEÑO SEMAFÓRICO Y SEÑALIZACIÓN VIAL  
DEL CENTRO URBANO DE SARAGURO**

**RESUMEN**

Este proyecto está enfocado en realizar un diseño semafórico óptimo y señalización vial del centro urbano de la ciudad de Saraguro, para lo cual se realizó conteos vehiculares y levantamiento de las características geométricas de seis intersecciones consideradas para el estudio, se utilizó un software especializado para determinar el nivel de servicio actual de las intersecciones, se realizaron cálculos manuales para determinar los tiempos semafóricos que se comparó con los tiempos óptimos obtenidos mediante un software, de igual manera se determinó el nivel de servicio considerando las intersecciones semaforizadas, se hizo una evaluación del estado actual de señalización y las reformas para garantizar un tránsito ordenado tanto de vehículos como peatones.

**Palabras clave:** señalización vial, intersección no semaforizada, nivel de servicio, metodología RILSA, AIMSUN8.1.



Christian Macelo Moyano  
**DIRECTOR DE TESIS**



Paúl Cordero Díaz  
**DIRECTOR DE ESCUELA**



Antonia Alejandra Ordóñez  
**AUTOR**

**TRAFFIC LIGHT AND ROAD SIGNS DESIGN OF SARAGURO  
DOWNTOWN AREA**

**ABSTRACT**

This project aims at achieving an optimum traffic light and road signs design of *Saraguro* downtown area; for which, vehicle counts and collecting of the geometric characteristics of six intersections considered for the study were conducted. Specialized software was used to determine the intersections current service level. Then, manual calculations were performed to determine the traffic light times, which were compared with the optimal times obtained using software. Also, the level of service was determined considering signalized intersections; and an assessment of the current signaling and reforms to ensure an orderly transition of both vehicles and pedestrians were made.

**Keywords:** Road Signs, Non Signalized Intersection, Service Level, RILSA Methodology, AIMSUN8.1.

  
Christian Macelo Moyano  
**THESIS DIRECTOR**

  
Antonia Alejandra Ordóñez  
**AUTHOR**

  
Paúl Cordero Díaz  
**SCHOOL DIRECTOR**

  
UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY  
Dpto. Idiomas

  
Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

Ordóñez Pachar Antonia Alejandra

Trabajo de titulación

Ing. Christian Marcelo Moyano Tobar

Julio 2016

## **DISEÑO SEMAFÓRICO Y SEÑALIZACIÓN VIAL DEL CENTRO URBANO DE LA CIUDAD DE SARAGURO**

### **INTRODUCCIÓN**

Mediante el desarrollo de la presente investigación se contribuirá a la implementación de un sistema semafórico y señalización vertical y horizontal para el área urbana de la ciudad de Saraguro, primero se realizará un levantamiento de información de campo correspondiente a volúmenes vehiculares, geometría de las intersecciones y los parámetros necesarios para definir el nivel de servicio, luego a partir de estos datos se hará el diseño semafórico a tiempo fijo utilizando la metodología RILSA y en complemento con la normativa vigente en el país; para el cálculo de niveles de servicio se utilizará la metodología del Highway Capacity Manual HCM que servirá posteriormente a que los semáforos operen de una manera eficiente. El proyecto propuesto comprende desarrollar desde fases de recolección de datos utilizando recursos humanos para los conteos vehiculares, luego de esto se hará una tabulación utilizando herramientas informáticas.

Para el cálculo del nivel de servicio de las intersecciones se utilizará el software para planificación del tránsito Aisum 8.1 y para optimización de tiempos semafóricos se utilizará el software LISA PLUS, que han sido desarrollados en base a las normas antes mencionadas.

Se hará una propuesta para señalización basándose en la Norma INEN de Señalización Vial y por último se presentará un presupuesto referencial de semaforización y señalización.

## **CAPÍTULO 1**

### **GENERALIDADES**

#### **1.1 Antecedentes**

Saraguro siendo el cantón más antiguo de la provincia de Loja, con una población de 30.183 habitantes también representa el 9,8% del territorio de la provincia, e indudablemente ha tenido en los últimos años un evidente crecimiento en el comercio y más aún en su parque automotor, lo que está ocasionando problemas en el tránsito. Por lo que es importante pensar en un Plan de Movilidad sustentable y sostenible que permita la circulación de vehículos y peatones en condiciones óptimas y sin dificultades.

Un diseño semafórico es una parte importante dentro de la planificación del tránsito que con una correcta operación de sus componentes, cumplirá eficientemente la función de ordenar el tránsito. Las seis intersecciones consideradas para el estudio se ubican en la zona central de Saraguro y son de vital importancia dentro de la movilidad, la operación correcta de las mismas nos asegura un tránsito seguro, reducción de accidentes y servirá como complemento a un plan de movilidad sustentable y sostenible.

#### **1.2 Justificación**

En la actualidad el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Intercultural de Saraguro al asumir las competencias de tránsito han creado la unidad de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, entidad encargada de la planificación, control y administración de la movilidad en el cantón, pero al ser una dependencia que recién inicia se gestión, no cuenta con información sobre señalización horizontal y vertical, reguladores de tráfico (semáforos) y transporte público en todas sus modalidades, al



mismo tiempo la falta de personal capacitado en el área, dificulta la toma de decisiones para garantizar una movilidad sustentable.

### **1.3 Alcance**

Determinar un diseño óptimo semafórico y de señalización horizontal y vertical que disminuya el potencial número de accidentes y maximice el área de estudio.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo general**

Realizar el diseño semafórico a tiempo fijo y la señalización horizontal y vertical de las intersecciones que van a ser estudiadas.

#### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Levantar los volúmenes de tránsito vehicular en las intersecciones de estudio.
- Levantar los parámetros necesarios para la determinación de los niveles de servicio de las intersecciones estudiadas.
- Proponer planes de programación semafórica para los días tipo.
- Proponer mejoras conceptuales a la movilidad vehicular y peatonal del área urbana del cantón Saraguro.

## CAPÍTULO 2

### PLANIFICACIÓN DE LA INGENIERÍA DEL TRÁNSITO

#### EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL

##### 2.1 Condiciones geométricas actuales

###### 2.1.1 Intersecciones no semaforizadas

En este tipo de intersecciones existe en algunos casos señalización horizontal y vertical reglamentaria, que prioriza la vía principal en la que hay un flujo casi ininterrumpido y la vía secundaria en la que hay un flujo interrumpido que se refleja en las demoras para circular por dicha intersección. En este caso de estudio las intersecciones no semaforizadas son seis que las describiré a continuación:

- **Intersección Azuay y Av. El Oro**

Esta es la primera intersección considerada para el estudio en la cual se ubica la calle Azuay como vía principal en sentido Norte – Sur y Sur – Norte, por lo tanto la Av. El Oro se convierte en secundaria en dicha intersección y cruza en sentido Oeste – Este. Es importante indicar que en la Calle Azuay existe una parada de transporte público y una parada de taxi, dicha información se tomará en cuenta para el cálculo del nivel de servicio.

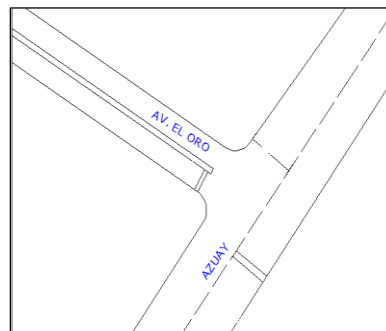


Figura 2.1: Intersección Calle Azuay y Av. El Oro

En esta intersección las avenidas están dispuestas casi ortogonalmente, no semaforizada y tanto sus tres entradas como tres salidas están dispuestas de la siguiente manera, la primera y segunda entrada con sus respectivas salidas se encuentra en la calle Azuay en sentido Noreste y Suroeste, la tercera se encuentra en la Av. El Oro en sentido Noroeste y es la avenida secundaria de la intersección.

Una vez identificadas las entradas y salidas procederemos a hacer el análisis de la señalización horizontal y vertical.



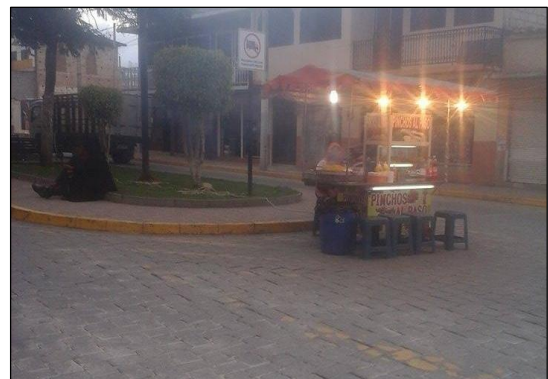
**Figura 2.2: Pare – Entrada Noreste**



**Figura 2.3: No estacionar entrada Noroeste**



**Figura 2.5: Parada de taxi salida suroeste**



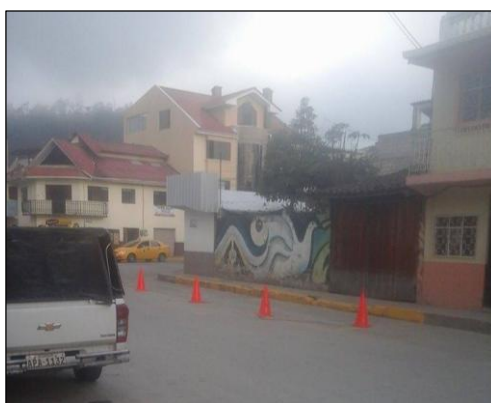
**Figura 2.4: Prohibido el paso de vehículos pesados**



**Figura 2.6: Parada de transporte interprovincial entrada suroeste**



**Figura 2.7: No estacionar - Entrada Suroeste**



**Figura 2.8: Parada de transporte intraprovincial entrada Noroeste**

En esta intersección la vía principal es de hormigón rígido y la secundaria de adoquín ornamental que están en buenas condiciones y no necesitarían un mantenimiento inmediato.

### **Características geométricas de la intersección Calle Azuay y Av. El Oro.**

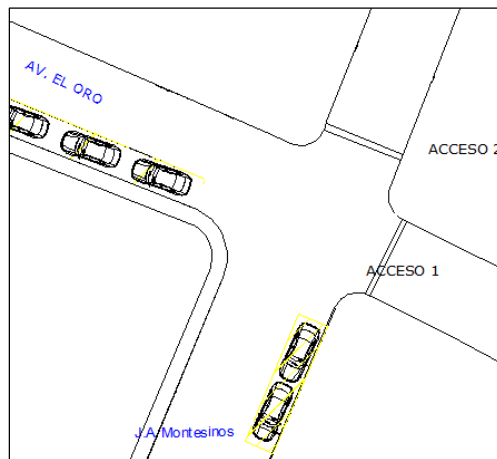
**Tabla 2.1: Características Geométricas Intersección 1**

|                                         |             |
|-----------------------------------------|-------------|
| <b>Carril acceso 1</b>                  | <b>3,80</b> |
| <b>Carril acceso 2</b>                  | <b>4,00</b> |
| <b>Carril acceso 3</b>                  | <b>3,80</b> |
| <b>Carrillo acceso 4</b>                | <b>4,00</b> |
| <b>parterre vía principal</b>           | <b>No</b>   |
| <b>parterre vía secundaria</b>          | <b>Si</b>   |
| <b>Ancho de parterre vía secundaria</b> | <b>2,00</b> |

- Intersección Avenida El Oro y Juan Antonio Montesinos

Es la segunda intersección considerada en la cual se ubica la Av. El Oro como vía principal en sentido Sureste-Noroeste y calle Juan Antonio Montesinos como calle secundaria en sentido Noreste-Suroeste, encontramos un alto uso de zona de parqueadero en la calle Juan Antonio Montesinos en periodos mayores a 15 minutos y también se ubica una parada de la cooperativa de transportes mixto 10 de Marzo.

Las calles están dispuestas ortogonalmente y sus dos entradas y salidas están dispuestas de la siguiente manera, la primera entrada se ubica en la en la Av. El Oro en sentido Sureste, la segunda entrada ubicada calle Juan Antonio Montesinos con sentido Noreste en el caso de las salidas la primera se ubica en la Av. El Oro en sentido Noroeste y la segunda salida se ubica en la Calle Juan Antonio Montesinos en sentido Suroeste.



**Figura 2.9: Intersección Av. El Oro y Juan Antonio Montesinos**

Una vez identificadas las entradas y salidas procedemos a realizar la evaluación del estado actual de señalización vertical y horizontal.



**Figura 2.11: Parada cooperativa 10 de Marzo Salida Noroeste**



**Figura 2.10: No estacionar salida – Salida Suroeste Parada de cooperativa León Express**



**Figura 2.12: Estacionamiento permitido, Max 20 min Entrada Sureste.**

En esta intersección la calle Juan Antonio Montesinos está construida de adoquín artesanal y la Av. Juan Antonio Montesinos de adoquín ornamental en condiciones buenas pero si requiere de un mantenimiento constante.

## Características geométricas de la Intersección Av. El Oro y Juan Antonio Montesinos

Tabla 1.2: Características Geométricas intersección 2

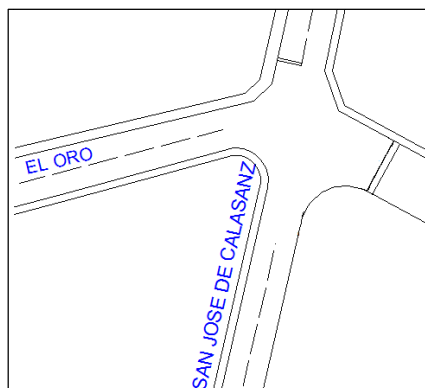
|                                |             |
|--------------------------------|-------------|
| <b>Carril acceso 1</b>         | <b>2,95</b> |
| <b>carril acceso 2</b>         | <b>3,95</b> |
| <b>parterre vía principal</b>  | No          |
| <b>parterre vía secundaria</b> | No          |

- Avenida El Oro y Calasanz

En la tercera intersección considerada igualmente la Av. El Oro es la vía principal en sentido Este-Oeste y la Av. Calasanz sería la avenida secundaria en sentido Norte-Sur, es importante indicar que en la avenida Calasanz hay un alto uso como zona de estacionamiento lo que influye en el valor del nivel de servicio.

En esta intersección no semaforizada se disponen las avenidas ortogonalmente y consta de dos entradas y tres salidas dispuestas de la siguiente manera, la primera entrada se ubica en la Av. El Oro con sentido Sureste, la segunda entrada se ubica en la Av. Calasanz con sentido Noreste, de igual manera la primera y segunda salida se ubican la Av. Calasanz en sentido Noreste y sureste respectivamente, por otro lado la tercera salida se ubica en la Av. El Oro en sentido Noroeste.

Una vez identificadas las entradas y salidas procedemos a evaluar el estado actual de señalización horizontal y vertical.



**Figura 2.13. Av. El Oro y Calasanz**

Estado actual de señalización horizontal y vertical.

En este caso solamente encontramos señalización horizontal en la entrada Sureste.



**Figura 2.14: Estacionamiento cooperativa - Entrada Noreste**

En esta intersección la entrada sureste es de adoquín artesanal y las entradas y salidas restantes de pavimento flexible que se encuentra en buenas condiciones pero es importante decir que se tiene que hacer un mantenimiento constante.

### **Características geométricas de la Intersección Av. El Oro y Calasanz**

**Tabla 2.3: Características Geométricas Intersección 3**

|                                |             |
|--------------------------------|-------------|
| <b>Carril acceso 1</b>         | <b>5,20</b> |
| <b>carril acceso 2</b>         | <b>4,90</b> |
| <b>parterre vía principal</b>  | No          |
| <b>parterre vía secundaria</b> | No          |



- Intersección Carretera Panamericana y Calle 10 de Marzo

En esta intersección se ubica la Panamericana como vía principal en sentido Norte -Sur y Sur- Norte, por lo tanto en consecuencia la Calle 10 de Marzo se convierte en secundaria en dicha intersección y cruza en sentido Este-Oeste y Oeste-Este, en esta intersección está prohibido el estacionamiento tanto en la calle principal como en la secundaria, lo que se refleja en un flujo ininterrumpido.

En esta intersección no semaforizada las vías están dispuestas ortogonalmente y las cuatro entradas y salidas están ubicadas de la siguiente manera, la primera y segunda entrada con sus respectivas salidas se ubican en la Carretera Panamericana con sentido Noreste y Suroeste respectivamente, por otro lado la tercera y cuarta se ubican en la Calle 10 de Marzo con sentido Noroeste y Sureste respectivamente.



Figura 2.15: Intersección Panamericana y 10 de Marzo

Una vez identificadas las intersecciones procedemos a hacer el análisis de la señalización horizontal y vertical.



**Figura 2.16: Paso peatonal entrada y salida Suroeste**



**Figura 2.17: Paso peatonal entrada y salida Noreste**



**Figura 2.18: Paso peatonal entrada y salida Noroeste**

En esta intersección solo la entrada y salida Sureste están construidas en adoquín artesanal y requieren un mantenimiento inmediato, las demás entradas y salidas están construidas con hormigón rígido las cuales se encuentran en excelentes condiciones.

**Tabla 2.4: Características geométricas de la Intersección 4**

|                         |      |
|-------------------------|------|
| Carril acceso 1         | 4,34 |
| Carril acceso 2         | 3,3  |
| Carril acceso 3         | 4,34 |
| Carril acceso 4         | 3    |
| parterre vía principal  | No   |
| parterre vía secundaria | No   |

- Intersección Calle Azuay y 10 de Marzo

La vía principal de esta intersección es la calle Azuay con sentido Norte-Sur y Sur-Norte, y la vía secundaria sería la Calle 10 de Marzo con sentido Este-Oeste y Oeste-Este, igual que en la anterior intersección no hay uso de la zona como parqueadero lo que influirá de manera positiva en el cálculo de nivel de servicio.

En esta intersección no semaforizada están dispuestas ortogonalmente las cuatro entradas y cuatro salidas de la siguiente manera, la primera y segunda entrada con sus respectivas salidas se ubican en la Calle Azuay en sentido Noreste y Suroeste respectivamente y son las vías principales de la intersección, por otro lado la tercera y cuarta se ubican sobre la Calle 10 de Marzo en sentido Noroeste y Sureste respectivamente y son las vías secundarias de dicha intersección.



**Figura2. 19: Intersección Calle Azuay y 10 de Marzo**

Así mismo evaluamos el estado actual de señalización horizontal y vertical.



**Figura 2.20: Prohibido el ingreso de vehículos pesados entrada y salida Noroeste**



**Figura 2.21: Paso peatonal entrada Noreste**



**Figura 2.22: Paso peatonal entrada y salida Sureste**



**Figura 2.23: Paso peatonal entrada y salida Noroeste**



**Figura2. 24: Paso peatonal entrada y salida Suroeste**



**Figura2. 25: No Estacional salida Noreste**

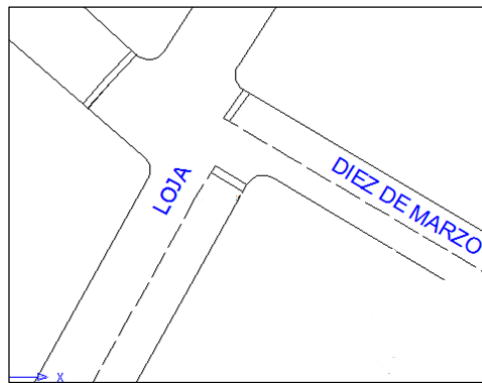
En esta intersección solo la entrada y salida Suroeste esta construida en adoquín artesanal y se encuentra en buenas condiciones, por otro lado las otras tres entradas y salidas están construidas en hormigón rígido.

**Tabla 2.5: Características geométricas Intersección 5**

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| <b>Carril acceso 1</b>         | <b>4,8</b> |
| <b>carril acceso 2</b>         | 3,9        |
| <b>Carril acceso 3</b>         | 4,8        |
| <b>Carril acceso 4</b>         | 3,9        |
| <b>parterre vía principal</b>  | No         |
| <b>parterre vía secundaria</b> | No         |

- Intersección Calle Loja y 10 de Marzo

En esta intersección considerada para el estudio, la calle Loja es la vía principal en sentido Sur – Norte, por consiguiente la calle 10 de Marzo se convierte en la calle secundaria en sentido Este – Oeste y Oeste – Este, es importante indicar que en la calle 10 de Marzo existe un parada de taxi lo que influye en el cálculo del nivel de servicio de la intersección.



**Figura 2.26: Intersección Calle Loja y 10 de Marzo**

Las calles están dispuestas ortogonalmente y sus tres entradas y tres salidas están dispuestas de la siguiente manera, la primera entrada con su respectiva salida se ubica sobre la Calle Loja en sentido Suroeste, la segunda entrada y salida se ubica sobre la calle 10 de Marzo en sentido Sureste, la tercera entrada se ubica sobre la calle 10 de Marzo en sentido Noroeste y la tercera salida se ubica sobre la calle Loja con sentido Noreste.

Una vez identificadas las entradas de esta intersección, evaluamos el estado actual de señalización horizontal y vertical



**Figura2. 27: Pare entrada Noroeste**



**Figura 2.28: Paso peatonal entrada Suroeste**



**Figura 2.29: No estacionar entrada Suroeste**



**Figura 2.30: No estacionar entrada Sureste**



**Figura 2.31: Parada de Taxi entrada Sureste**

En esta intersección la entrada Noroeste y salida Sureste están construidas de adoquín ornamental y las entradas y salidas restantes están construidas en hormigón rígido y se encuentran en buenas condiciones.

Tabla 2.6: Características geométricas de la Intersección 6

|                                |             |
|--------------------------------|-------------|
| <b>Carril acceso 1</b>         | <b>4,25</b> |
| <b>carril acceso 2</b>         | <b>4</b>    |
| <b>Carril acceso 3</b>         | <b>2,4</b>  |
| <b>parterre vía principal</b>  | <b>No</b>   |
| <b>parterre vía secundaria</b> | <b>No</b>   |

## 2.2 Análisis de tráfico en las intersecciones consideradas para el estudio

### 2.2.1 Levantamiento de información

La recopilación de los datos se realizó en el mes de octubre, en el siguiente orden

|                                                       |                  |
|-------------------------------------------------------|------------------|
| Viernes 16 de Octubre y Domingo 18 de Octubre de 2015 | 3 intersecciones |
| Domingo 25 de Octubre y Lunes 26 de Octubre de 2015   | 3 intersecciones |

En horario de 07h00 am a 07h00pm, en periodos de 15 min, también se registró las velocidades de circulación utilizando el método empírico.

### 2.2.2 Conteos manuales

Los conteos manuales se realizaron con la colaboración del personal del Municipio de Saraguro, ubicándose una persona en cada acceso por intersección registrando el movimiento permitido, es decir frontal, izquierdo y derecho.

El objetivo principal del levantamiento es analizar los flujos, volúmenes de tráfico, composición vehicular y variación horaria, todo esto para determinar el tráfico observado TO y posteriormente el Tráfico Promedio Diario Anual TPDA, también los parámetros necesarios para el cálculo de niveles de servicio, dichos parámetros son: porcentaje de giros, ancho de carriles, pendientes y velocidades.



Para recolección de información se utilizó el siguiente formato estándar de conteo vehicular.

**Figura 2.32: Formato Estándar de conteo manual**

|  <b>UNIVERSIDAD DEL AZUAY</b> |  |             |   |   |       |   |   |                   |   |   |                   |   |   |                  |   |   |          |   |   |                         |   |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------|---|---|-------|---|---|-------------------|---|---|-------------------|---|---|------------------|---|---|----------|---|---|-------------------------|---|---|
| Conteo vehicular en las intersecciones consideradas para realizar el diseño semafórico                         |  |             |   |   |       |   |   |                   |   |   |                   |   |   |                  |   |   |          |   |   |                         |   |   |
| Intersección                                                                                                   |  | Acceso :    |   |   |       |   |   |                   |   |   |                   |   |   |                  |   |   |          |   |   |                         |   |   |
| fecha                                                                                                          |  | hora inicio |   |   |       |   |   |                   |   |   |                   |   |   |                  |   |   |          |   |   |                         |   |   |
| encuestador                                                                                                    |  | hora fin    |   |   |       |   |   |                   |   |   |                   |   |   |                  |   |   |          |   |   |                         |   |   |
|                                                                                                                |  | LIVIANOS    |   |   | BUSES |   |   | CAMIONES LIVIANOS |   |   | CAMIONES MEDIANOS |   |   | CAMIONES PESADOS |   |   | TRAILERS |   |   | OTROS: bicicletas/motos |   |   |
| hora cada 15 min                                                                                               |  | ↑           | ↶ | ↷ | ↑     | ↶ | ↷ | ↑                 | ↶ | ↷ | ↑                 | ↶ | ↷ | ↑                | ↶ | ↷ | ↑        | ↶ | ↷ | ↑                       | ↶ | ↷ |
| 7.00-7.15                                                                                                      |  |             |   |   |       |   |   |                   |   |   |                   |   |   |                  |   |   |          |   |   |                         |   |   |
| 7.15-7.30                                                                                                      |  |             |   |   |       |   |   |                   |   |   |                   |   |   |                  |   |   |          |   |   |                         |   |   |
| 7.30-7.45                                                                                                      |  |             |   |   |       |   |   |                   |   |   |                   |   |   |                  |   |   |          |   |   |                         |   |   |
| 7.45-8.00                                                                                                      |  |             |   |   |       |   |   |                   |   |   |                   |   |   |                  |   |   |          |   |   |                         |   |   |
| 8.00 - 8.15                                                                                                    |  |             |   |   |       |   |   |                   |   |   |                   |   |   |                  |   |   |          |   |   |                         |   |   |
| 8.15 - 8.30                                                                                                    |  |             |   |   |       |   |   |                   |   |   |                   |   |   |                  |   |   |          |   |   |                         |   |   |
| 8.30 - 8.45                                                                                                    |  |             |   |   |       |   |   |                   |   |   |                   |   |   |                  |   |   |          |   |   |                         |   |   |
| 8.45 - 9.00                                                                                                    |  |             |   |   |       |   |   |                   |   |   |                   |   |   |                  |   |   |          |   |   |                         |   |   |

**Fuente Elaboración Propia**



La composición de tráfico vehicular se consideró los siguientes grupos de vehículos:

- Vehículos livianos: en esta categoría se encuentran los vehículos con eje simple con una rueda como automóviles, camionetas y busetas.
- Buses: en esta categoría están incluidos los buses con eje simple y uno o dos ejes simples con doble rueda como las unidades de transporte público y buses de transporte escolar.
- Camiones: en este grupo se considera camiones livianos los que constan de dos ejes con rueda simple o doble rueda, camiones medianos que constan de tres ejes y camiones pesados que constan de cuatro o más ejes.
- En el grupo de vehículos de dos ruedas están bicicletas y motos.

### 2.2.3 Determinación del tráfico promedio diario anual (TPDA)

Una vez obtenidos los datos del conteo manual, se realizó el procesamiento de información analizando el comportamiento de los volúmenes vehiculares para cada intersección. En función del tráfico observado se obtuvo el TPDA basándose en la metodología de los factores que constan en el capítulo 3 – tráfico de las Normas de Diseño geométrico de Carreteras NEVI 2012, la cual detallo a continuación:

$$TPDA = TO * fe \quad (1)$$

Donde,

TPDA= Tráfico promedio diario anual.

TO= Tráfico Observado.

Fe = factor de expansión

$$fe = fh * fd * fs * fm \quad (2)$$

Factor horario (fh)

El factor horario permite llevar el tráfico observado (de 12 horas consecutivas)

$$fh = \frac{\text{Total del tráfico del día de CA correspondiente al día del CM}}{\text{El tráfico del CA que corresponde al period del CM}} \quad (3)$$

Donde,

CA= Conteo Automático

CM= Conteo Manual

Factor Diario (fd)

El factor diario permite llevar el tráfico diario a un valor de tráfico semanal

$$fd = \frac{\text{Promedio diario de una semana de conteo automatico}}{\text{El conteo automático total del día que contenga al día del CM}} \quad (4)$$

Factor semanal (fs)

El factor permite llevar el tráfico semanal a un valor de tráfico mensual

$$fs = \frac{\text{Promedio del tráfico semanal del conteo automático}}{\text{El CA total de la semana que contenga al día del conteo manual}} \quad (5)$$

Factor mensual (fm)

El factor mensual permite llevar el tráfico mensual a un valor de tráfico anual.

$$fm = \frac{\text{El consumo promedio mensual de combustibles al año}}{\text{El consumo total del mes que contenga al día del conteo manual}} \quad (6)$$

Para el cálculo de dichos factores se requieren los datos de un conteo automático, en este caso se consideró los datos del conteo automático de la vía Loja – Catamayo realizado para el estudio de tráfico del proyecto: Ampliación a cuatro carriles de la carretera Loja – Catamayo dichos estudios fueron proporcionados por el Ministerio de Obras Públicas.

Tabla 2.7: Conteo Automático

| DIRECCION DE ESTUDIOS - DEPARTAMENTO DE FACTIBILIDAD -<br>MTOP |
|----------------------------------------------------------------|
| CONTEO AUTOMATICO DE TRAFICO                                   |
| CARRETERA: LOJA-CATAMAYO                                       |

| FECHA: SEMANA 06-12 de FEBRERO DE 2013   |       |       |          |        |        |        |         |
|------------------------------------------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|---------|
| ESTACIÓN N° 1                            |       |       |          |        |        |        |         |
| UBICACIÓN: Vía E-50 TRAMO LOJA - CATAMYO |       |       |          |        |        |        |         |
| HORAS                                    | LUNES | MARTE | MIERCOLE | JUEVES | VIERNE | SABADO | DOMINGO |
|                                          |       | S     | S        |        | S      |        | O       |
| 00:00-01:00                              | 30    | 25    | 10       | 25     | 29     | 32     | 56      |
| 01:00-02:00                              | 40    | 13    | 15       | 10     | 25     | 28     | 38      |
| 02:00-03:00                              | 30    | 10    | 2        | 15     | 19     | 17     | 55      |
| 03:00-04:00                              | 70    | 15    | 12       | 15     | 22     | 22     | 52      |
| 04:00-05:00                              | 67    | 25    | 13       | 24     | 35     | 35     | 32      |
| 05:00-06:00                              | 200   | 52    | 23       | 50     | 43     | 44     | 29      |
| 06:00-07:00                              | 293   | 91    | 86       | 86     | 85     | 83     | 67      |
| 07:00-08:00                              | 405   | 434   | 300      | 275    | 210    | 338    | 438     |
| 08:00-09:00                              | 458   | 493   | 280      | 317    | 339    | 382    | 424     |
| 09:00-10:00                              | 508   | 457   | 428      | 442    | 330    | 367    | 447     |
| 10:00-11:00                              | 570   | 380   | 365      | 349    | 389    | 328    | 518     |
| 11:00-12:00                              | 594   | 309   | 333      | 319    | 380    | 459    | 559     |
| 12:00-13:00                              | 678   | 332   | 240      | 338    | 367    | 422    | 512     |

|                    |              |              |               |              |               |              |               |
|--------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| <b>13:00-14:00</b> | 596          | 351          | 309           | 390          | 358           | 516          | 534           |
| <b>14:00-15:00</b> | 611          | 350          | 339           | 449          | 570           | 490          | 550           |
| <b>15:00-16:00</b> | 692          | 433          | 327           | 466          | 378           | 392          | 492           |
| <b>16:00-17:00</b> | 437          | 393          | 419           | 418          | 380           | 361          | 361           |
| <b>17:00-18:00</b> | 496          | 363          | 293           | 448          | 389           | 338          | 368           |
| <b>18:00-19:00</b> | 417          | 283          | 312           | 224          | 322           | 323          | 323           |
| <b>19:00-20:00</b> | 368          | 228          | 76            | 189          | 340           | 260          | 328           |
| <b>20:00-21:00</b> | 287          | 200          | 65            | 137          | 332           | 230          | 204           |
| <b>21:00-22:00</b> | 267          | 183          | 51            | 65           | 50            | 91           | 83            |
| <b>22:00-23:00</b> | 89           | 86           | 39            | 40           | 70            | 38           | 38            |
| <b>23:00-24:00</b> | 57           | 34           | 24            | 22           | 44            | 25           | 31            |
| <b>TOTAL</b>       | <b>8260</b>  | <b>5540</b>  | <b>4361</b>   | <b>5113</b>  | <b>5506</b>   | <b>5621</b>  | <b>6539</b>   |
| <b>S</b>           |              |              |               |              |               |              |               |
| <b>%</b>           | <b>20,18</b> | <b>13,53</b> | <b>10,65%</b> | <b>12,49</b> | <b>13,45%</b> | <b>13,73</b> | <b>15,97%</b> |
|                    | <b>%</b>     | <b>%</b>     |               | <b>%</b>     |               | <b>%</b>     |               |

Fuente: Ministerio de Obras Públicas

Se calculó el factor de expansión en función del día, en este caso domingo, lunes y viernes que fueron los días en los cuales se realizó el conteo manual, también se calculó el factor mensual considerando el mes en el que se realizó el conteo manual. En el caso

del factor semanal siempre es igual a 1 ya que el promedio de tráfico semanal coincide con el tráfico de la semana que contiene al día del conteo manual.

Como ya se dijo anteriormente los conteos manuales se realizaron en los días viernes, lunes y domingo, se hizo una ponderación mediante la siguiente expresión:

$$\text{TPDA general 2015} = \frac{((\text{TPDA lunes}) * 5) + ((\text{TPDA domingo}) * 2)}{7} \quad (7)$$

#### 2.2.4 Determinación del factor de hora pico (FHP)

El factor de la hora de máxima demanda es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos, indica la forma como están distribuidos los flujos máximos dentro de la hora, si su mayor valor es la unidad significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora; valores bastante menores que la unidad indican concentraciones de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora. (Cárdenas Grisales & Y Mayor, 2007).

$$\text{FHMD} = \frac{\text{VHMD}}{N \text{ q max}} \quad (8)$$

Donde,

N= número de periodos durante la hora de máxima demanda

En este caso los periodos son de 15 minutos por lo que el valor de N = 4

$$\text{FHMD} = \frac{\text{VHMD}}{4 \text{ q max}} \quad (9)$$

#### 2.2.5 Anexos de cálculo

##### 2.2.5.1 Consumo de Combustible

El consumo de combustibles se obtuvo a partir de la información oficial publicada en el documento de Estadísticas Hidrocarburíferas de derivados del petróleo correspondientes al año 2014 de la provincia del Azuay, de la Secretaría Hidrocarburífera del Ecuador “SHE”

En este caso se hizo un resumen del consumo de combustible para el año 2014 y se tomó en cuenta el mes de octubre que es el mes en el que se hizo el conteo manual.

Tabla 2.8: Consumo de Combustible 2014

| PRODUCTO                                                         | CONSUMO COMBUSTIBLE AÑO 2014 (EN GALONES) |           |           |           |           |           |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                                                  | ENERO                                     | FEBRERO   | MARZO     | ABRIL     | MAYO      | JUNIO     |
| EXTRA                                                            | 1.722.606                                 | 1.590.446 | 1.706.342 | 1.664.913 | 1.787.216 | 1.624.491 |
| SUPER                                                            | 193.138                                   | 153.353   | 171.360   | 179.259   | 175.421   | 151.397   |
| DIESEL 2                                                         | 0                                         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         |
| PREMIUM                                                          | 2.183.940                                 | 2.146.815 | 2.067.415 | 1.995.540 | 2.055.240 | 1.860.210 |
| TOTAL                                                            | 4.099.684                                 | 3.890.614 | 3.945.117 | 3.839.712 | 4.017.877 | 3.636.098 |
| CONSUMO PROMEDIO MENSUAL DE COMBUSTIBLES AL AÑO<br>(EN GALONES): |                                           |           |           |           |           |           |

Fuente: Secretaría Hidrocarburífera

Tabla 2.8: Consumo de combustible 2014 (Continuación)

| CONSUMO COMBUSTIBLE AÑO 2014 (EN GALONES)                        |           |            |           |           |           |            |
|------------------------------------------------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| JULIO                                                            | AGOSTO    | SEPTIEMBRE | OCTUBRE   | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | TOTAL      |
| 1.782.781                                                        | 1.620.891 | 1.796.093  | 1.830.607 | 1.676.757 | 1.832.597 | 20.635.740 |
| 169.298                                                          | 207.047   | 193.275    | 200.317   | 161.383   | 191.238   | 2.146.486  |
| 0                                                                | 1.200     | 0          | 0         | 13.999    | 700       | 15.899     |
| 2.062.270                                                        | 2.214.135 | 2.154.240  | 2.348.775 | 2.228.985 | 2.429.460 | 25.747.025 |
| 4.014.349                                                        | 4.043.273 | 4.143.608  | 4.379.699 | 4.081.124 | 4.453.995 | 48.545.150 |
| CONSUMO PROMEDIO MENSUAL DE COMBUSTIBLES AL AÑO<br>(EN GALONES): |           |            |           |           |           | 4045429    |

Fuente: Secretaría Hidrocarburífera

### 2.2.5.2 Factores de expansión

|                     |              |                    |              |                     |              |
|---------------------|--------------|--------------------|--------------|---------------------|--------------|
| Fh-lun-Oct          | 1,278        | Fh-Vie-Oct         | 1,248        | Fh-lun-Oct          | 1,278        |
| Fd-lun-Oct          | 0,708        | Fd-Vie-Oct         | 1,062        | Fd-lun-Oct          | 0,708        |
| Fs-lun-Oct          | 1,000        | Fs-Vie-Oct         | 1,000        | Fs-lun-Oct          | 1,000        |
| Fm-lun-Oct          | 0,924        | Fm-Vie-Oct         | 0,924        | Fm-lun-Oct          | 0,924        |
| <b>Fe-lunes-Oct</b> | <b>0,836</b> | <b>Fe-Vier-Oct</b> | <b>1,224</b> | <b>Fe-lunes-Oct</b> | <b>0,836</b> |

## 2.3 Análisis e interpretación de resultados

Luego de analizar la información en tráfico observado y tráfico promedio diario anual, se obtuvo el tráfico promedio diario anual de cada intersección, flujos vehiculares por cada acceso, composición vehicular y análisis de las horas pico para cada una de las intersecciones consideradas para el estudio.

### 2.3.1 Intersección Calle Azuay y Avenida el Oro

Esta intersección tiene un tráfico promedio diario anual de TPDA= 4432 vehículos al día, y su configuración geométrica determinó que para la cuantificación del tráfico se establezcan tres accesos detallados a continuación:

#### 2.3.1.1 Accesos

Los accesos que se consideró son los siguientes:

|          |                                             |
|----------|---------------------------------------------|
| Acceso 1 | Calle Azuay N-S (Parada de la Transaraguro) |
| Acceso 2 | Avenida el Oro O-E                          |
| Acceso 3 | Calle Azuay S-N                             |

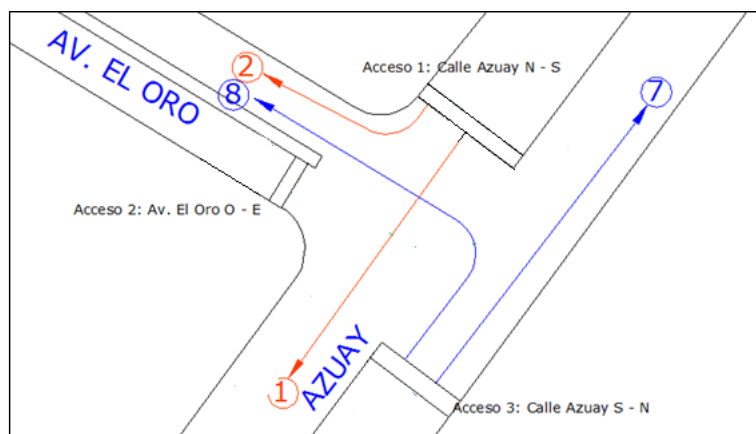


Figura 2.33: Intersección Calle Azuay y Av. el Oro

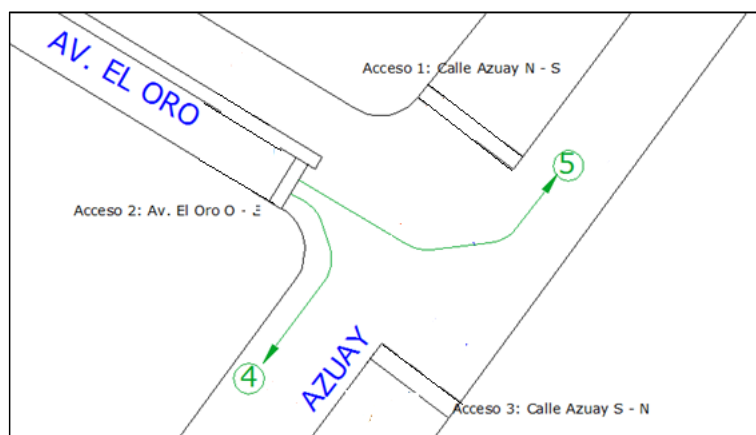


Figura 2.34: Intersección Calle Azuay y Av. el Oro

Tabla 2.9: Cálculo TPDA General Acceso 1

| ACCESO 1       |                 |              |                 |
|----------------|-----------------|--------------|-----------------|
| FLUJO #        | TPDA<br>VIERNES | TPDA DOMINGO | TPDA<br>GENERAL |
| flujo 1        | 763             | 804          | 774             |
| flujo 2        | 725             | 685          | 713             |
| flujo 3        | 0               | 0            | 0               |
| <b>TOTAL</b>   | <b>1487</b>     | <b>1489</b>  | <b>1487</b>     |
| % Intersección |                 |              | 33,55%          |



Tabla 2.10: Cálculo TPDA General Acceso 2

| ACCESO 2       |                 |              |                 |
|----------------|-----------------|--------------|-----------------|
| FLUJO #        | TPDA<br>VIERNES | TPDA DOMINGO | TPDA<br>GENERAL |
| flujo 4        | 985             | 717          | 909             |
| flujo 5        | 914             | 874          | 903             |
| flujo 6        | 0               | 0            | 0               |
| <b>TOTAL</b>   | <b>1900</b>     | <b>1591</b>  | <b>1812</b>     |
| % Intersección |                 |              | 40,88%          |

Tabla 2.11: Cálculo TPDA General Acceso 3

| ACCESO 3       |                 |                 |                 |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| FLUJO #        | TPDA<br>VIERNES | TPDA<br>DOMINGO | TPDA<br>GENERAL |
| flujo 7        | 572             | 623             | 586             |
| flujo 8        | 492             | 684             | 547             |
| flujo 9        | 0               | 0               | 0               |
| <b>TOTAL</b>   | <b>1064</b>     | <b>1307</b>     | <b>1133</b>     |
| % Intersección |                 |                 | 25,56%          |

Tabla 2.12: Flujos Vehiculares acceso 1

| Acceso 1     |                     |                 |                                 |                                     |
|--------------|---------------------|-----------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| GIRO         | FLUJO DE<br>ENTRADA | TPDA<br>GENERAL | % TPDA<br>GENERAL<br>(Pantalla) | % TPDA<br>GENERAL<br>(Intersección) |
| FRONTAL      | flujo 1             | 774             | 52,05%                          | 17,46%                              |
| DERECHO      | flujo2              | 713             | 47,95%                          | 16,09%                              |
| IZQUIERDO    | flujo3              | 0               | 0,00%                           | 0,00%                               |
| <b>TOTAL</b> |                     | <b>1487</b>     | <b>100,00%</b>                  | <b>33,55%</b>                       |

Tabla 2.13: Flujos Vehiculares acceso 2

| Acceso 2     |                  |              |                           |                               |
|--------------|------------------|--------------|---------------------------|-------------------------------|
| GIRO         | FLUJO DE ENTRADA | TPDA GENERAL | % TPDA GENERAL (Pantalla) | % TPDA GENERAL (Intersección) |
| FRONTAL      | flujo 6          | 0            | 0,00%                     | 0,00%                         |
| DERECHO      | flujo 5          | 903          | 49,83%                    | 20,37%                        |
| IZQUIERDO    | flujo 4          | 909          | 50,17%                    | 20,51%                        |
| <b>TOTAL</b> |                  | <b>1812</b>  | <b>100,00%</b>            | <b>40,88%</b>                 |

Tabla 2.14: Flujos Vehiculares Acceso 3

| Acceso 3     |                  |              |                           |                               |
|--------------|------------------|--------------|---------------------------|-------------------------------|
| GIRO         | FLUJO DE ENTRADA | TPDA GENERAL | % TPDA GENERAL (Pantalla) | % TPDA GENERAL (Intersección) |
| FRONTAL      | flujo 7          | 586          | 51,72%                    | 13,22%                        |
| DERECHO      | flujo 9          | 0            | 0,00%                     | 0,00%                         |
| IZQUIERDO    | flujo 8          | 547          | 48,28%                    | 12,34%                        |
| <b>TOTAL</b> |                  | <b>1133</b>  | <b>100,00%</b>            | <b>25,56%</b>                 |

### 2.3.1.2 Composición del tráfico

Como es evidente los vehículos livianos que representan el 83%, seguido por los vehículos de dos ruedas que son el 9%, luego los buses con el 5% y los camiones con el 3%.

Tabla 2.15: Composición Vehicular Intersección 1

| TIPO DE<br>VEHICULO | TOTAL<br>TPDA | %<br>TOTAL<br>TPDA |
|---------------------|---------------|--------------------|
| LIVIANOS            | 3674          | 83%                |
| BUSES               | 205           | 5%                 |
| CAMIONES            | 144           | 3%                 |
| DOS<br>RUEDAS       | 405           | 9%                 |
| <b>TOTAL</b>        | <b>4432</b>   | <b>100%</b>        |

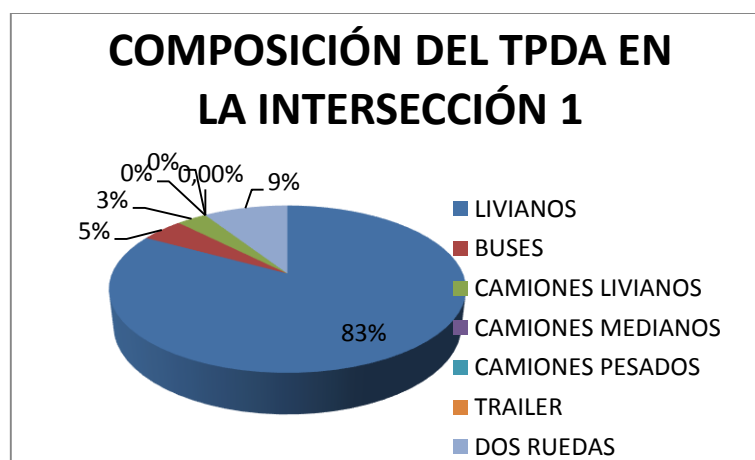


Figura 2.35: Composición Vehicular Intersección 1

### 2.3.1.3 Variación horaria

Como se dijo anteriormente el análisis se hizo de 07h00 a 19h00, la variación de volúmenes de tráfico de los tres accesos indica un pico mayor de 13h00 a 14h00.

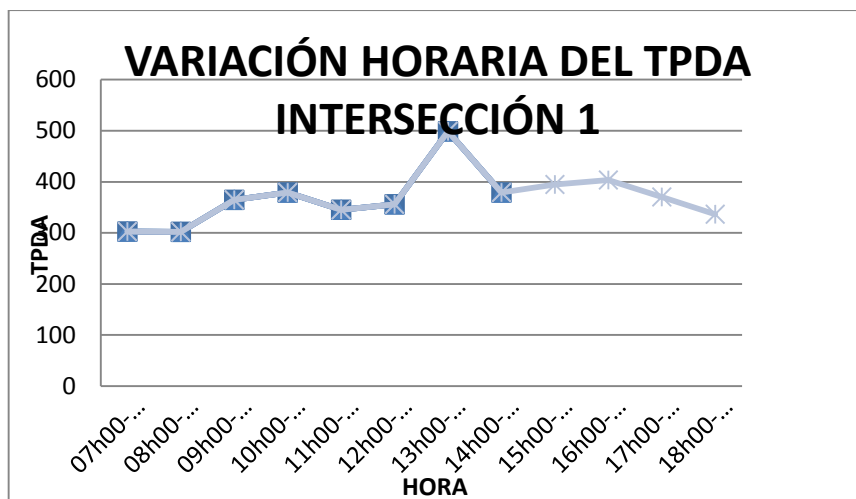


Gráfico 1: Variación Horaria

Tabla 2.16: Variación Horaria del TPDA Intersección 1

| HORA        | TPDA |
|-------------|------|
| VOLUMEN     |      |
| HORARIO     |      |
| 07h00-08h00 | 302  |
| 08h00-09h00 | 302  |
| 09h00-10h00 | 365  |
| 10h00-11h00 | 379  |
| 11h00-12h00 | 345  |
| 12h00-13h00 | 356  |
| 13h00-14h00 | 499  |
| 14h00-15h00 | 379  |
| 15h00-16h00 | 395  |
| 16h00-17h00 | 404  |
| 17h00-18h00 | 370  |
| 18h00-19h00 | 336  |
| VOLUMEN     | 366  |
| PROMEDIO    |      |

#### 2.3.1.4 Análisis de la hora de máxima demanda

En esta intersección se ha determinado dos horas de máxima demanda, la primera en la mañana de 8h45 – 9h45, y la segunda en la tarde de 13h00 – 14h00, de igual manera con sus respectivos flujos se ha calculo el factor de hora pico “FHP” .

**Tabla 2.17: Horas de máxima demanda intersección 1.**

| <b>HORA PICO</b> |             | <b>TPDA</b>  | <b>% TPDA</b>         |
|------------------|-------------|--------------|-----------------------|
|                  |             | <b>TOTAL</b> | <b>(Intersección)</b> |
| <b>MANANA</b>    | 8h45-9h45   | 395          | 9%                    |
| <b>TARDE</b>     | 13h00-14h00 | 499          | 11%                   |

**Tabla 2.18: Factor de Hora Pico Mañana**

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| <b>TPDA HORA PICO MAÑANA=</b> | <b>395</b>  |
| <b>HORA PICO MAÑANA:</b>      | 8h45-9h45   |
| <b>FHP_MAÑANA=</b>            | <b>0,83</b> |

**Tabla 2.19: Factor de Hora Pico Tarde**

|                              |             |
|------------------------------|-------------|
| <b>TPDA HORA PICO TARDE=</b> | <b>499</b>  |
| <b>HORA PICO TARDE:</b>      | 13h00-14h00 |
| <b>FHP_TARDE=</b>            | <b>0,74</b> |

Los valores del factor de hora pico nos da una idea de una distribución poco uniforme del tráfico.

### 2.3.2 Intersección Avenida el Oro y Juan Antonio Montesinos

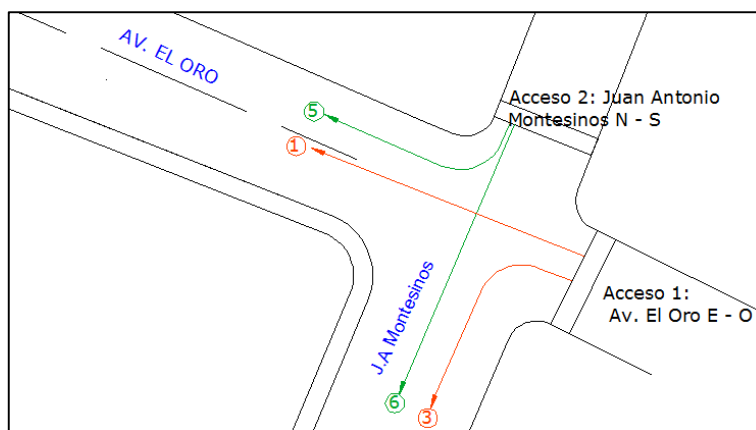
Esta intersección tiene un tráfico promedio diario anual de TPDA= 2951 vehículos al día, y su configuración geométrica determinó que para la cuantificación del tráfico se establezcan dos accesos detallados a continuación:

#### 2.3.2.1 Accesos

Los accesos que se consideró son los siguientes:

|          |                                   |
|----------|-----------------------------------|
| Acceso 1 | Avenida el Oro E-O                |
| Acceso 2 | Calle Juan Antonio Montesinos N-S |

Figura 2. 35: Intersección Av. el Oro y Juan Antonio Montesinos



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2.20: Cálculo TPDA General Acceso 1

| ACCESO 1       |               |              |                 |
|----------------|---------------|--------------|-----------------|
| FLUJO #        | TPDA<br>LUNES | TPDA DOMINGO | TPDA<br>GENERAL |
| flujo 1        | 646           | 1888         | 1001            |
| flujo 2        | 0             | 0            | 0               |
| flujo 3        | 221           | 291          | 241             |
| <b>TOTAL</b>   | <b>646</b>    | <b>1888</b>  | <b>1242</b>     |
| % Intersección |               |              | <b>42,09</b>    |

Tabla 2.21: Cálculo TPDA General Acceso 2

| ACCESO 2       |               |              |                 |
|----------------|---------------|--------------|-----------------|
| FLUJO #        | TPDA<br>LUNES | TPDA DOMINGO | TPDA<br>GENERAL |
| flujo 4        | 0             | 0            | 0               |
| flujo 5        | 762           | 1081         | 853             |
| flujo 6        | 727           | 1178         | 856             |
| <b>TOTAL</b>   | <b>1489</b>   | <b>2258</b>  | <b>1709</b>     |
| % Intersección |               |              | 57,91%          |

Tabla 2.22: Flujos Vehiculares Acceso 1

| ACCESO 1     |                     |                 |                                 |                                     |
|--------------|---------------------|-----------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| GIRO         | FLUJO DE<br>ENTRADA | TPDA<br>GENERAL | % TPDA<br>GENERAL<br>(Pantalla) | % TPDA<br>GENERAL<br>(Intersección) |
| FRONTAL      | flujo 1             | 1001            | 80,60%                          | 33,92%                              |
| DERECHO      | flujo 2             | 0               | 0,00%                           | 0,00%                               |
| IZQUIERDO    | flujo3              | 241             | 19,40%                          | 8,17%                               |
| <b>TOTAL</b> |                     | <b>1242</b>     | <b>100,00%</b>                  | <b>42,09%</b>                       |

Tabla 2.23: Flujos Vehiculares Acceso 2

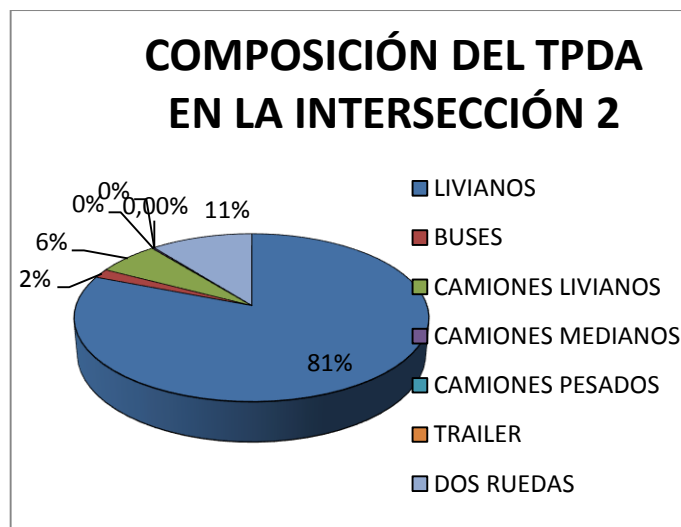
| ACCESO 2     |                     |                 |                                 |                                     |
|--------------|---------------------|-----------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| GIRO         | FLUJO DE<br>ENTRADA | TPDA<br>GENERAL | % TPDA<br>GENERAL<br>(Pantalla) | % TPDA<br>GENERAL<br>(Intersección) |
| FRONTAL      | flujo 6             | 856             | 50,09%                          | 29,01%                              |
| DERECHO      | flujo 5             | 853             | 49,91%                          | 28,91%                              |
| IZQUIERDO    | flujo 4             | 0               | 0,00%                           | 0,00%                               |
| <b>TOTAL</b> |                     | <b>1709</b>     | <b>100,00%</b>                  | <b>57,91%</b>                       |

### 2.3.2.2 Composición del tráfico

Como es evidente los vehículos livianos que representan el 81%, seguido por los vehículos dos ruedas que son el 11%, luego los camiones con el 6% y los buses con el 2% .

**Tabla 2.24: Composición Vehicular Intersección 2**

| TIPO DE<br>VEHICULO | TOTAL<br>TPDA | %<br>TOTAL<br>TPDA |
|---------------------|---------------|--------------------|
| LIVIANOS            | 2387          | 81%                |
| BUSES               | 52            | 2%                 |
| CAMIONES            | 198           | 6%                 |
| DOS<br>RUEDAS       | 314           | 11%                |
| TOTAL               | 2951          | 100%               |



**Gráfico 2: Composición Vehicular**

### 2.3.2.3 Variación horaria

La variación de volúmenes de tráfico de los dos accesos indica un pico mayor de 09h15 a 10h15.



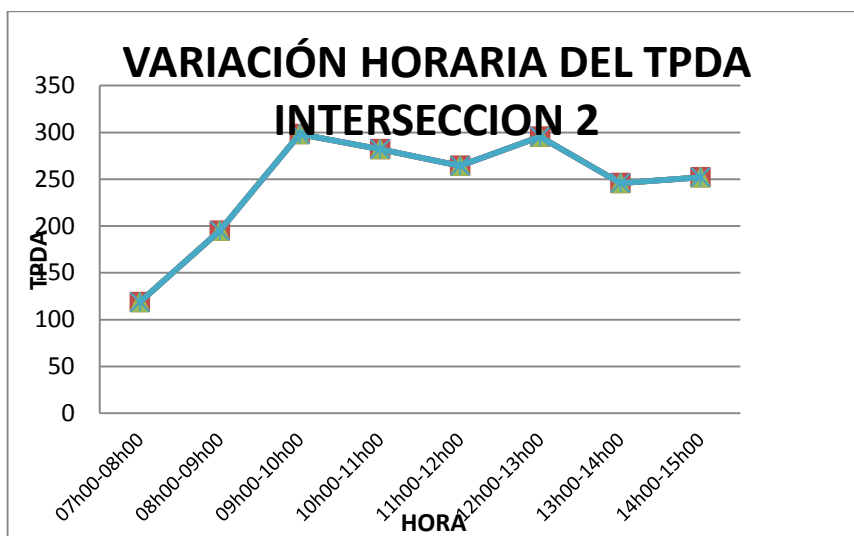


Gráfico 3: Variación Horaria

Tabla 2.25: Variación Horaria del TPDA Intersección 2

| HORA        | TPDA    |      |
|-------------|---------|------|
|             | VOLUMEN | %    |
|             | HORARIO |      |
| 07h00-08h00 | 119     | 4%   |
| 08h00-09h00 | 195     | 7%   |
| 09h00-10h00 | 298     | 10%  |
| 10h00-11h00 | 282     | 10%  |
| 11h00-12h00 | 264     | 9%   |
| 12h00-13h00 | 296     | 10%  |
| 13h00-14h00 | 246     | 8%   |
| 14h00-15h00 | 252     | 9%   |
| 15h00-16h00 | 254     | 9%   |
| 16h00-17h00 | 277     | 9%   |
| 17h00-18h00 | 262     | 9%   |
| 18h00-19h00 | 206     | 7%   |
| TOTAL       | 2951    | 100% |
| VOLUMEN     | 246     |      |
| PROMEDIO    |         |      |

#### 2.3.2.4 Análisis de la hora de máxima demanda

La intersección tiene dos horas de máxima demanda, la primera en la mañana de 9h15 – 10h15, y la segunda en la tarde de 12h00 – 13h00; de igual manera con sus respectivos flujos de ha calculo el factor de hora pico “FHP”.

**Tabla 2.26: Horas de máxima demanda intersección 2**

| <b>HORA PICO</b> |             | <b>TPDA</b>  | <b>% TPDA</b>         |
|------------------|-------------|--------------|-----------------------|
|                  |             | <b>TOTAL</b> | <b>(Intersección)</b> |
| <b>MANANA</b>    | 9h15-10h15  | 312          | 11%                   |
| <b>TARDE</b>     | 12h00-13h00 | 296          | 10%                   |

**Tabla 2.27: Factor de Hora Pico Mañana**

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| <b>TPDA HORA PICO MAÑANA=</b> | <b>312</b>  |
| <b>HORA PICO MAÑANA:</b>      | 9h15-10h15  |
| <b>FHP_MAÑANA=</b>            | <b>0,93</b> |

**Tabla 2.28: Factor de Hora Pico Tarde**

|                              |             |
|------------------------------|-------------|
| <b>TPDA HORA PICO TARDE=</b> | <b>296</b>  |
| <b>HORA PICO TARDE:</b>      | 12h00-13h00 |
| <b>FHP_TARDE=</b>            | <b>0,96</b> |

Los valores del factor de hora pico nos indican una distribución uniforme del tráfico a lo largo de la hora de máxima demanda.

### 2.3.3 Intersección Avenida el Oro y Calasanz

Esta intersección tiene un tráfico promedio diario anual de TPDA= 2141 vehículos al día, y su configuración geométrica determinó que para la cuantificación del tráfico se establezcan dos accesos detallados a continuación:

#### 2.3.3.1 Accesos

Los accesos que se consideró son los siguientes:

|          |                  |
|----------|------------------|
| Acceso 1 | Avenida el Oro   |
| Acceso 2 | Avenida Calasanz |

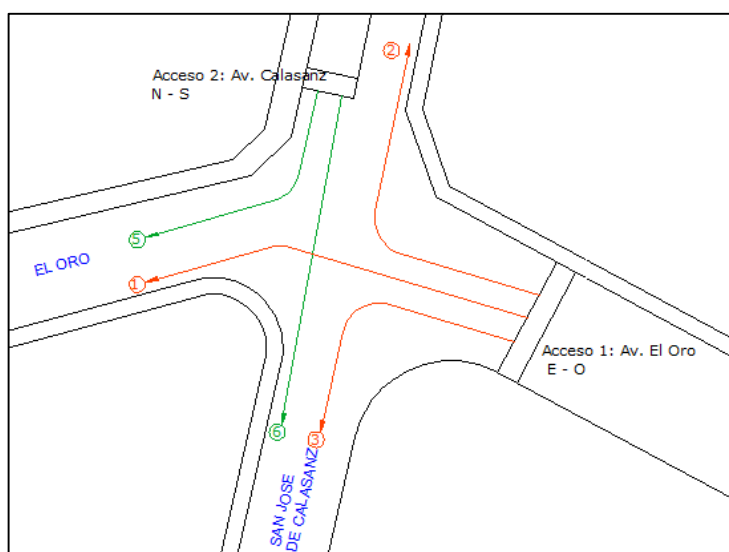


Figura 2. 36: Intersección Av. el Oro y Av. Calasanz

Tabla 2.29: Cálculo de TPDA General acceso 1

| ACCESO 1       |               |              |                 |
|----------------|---------------|--------------|-----------------|
| FLUJO #        | TPDA<br>LUNES | TPDA DOMINGO | TPDA<br>GENERAL |
| flujo 1        | 257           | 499          | 326             |
| flujo 2        | 316           | 470          | 360             |
| flujo 3        | 483           | 1070         | 651             |
| <b>TOTAL</b>   | <b>573</b>    | <b>969</b>   | <b>1337</b>     |
| % Intersección |               |              | 62,45%          |

Tabla 2.30: Cálculo TPDA General acceso 2

| ACCESO 2 |               |                 |                 |
|----------|---------------|-----------------|-----------------|
| FLUJO #  | TPDA<br>LUNES | TPDA<br>DOMINGO | TPDA<br>GENERAL |
| flujo 4  | 0             | 0               | 0               |
| flujo 5  | 177           | 134             | 165             |
| flujo 6  | 699           | 488             | 639             |
| TOTAL    | 177           | 134             | 804             |
|          |               | %               | 37,55%          |
|          |               | Intersección    |                 |

Tabla 2.31: Flujo Vehiculares acceso 1

| Acceso 1  |                     |                 |                                 |                                     |
|-----------|---------------------|-----------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| GIRO      | FLUJO DE<br>ENTRADA | TPDA<br>GENERAL | % TPDA<br>GENERAL<br>(Pantalla) | % TPDA<br>GENERAL<br>(Intersección) |
| FRONTAL   | flujo 1             | 326             | 24,38%                          | 15,23%                              |
| DERECHO   | flujo 2             | 360             | 26,93%                          | 16,81%                              |
| IZQUIERDO | flujo3              | 651             | 48,69%                          | 30,41%                              |
| TOTAL     |                     | 1337            | 100,00%                         | 62,45%                              |

Tabla 2.32: Flujos Vehiculares acceso 2

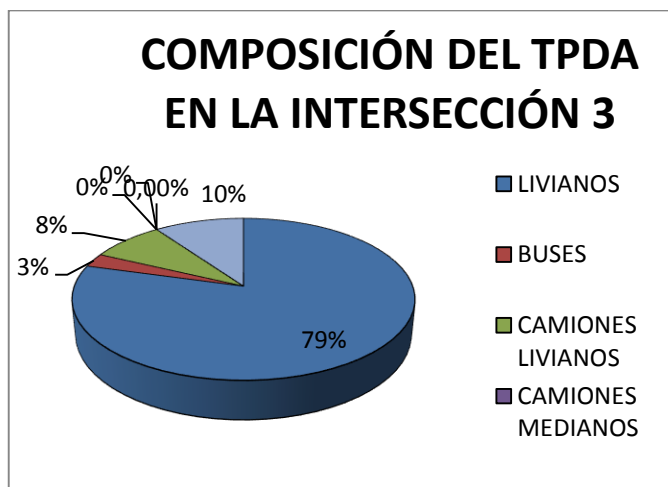
| Acceso 2  |                     |                 |                                 |                                     |
|-----------|---------------------|-----------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| GIRO      | FLUJO DE<br>ENTRADA | TPDA<br>GENERAL | % TPDA<br>GENERAL<br>(Pantalla) | % TPDA<br>GENERAL<br>(Intersección) |
| FRONTAL   | flujo6              | 639             | 79,48%                          | 29,85%                              |
| DERECHO   | flujo 5             | 165             | 20,52%                          | 7,71%                               |
| IZQUIERDO | flujo 4             | 0               | 0,00%                           | 0,00%                               |
| TOTAL     |                     | 804             | 100,00%                         | 37,55%                              |

### 2.3.3.2 Composición del tráfico

Como es evidente los vehículos livianos que representan el 79%, seguido por los vehículos de dos ruedas que son el 10%, luego los camiones con el 8% y los buses con el 3% .

**Tabla 2.33: Composición Vehicular Intersección 3**

| TIPO DE<br>VEHICULO | TOTAL<br>TPDA | %<br>TOTAL<br>TPDA |
|---------------------|---------------|--------------------|
| LIVIANOS            | 1697          | 79%                |
| BUSES               | 59            | 3%                 |
| CAMIONES            | 174           | 8%                 |
| DOS<br>RUEDAS       | 211           | 10%                |
| <b>TOTAL</b>        | <b>2140</b>   | <b>100%</b>        |



**Gráfico 4: Composición Vehicular**

### 2.3.3.3 Variación horaria

La variación de volúmenes de tráfico de los dos accesos indica un pico mayor de 09h00 a 10h00.

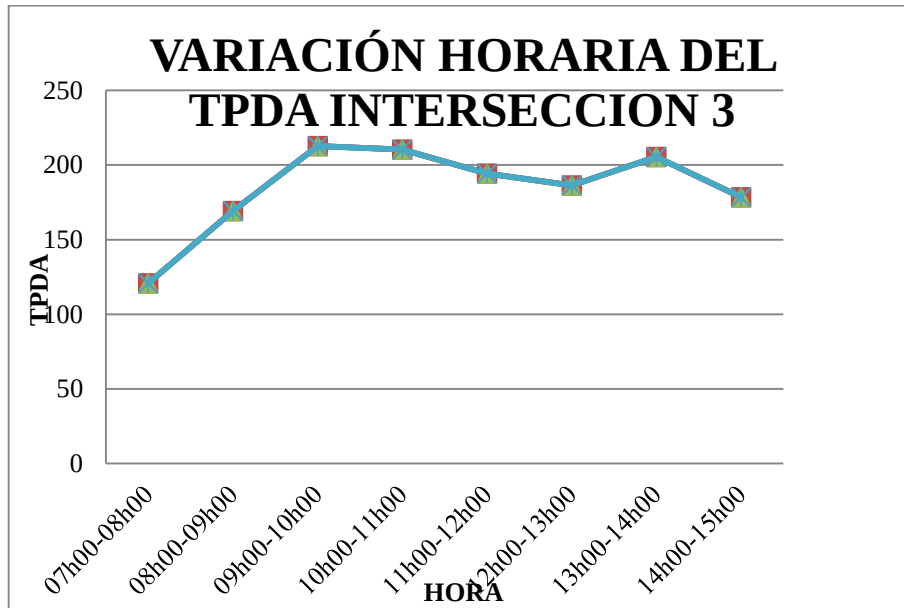


Gráfico 5: Variación Horaria

Tabla 2.34: Variación Horaria del TPDA Intersección 3

| HORA        | TPDA |
|-------------|------|
| 07h00-08h00 | 121  |
| 08h00-09h00 | 169  |
| 09h00-10h00 | 213  |
| 10h00-11h00 | 210  |
| 11h00-12h00 | 194  |
| 12h00-13h00 | 186  |
| 13h00-14h00 | 206  |
| 14h00-15h00 | 178  |
| 15h00-16h00 | 161  |

| VOLUMEN HORARIO | %   |
|-----------------|-----|
| 07h00-08h00     | 6%  |
| 08h00-09h00     | 8%  |
| 09h00-10h00     | 10% |
| 10h00-11h00     | 10% |
| 11h00-12h00     | 9%  |
| 12h00-13h00     | 9%  |
| 13h00-14h00     | 10% |
| 14h00-15h00     | 8%  |
| 15h00-16h00     | 8%  |

|                    |             |             |
|--------------------|-------------|-------------|
| <b>16h00-17h00</b> | 170         | 8%          |
| <b>17h00-18h00</b> | 156         | 7%          |
| <b>18h00-19h00</b> | 173         | 8%          |
| <b>TOTAL</b>       | <b>2140</b> | <b>100%</b> |
| <b>VOLUMEN</b>     | <b>179</b>  |             |
| <b>PROMEDIO</b>    |             |             |

#### 2.3.3.4 Análisis de la hora de máxima demanda

La intersección tiene dos horas de máxima demanda, la primera en la mañana de 9h10 – 10h10, y la segunda en la tarde de 12h15 – 13h15, de igual manera con sus respectivos flujos de ha calculo el factor de hora pico “FHP” .

**Tabla 2.35: Horas de máxima demanda intersección 3**

| <b>HORA PICO</b> |             | <b>TPDA</b>  | <b>% TPDA</b>         |
|------------------|-------------|--------------|-----------------------|
|                  |             | <b>TOTAL</b> | <b>(Intersección)</b> |
| <b>MANANA</b>    | 9h00-10h00  | 213          | 10%                   |
| <b>TARDE</b>     | 12h15-13h15 | 207          | 10%                   |

**Tabla 2.36: Factor de Hora Pico Mañana**

|                          |             |
|--------------------------|-------------|
| <b>TPDA HORA PICO</b>    | <b>213</b>  |
| <b>MAÑANA=</b>           |             |
| <b>HORA PICO MAÑANA:</b> | 9h00-10h00  |
| <b>FHP_MAÑANA=</b>       | <b>0,79</b> |

**Tabla 2.37: Factor de Hora Pico Tarde**

|                         |             |
|-------------------------|-------------|
| <b>TPDA HORA PICO</b>   | <b>207</b>  |
| <b>TARDE=</b>           |             |
| <b>HORA PICO TARDE:</b> | 12h15-13h15 |
| <b>FHP_TARDE=</b>       | <b>0,71</b> |

Los valores del factor de hora pico nos indican una distribución poco uniforme del tráfico a lo largo de la hora de máxima demanda.

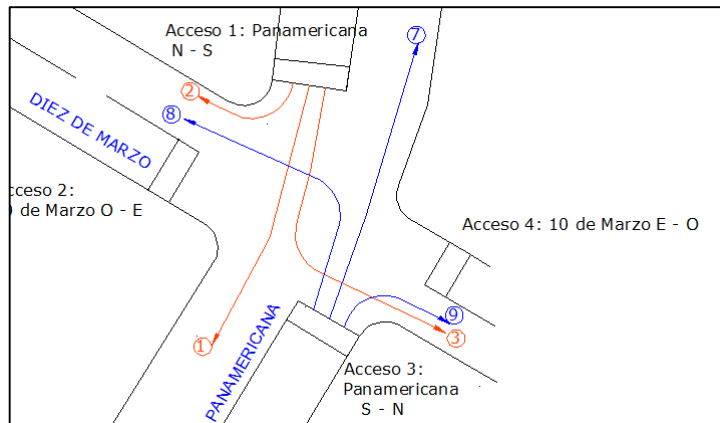
### 2.3.4 Intersección Panamericana y 10 de Marzo

Esta intersección tiene un tráfico promedio diario anual de TPDA= 5285 vehículos al día, y su configuración geométrica determinó que para la cuantificación del tráfico se establezcan cuatro accesos detallados a continuación:

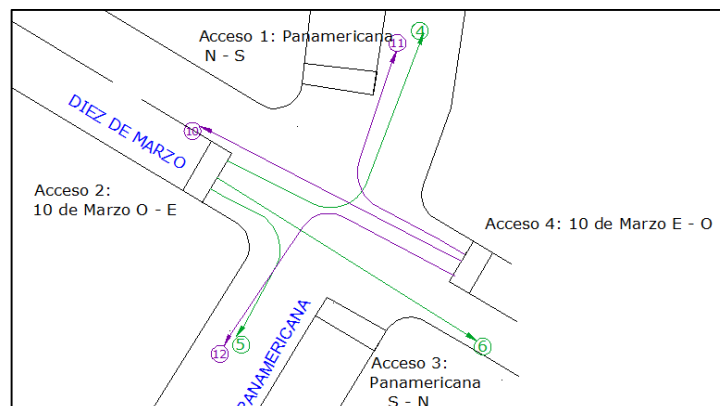
#### 2.3.4.1 Accesos

Los accesos que se consideró son los siguientes:

|          |                    |
|----------|--------------------|
| Acceso 1 | Panamericana N-S   |
| Acceso 2 | 10 de Marzo O - E  |
| Acceso 3 | Panamericana S - N |
| Acceso 4 | 10 de Marzo E - O  |



**Figura 2. 37: Intersección Panamericana y 10 de Marzo**



**Figura 2.38: Intersección Panamericana y 10 de Marzo**



Tabla 2.38: Cálculo TPDA General acceso 1

| ACCESO 1       |                 |              |                 |
|----------------|-----------------|--------------|-----------------|
| FLUJO #        | TPDA<br>VIERNES | TPDA DOMINGO | TPDA<br>GENERAL |
| flujo 1        | 1338            | 1062         | 1259            |
| flujo 2        | 305             | 233          | 284             |
| flujo 3        | 76              | 64           | 72              |
| <b>TOTAL</b>   | <b>1643</b>     | <b>1295</b>  | <b>1615</b>     |
| % Intersección |                 |              | 30,56%          |

Tabla 2.39: Cálculo TPDA General Acceso 2

| ACCESO 2       |                 |                 |                 |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| FLUJO #        | TPDA<br>VIERNES | TPDA<br>DOMINGO | TPDA<br>GENERAL |
| flujo 4        | 257             | 162             | 230             |
| flujo 5        | 1185            | 940             | 1115            |
| flujo 6        | 149             | 109             | 138             |
| <b>TOTAL</b>   | <b>1442</b>     | <b>1102</b>     | <b>1483</b>     |
| % Intersección |                 |                 | 28,06%          |

Tabla 2.40: Cálculo TPDA General Acceso 3

| ACCESO 3       |                 |                 |                 |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| FLUJO #        | TPDA<br>VIERNES | TPDA<br>DOMINGO | TPDA<br>GENERAL |
| flujo 7        | 1475            | 1169            | 1387            |
| flujo 8        | 297             | 236             | 280             |
| flujo 9        | 135             | 107             | 127             |
| <b>TOTAL</b>   | <b>1907</b>     | <b>1511</b>     | <b>1794</b>     |
| % Intersección |                 |                 | 33,95%          |

Tabla 2.41: Cálculo TPDA General Acceso 4

| ACCESO 4       |                 |                 |                 |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| FLUJO<br>#     | TPDA<br>VIERNES | TPDA<br>DOMINGO | TPDA<br>GENERAL |
| flujo 10       | 223             | 196             | 215             |
| flujo 11       | 69              | 45              | 62              |
| flujo 12       | 121             | 103             | 116             |
| <b>TOTAL</b>   | <b>412</b>      | <b>343</b>      | <b>393</b>      |
| % Intersección |                 |                 | 7,44%           |

Tabla 2.42: Flujos Vehiculares Acceso 1

| ACCESO 1     |                  |                      |                                 |                                     |
|--------------|------------------|----------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| GIRO         | FLUJO DE ENTRADA | TPDA<br>GENERAL<br>L | % TPDA<br>GENERAL<br>(Pantalla) | % TPDA<br>GENERAL<br>(Intersección) |
| FRONTAL      | flujo 1          | 1259                 | 77,96%                          | 23,82%                              |
| DERECHO      | flujo2           | 284                  | 17,59%                          | 5,37%                               |
| IZQUIERDA    | flujo3           | 72                   | 4,46%                           | 1,36%                               |
| <b>TOTAL</b> |                  | <b>1615</b>          | <b>100,00%</b>                  | <b>30,56%</b>                       |

Tabla 2.43: Flujos Vehiculares acceso 2

| ACCESO 2     |                  |                      |                                 |                                  |
|--------------|------------------|----------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| GIRO         | FLUJO DE ENTRADA | TPDA<br>GENERAL<br>L | % TPDA<br>GENERAL<br>(Pantalla) | % TPDA GENERAL<br>(Intersección) |
| FRONTAL      | flujo6           | 138                  | 9,31%                           | 2,61%                            |
| DERECHO      | flujo5           | 1115                 | 75,19%                          | 21,10%                           |
| IZQUIERDA    | flujo4           | 230                  | 15,51%                          | 4,35%                            |
| <b>TOTAL</b> |                  | <b>1483</b>          | <b>100,00%</b>                  | <b>28,06%</b>                    |

Tabla 2.44: Flujos Vehiculares acceso 3

| ACCESO 3     |                  |                 |                                 |                                  |
|--------------|------------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------------|
| GIRO         | FLUJO DE ENTRADA | TPDA<br>GENERAL | % TPDA<br>GENERAL<br>(Pantalla) | % TPDA GENERAL<br>(Intersección) |
| FRONTAL      | flujo 7          | 1387            | 77,31%                          | 26,24%                           |
| DERECHO      | flujo 9          | 280             | 15,61%                          | 5,30%                            |
| IZQUIERDO    | flujo 8          | 127             | 7,08%                           | 2,40%                            |
| <b>TOTAL</b> |                  | <b>1794</b>     | <b>100,00%</b>                  | <b>33,95%</b>                    |

Tabla 2.45: Flujos Vehiculares acceso 4

| ACCESO 4     |                  |                 |                                 |                                  |
|--------------|------------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------------|
| GIRO         | FLUJO DE ENTRADA | TPDA<br>GENERAL | % TPDA<br>GENERAL<br>(Pantalla) | % TPDA GENERAL<br>(Intersección) |
| FRONTAL      | flujo 10         | 215             | 54,71%                          | 4,07%                            |
| DERECHO      | flujo 11         | 62              | 15,78%                          | 1,17%                            |
| IZQUIERDO    | flujo 12         | 116             | 29,52%                          | 2,19%                            |
| <b>TOTAL</b> |                  | <b>393</b>      | <b>100,00%</b>                  | <b>7,44%</b>                     |

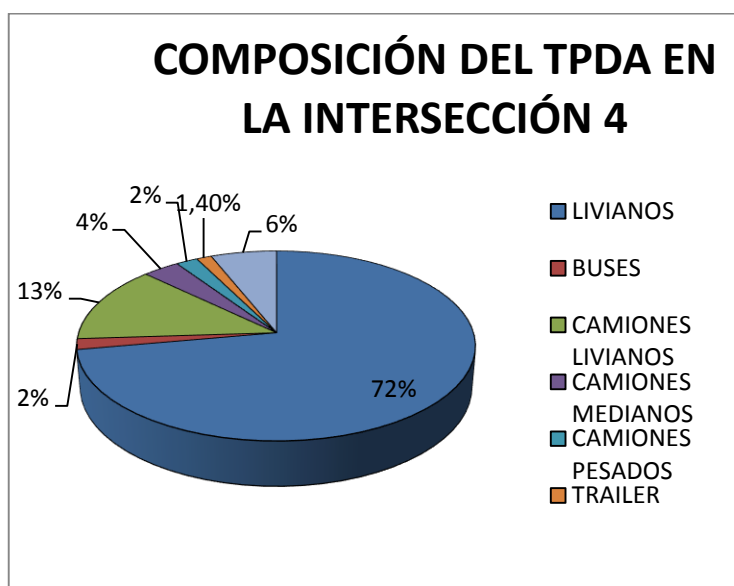
#### 2.3.4.2 Composición del tráfico

Como es evidente los vehículos livianos representan el 72%, seguidos por los camiones livianos con el 13% , luego los vehículos dos ruedas con el 6 %, camiones medianos con el 3%, camiones pesados y buses con el 2% y por último tráileres con el 1.4 %; cabe recalcar que en esta intersección se toma en cuenta los vehículos mediados y pesados, ya que en las demás intersecciones su paso está restringido.

Tabla 2.46: Composición Vehicular Intersección 4

| TIPO DE<br>VEHICULO | TOTAL<br>TPDA | %<br>TOTAL<br>TPDA |
|---------------------|---------------|--------------------|
| LIVIANOS            | 3815          | 72%                |
| BUSES               | 96            | 2%                 |

|                              |             |             |
|------------------------------|-------------|-------------|
| <b>CAMIONES<br/>LIVIANOS</b> | 693         | 13%         |
| <b>CAMIONES<br/>MEDIANOS</b> | 180         | 3%          |
| <b>CAMIONES<br/>PESADOS</b>  | 106         | 2%          |
| <b>TRAILER</b>               | 74          | 1,40%       |
| <b>DOS<br/>RUEDAS</b>        | 321         | 6%          |
| <b>TOTAL</b>                 | <b>5285</b> | <b>100%</b> |



**Gráfico 6: Composición Vehicular**

#### 2.3.4.3 Variación horaria

La variación de volúmenes de tráfico de los dos accesos indica un pico mayor de 11h45 a 12h45.

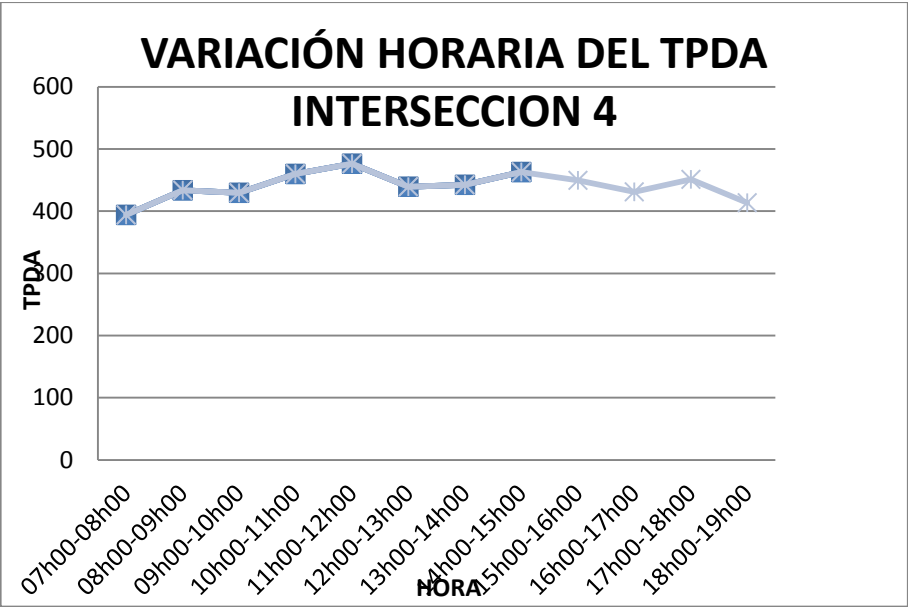


Gráfico 7: Variación Horaria

Tabla 2.47: Variación Horaria del TPDA Intersección 4

| HORA        | TPDA    |      |
|-------------|---------|------|
|             | VOLUMEN | %    |
|             | HORARIO |      |
| 07h00-08h00 | 394     | 7%   |
| 08h00-09h00 | 433     | 8%   |
| 09h00-10h00 | 430     | 8%   |
| 10h00-11h00 | 460     | 9%   |
| 11h00-12h00 | 477     | 9%   |
| 12h00-13h00 | 439     | 8%   |
| 13h00-14h00 | 443     | 8%   |
| 14h00-15h00 | 463     | 9%   |
| 15h00-16h00 | 449     | 9%   |
| 16h00-17h00 | 431     | 8%   |
| 17h00-18h00 | 451     | 9%   |
| 18h00-19h00 | 414     | 8%   |
| TOTAL       | 5285    | 100% |
| VOLUMEN     | 452     |      |
| PROMEDIO    |         |      |

#### 2.3.4.4 Análisis de la hora de máxima demanda

La intersección tiene dos horas de máxima demanda, la primera en la mañana de 11h45 – 12h45, y la segunda en la tarde de 13h45 – 14h45, de igual manera con sus respectivos flujos de ha calculo el factor de hora pico “FHP”.

**Tabla 2.48: Horas de máxima demanda Intersección 4**

| <b>HORA PICO</b> |             | <b>TPDA<br/>TOTAL</b> | <b>% TPDA<br/>(Intersección)</b> |
|------------------|-------------|-----------------------|----------------------------------|
| <b>MANANA</b>    | 11h15-12h15 | 489                   | 9%                               |
| <b>TARDE</b>     | 13h45-14h45 | 473                   | 9%                               |

**Tabla 2.49: Factor de hora pico mañana**

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| <b>TPDA HORA PICO MAÑANA=</b> | <b>489</b>  |
| <b>HORA PICO MAÑANA:</b>      | 11h15-12h15 |
| <b>FHP_MAÑANA=</b>            | <b>0,86</b> |

**Tabla 2.50: Factor de hora pico tarde**

|                              |                 |
|------------------------------|-----------------|
| <b>TPDA HORA PICO TARDE=</b> | <b>473</b>      |
| <b>HORA PICO TARDE:</b>      | 13h45-<br>14h45 |
| <b>FHP_TARDE=</b>            | <b>0,89</b>     |

Los valores del factor de hora pico nos indican una distribución uniforme del tráfico a lo largo de la hora de máxima demanda.

#### 2.3.5 Intersección 10 de Marzo y Calle Azuay

Esta intersección tiene un tráfico promedio diario anual de TPDA= 3381 vehículos al día, y su configuración geométrica determinó que para la cuantificación del tráfico se establezcan cuatro accesos detallados a continuación:

##### 2.3.5.1 Accesos

Los accesos que se consideró son los siguientes:

|          |                   |
|----------|-------------------|
| Acceso 1 | Calle Azuay N - S |
| Acceso 2 | 10 de Marzo O - E |

|          |                   |
|----------|-------------------|
| Acceso 3 | Calle Azuay S – N |
| Acceso 4 | 10 de Marzo E – O |

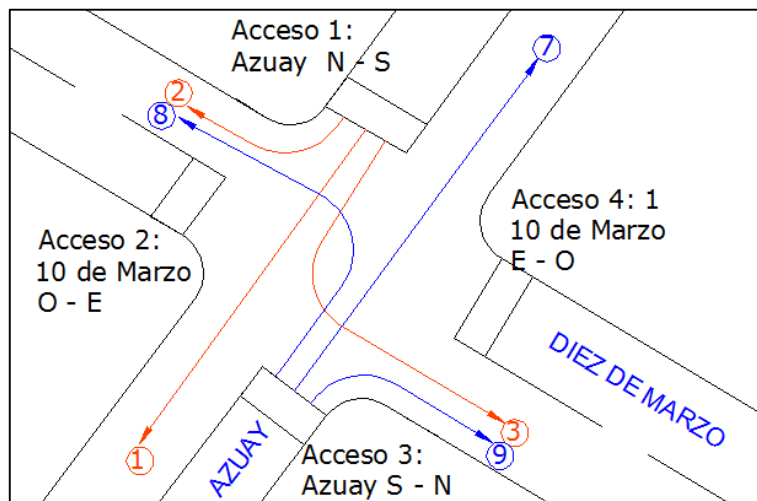


Figura 2.39: Intersección Azuay y 10 de Marzo

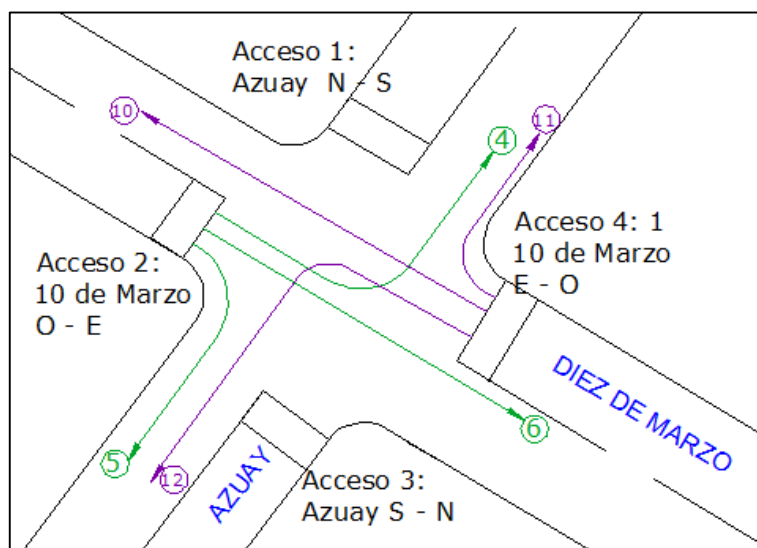


Figura 2.40: Intersección Azuay y 10 de Marzo

Tabla 2.51: Cálculo TPDA General acceso 1

| ACCESO 1       |                 |              |                 |
|----------------|-----------------|--------------|-----------------|
| FLUJO #        | TPDA<br>VIERNES | TPDA DOMINGO | TPDA<br>GENERAL |
| flujo 1        | 416             | 331          | 392             |
| flujo 2        | 554             | 448          | 524             |
| flujo 3        | 687             | 792          | 717             |
| TOTAL          | <b>971</b>      | <b>778</b>   | <b>1633</b>     |
| % Intersección |                 |              | 48,30%          |

Tabla 2.52: Cálculo TPDA General Acceso 2

| ACCESO 2       |                 |                 |                 |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| FLUJO #        | TPDA<br>VIERNES | TPDA<br>DOMINGO | TPDA<br>GENERAL |
| flujo 4        | 229             | 222             | 227             |
| flujo 5        | 61              | 96              | 71              |
| flujo 6        | 257             | 222             | 247             |
| TOTAL          | <b>290</b>      | <b>318</b>      | <b>545</b>      |
| % Intersección |                 |                 | 16,12%          |

Tabla 2.53: Cálculo TPDA General Acceso 3

| ACCESO 3       |                 |              |                 |
|----------------|-----------------|--------------|-----------------|
| FLUJO #        | TPDA<br>VIERNES | TPDA DOMINGO | TPDA<br>GENERAL |
| flujo 7        | 196             | 390          | 251             |
| flujo 8        | 48              | 63           | 52              |
| flujo 9        | 59              | 81           | 65              |
| TOTAL          | <b>302</b>      | <b>534</b>   | <b>368</b>      |
| % Intersección |                 |              | 10,88%          |



Tabla 2.54: Cálculo TPDA General Acceso 4

| ACCESO 4       |            |              |              |
|----------------|------------|--------------|--------------|
| FLUJO #        | TPDA       | TPDA DOMINGO | TPDA GENERAL |
| VIERNES        |            |              |              |
| flujo 10       | 261        | 224          | 250          |
| flujo 11       | 530        | 499          | 521          |
| flujo 12       | 71         | 47           | 64           |
| <b>TOTAL</b>   | <b>862</b> | <b>770</b>   | <b>835</b>   |
| % Intersección |            |              | 24,70%       |

Tabla 2.55: Flujos Vehiculares Acceso 1

| Acceso 1         |                  |              |                           |                               |
|------------------|------------------|--------------|---------------------------|-------------------------------|
| GIRO             | FLUJO DE ENTRADA | TPDA GENERAL | % TPDA GENERAL (Pantalla) | % TPDA GENERAL (Intersección) |
| <b>FRONTAL</b>   | flujo 1          | 392          | 24,00%                    | 11,59%                        |
| <b>DERECHO</b>   | flujo 2          | 524          | 32,09%                    | 15,50%                        |
| <b>IZQUIERDO</b> | flujo 3          | 717          | 43,91%                    | 21,21%                        |
| <b>TOTAL</b>     |                  | <b>1633</b>  | <b>100,00%</b>            | <b>48,30%</b>                 |

Tabla 2.56: Flujos Vehiculares acceso 2

| Acceso 2         |                  |              |                           |                               |
|------------------|------------------|--------------|---------------------------|-------------------------------|
| GIRO             | FLUJO DE ENTRADA | TPDA GENERAL | % TPDA GENERAL (Pantalla) | % TPDA GENERAL (Intersección) |
| <b>FRONTAL</b>   | flujo 6          | 247          | 45,32%                    | 7,31%                         |
| <b>DERECHO</b>   | flujo 5          | 71           | 13,03%                    | 2,10%                         |
| <b>IZQUIERDO</b> | flujo 4          | 227          | 41,65%                    | 6,71%                         |
| <b>TOTAL</b>     |                  | <b>545</b>   | <b>100,00%</b>            | <b>16,12%</b>                 |

Tabla 2.57: Flujos Vehiculares acceso 3

| Acceso 3  |                  |              |                           |                               |
|-----------|------------------|--------------|---------------------------|-------------------------------|
| GIRO      | FLUJO DE ENTRADA | TPDA GENERAL | % TPDA GENERAL (Pantalla) | % TPDA GENERAL (Intersección) |
| FRONTAL   | flujo 7          | 251          | 68,21%                    | 7,42%                         |
| DERECHO   | flujo 9          | 65           | 17,66%                    | 1,92%                         |
| IZQUIERDO | flujo 8          | 52           | 14,13%                    | 1,54%                         |
| TOTAL     |                  | 368          | 100,00%                   | 10,88%                        |

Tabla 2.58: Flujos Vehiculares acceso 4

| Acceso 4  |                  |              |                           |                               |
|-----------|------------------|--------------|---------------------------|-------------------------------|
| GIRO      | FLUJO DE ENTRADA | TPDA GENERAL | % TPDA GENERAL (Pantalla) | % TPDA GENERAL (Intersección) |
| FRONTAL   | flujo 10         | 250          | 29,94%                    | 7,39%                         |
| DERECHO   | flujo 11         | 521          | 62,40%                    | 15,41%                        |
| IZQUIERDO | flujo 12         | 64           | 7,66%                     | 1,89%                         |
| TOTAL     |                  | 835          | 100,00%                   | 24,70%                        |

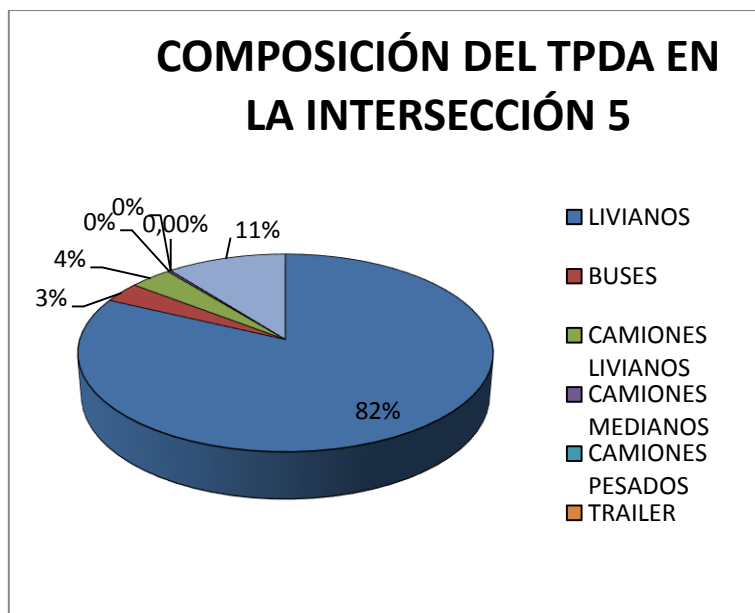
Fuente: Elaboración Propia

### 2.3.5.2 Composición del tráfico

Los vehículos livianos representan el 82%, seguidos por los vehículos de dos ruedas con el 11%, luego los camiones livianos con el 4%, y por último los buses con el 3%.

Tabla 2.59: Composición Vehicular Intersección 5

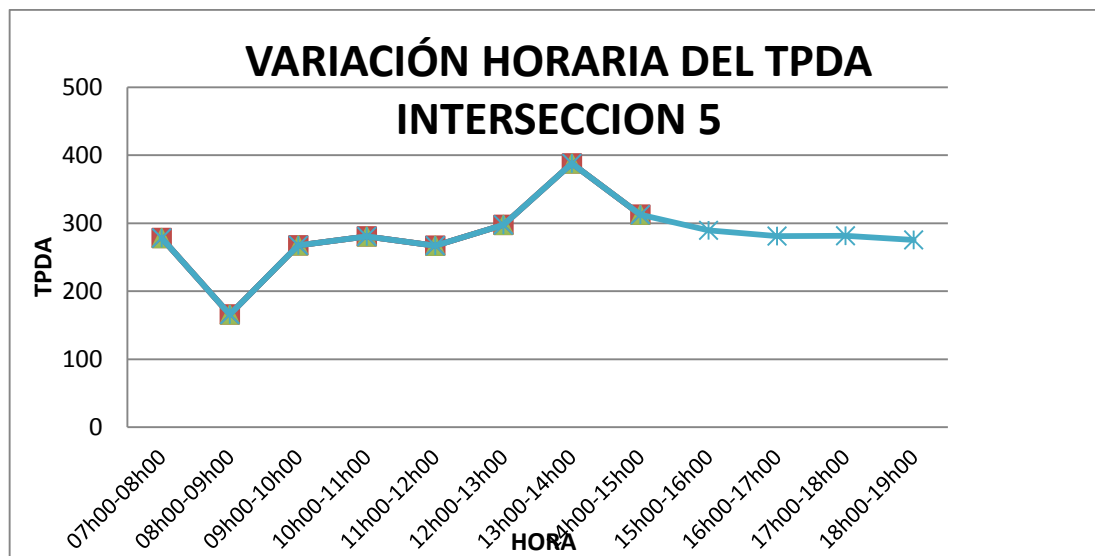
| TIPO DE VEHICULO  | TOTAL TPDA | % TOTAL TPDA |
|-------------------|------------|--------------|
| LIVIANOS          | 2775       | 82%          |
| BUSES             | 114        | 3%           |
| CAMIONES LIVIANOS | 136        | 4%           |
| DOS RUEDAS        | 358        | 11%          |
| TOTAL             | 3384       | 100%         |



**Gráfico 8: Composición Vehicular**

#### 2.3.5.3 Variación horaria

La variación de volúmenes de tráfico de los dos accesos indica un pico mayor de 13h00 a 14h00.



**Gráfico 9: Variación Horaria**

Tabla 2.60: Variación Horaria del TPDA Intersección 5

| HORA            | TPDA        |             |
|-----------------|-------------|-------------|
|                 | VOLUMEN     | %           |
|                 | HORARIO     |             |
| 07h00-08h00     | 278         | 8%          |
| 08h00-09h00     | 166         | 5%          |
| 09h00-10h00     | 267         | 8%          |
| 10h00-11h00     | 281         | 8%          |
| 11h00-12h00     | 267         | 8%          |
| 12h00-13h00     | 297         | 9%          |
| 13h00-14h00     | 388         | 11%         |
| 14h00-15h00     | 312         | 9%          |
| 15h00-16h00     | 290         | 9%          |
| 16h00-17h00     | 281         | 8%          |
| 17h00-18h00     | 282         | 8%          |
| 18h00-19h00     | 275         | 8%          |
| <b>TOTAL</b>    | <b>3384</b> | <b>100%</b> |
| <b>VOLUMEN</b>  | <b>300</b>  |             |
| <b>PROMEDIO</b> |             |             |

#### 2.3.5.4 Análisis de la hora de máxima demanda

La intersección tiene dos horas de máxima demanda, la primera en la mañana de 09h30 – 10h30, y la segunda en la tarde de 13h00 – 14h00, de igual manera con sus respectivos flujos de ha calculo el factor de hora pico “FHP”.

Tabla 2.61: Horas de máxima demanda Intersección 5

| HORA PICO     |             | TPDA  | % TPDA         |
|---------------|-------------|-------|----------------|
|               |             | TOTAL | (Intersección) |
| <b>MANANA</b> | 9h30-10h30  | 288   | 8%             |
| <b>TARDE</b>  | 13h00-14h00 | 388   | 11%            |

Tabla 2.62: Factor de hora pico mañana

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| <b>TPDA HORA PICO MAÑANA=</b> | <b>288</b>  |
| <b>HORA PICO MAÑANA:</b>      | 9h30-10h30  |
| <b>FHP_MAÑANA=</b>            | <b>0,93</b> |

Tabla 2.63: Factor de hora pico tarde

|                              |             |
|------------------------------|-------------|
| <b>TPDA HORA PICO TARDE=</b> | <b>388</b>  |
| <b>HORA PICO TARDE:</b>      | 13h00-14h00 |
| <b>FHP_TARDE=</b>            | <b>0,83</b> |

Los valores del factor de hora pico nos indican una distribución uniforme del tráfico a lo largo de la hora de máxima demanda.

### 2.3.6 Intersección 10 de Marzo y Calle Loja

Esta intersección tiene un tráfico promedio diario anual de TPDA= 1589 vehículos al día, y su configuración geométrica determinó que para la cuantificación del tráfico se establezcan tres accesos detallados a continuación:

#### 2.3.6.1 Accesos

Los accesos que se consideró son los siguientes:

|          |                   |
|----------|-------------------|
| Acceso 1 | Calle Loja S-N    |
| Acceso 2 | 10 de Marzo O – E |
| Acceso 3 | 10 de Marzo E – O |

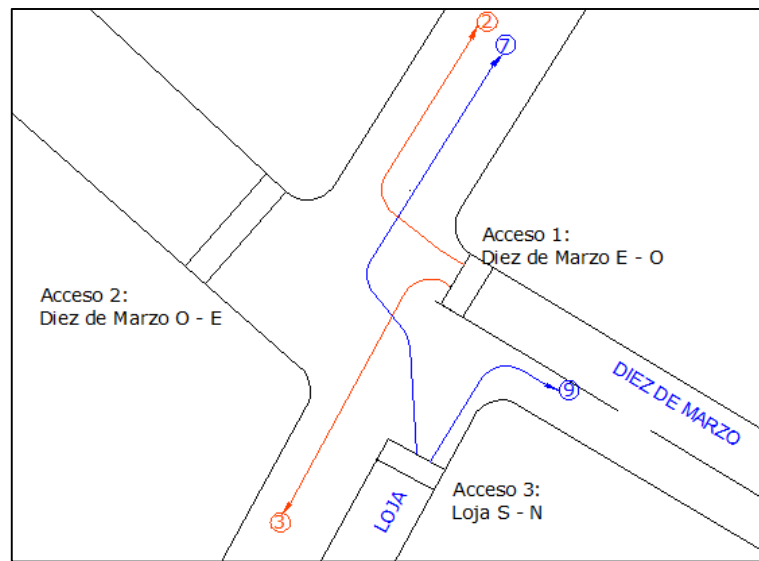


Figura 2.41: Intersección Loja y 10 de Marzo

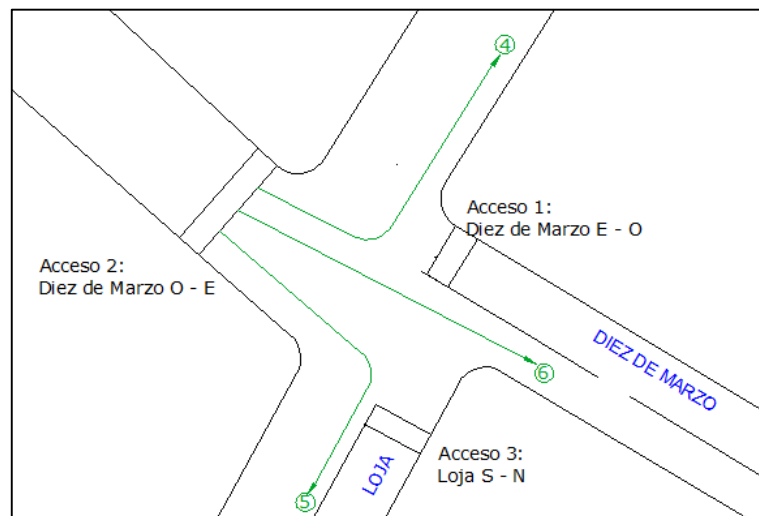


Figura 2.42: Intersección Loja y 10 de Marzo

Tabla 2.64: Cálculo TPDA General Acceso 1

| ACCESO 1       |               |              |                 |
|----------------|---------------|--------------|-----------------|
| FLUJO #        | TPDA<br>LUNES | TPDA DOMINGO | TPDA<br>GENERAL |
| flujo 1        | 364           | 522          | 410             |
| flujo 2        | 150           | 236          | 175             |
| flujo 3        | 0             | 0            | 0               |
| <b>TOTAL</b>   | <b>515</b>    | <b>758</b>   | <b>585</b>      |
| % Intersección |               |              | 31,47%          |

Tabla 2.65: Cálculo TPDA General Acceso 2

| ACCESO 2     |               |                 |              |
|--------------|---------------|-----------------|--------------|
| FLUJO #      | TPDA<br>LUNES | TPDA<br>DOMINGO | TPDA GENERAL |
| flujo 4      | 115           | 115             | 115          |
| flujo 5      | 121           | 148             | 129          |
| flujo 6      | 235           | 260             | 242          |
| <b>TOTAL</b> | <b>471</b>    | <b>523</b>      | <b>486</b>   |
| %            |               |                 | 26,14%       |
| Intersección |               |                 |              |

Tabla 2.66: Cálculo TPDA General Acceso 3

| ACCESO 3       |               |                 |                 |
|----------------|---------------|-----------------|-----------------|
| FLUJO #        | TPDA<br>LUNES | TPDA<br>DOMINGO | TPDA<br>GENERAL |
| flujo 7        | 0             | 0               | 0               |
| flujo 8        | 424           | 502             | 446             |
| flujo 9        | 345           | 334             | 342             |
| <b>TOTAL</b>   | <b>769</b>    | <b>836</b>      | <b>788</b>      |
| % Intersección |               |                 | 42,39%          |

Tabla 2.67: Flujos vehiculares acceso 1

| ACCESO 1         |                  |              |                           |                               |
|------------------|------------------|--------------|---------------------------|-------------------------------|
| GIRO             | FLUJO DE ENTRADA | TPDA GENERAL | % TPDA GENERAL (Pantalla) | % TPDA GENERAL (Intersección) |
| <b>FRONTAL</b>   | flujo 1          | 410          | 70,09%                    | 22,05%                        |
| <b>DERECHO</b>   | flujo 2          | 175          | 29,91%                    | 9,41%                         |
| <b>IZQUIERDO</b> | flujo3           | 0            | 0,00%                     | 0,00%                         |
| <b>TOTAL</b>     |                  | <b>585</b>   | <b>100,00%</b>            | <b>31,47%</b>                 |

Tabla 2.68: Flujos Vehiculares acceso 2

| ACCESO 2         |                  |              |                           |                               |
|------------------|------------------|--------------|---------------------------|-------------------------------|
| GIRO             | FLUJO DE ENTRADA | TPDA GENERAL | % TPDA GENERAL (Pantalla) | % TPDA GENERAL (Intersección) |
| <b>FRONTAL</b>   | flujo 6          | 242          | 49,79%                    | 13,02%                        |
| <b>DERECHO</b>   | flujo 5          | 129          | 26,54%                    | 6,94%                         |
| <b>IZQUIERDO</b> | flujo 4          | 115          | 23,66%                    | 6,19%                         |
| <b>TOTAL</b>     |                  | <b>486</b>   | <b>100,00%</b>            | <b>26,14%</b>                 |

Tabla 2.69: Flujos Vehiculares acceso 3

| ACCESO 3         |                  |              |                           |                               |
|------------------|------------------|--------------|---------------------------|-------------------------------|
| GIRO             | FLUJO DE ENTRADA | TPDA GENERAL | % TPDA GENERAL (Pantalla) | % TPDA GENERAL (Intersección) |
| <b>FRONTAL</b>   | flujo 7          | 0            | 0,00%                     | 0,00%                         |
| <b>DERECHO</b>   | flujo 9          | 342          | 43,40%                    | 18,40%                        |
| <b>IZQUIERDO</b> | flujo 8          | 446          | 56,60%                    | 23,99%                        |
| <b>TOTAL</b>     |                  | <b>788</b>   | <b>100,00%</b>            | <b>42,39%</b>                 |

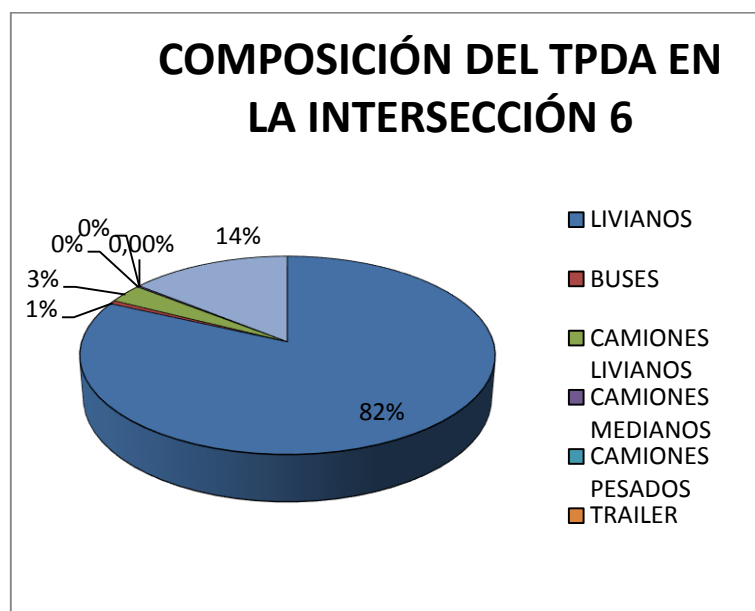


### 2.3.6.2 Composición del tráfico

Los vehículos livianos que representan el 82%, seguidos por los vehículos dos ruedas con el 14%, luego los camiones livianos con el 3%, y por último los buses con el 1%.

**Tabla 2.70: Composición Vehicular Intersección 6**

| TIPO DE<br>VEHICULO          | TOTAL<br>TPDA | %<br>TOTAL<br>TPDA |
|------------------------------|---------------|--------------------|
| <b>LIVIANOS</b>              | 1521          | 82%                |
| <b>BUSES</b>                 | 11            | 1%                 |
| <b>CAMIONES<br/>LIVIANOS</b> | 62            | 3%                 |
| <b>DOS<br/>RUEDAS</b>        | 265           | 14%                |
| <b>TOTAL</b>                 | <b>1858</b>   | <b>100%</b>        |



**Gráfico 9: Composición Vehicular**

2.3.6.3 Variación horaria

La variación de volúmenes de tráfico de los dos accesos indica un pico mayor de 17h45 a 18h45.

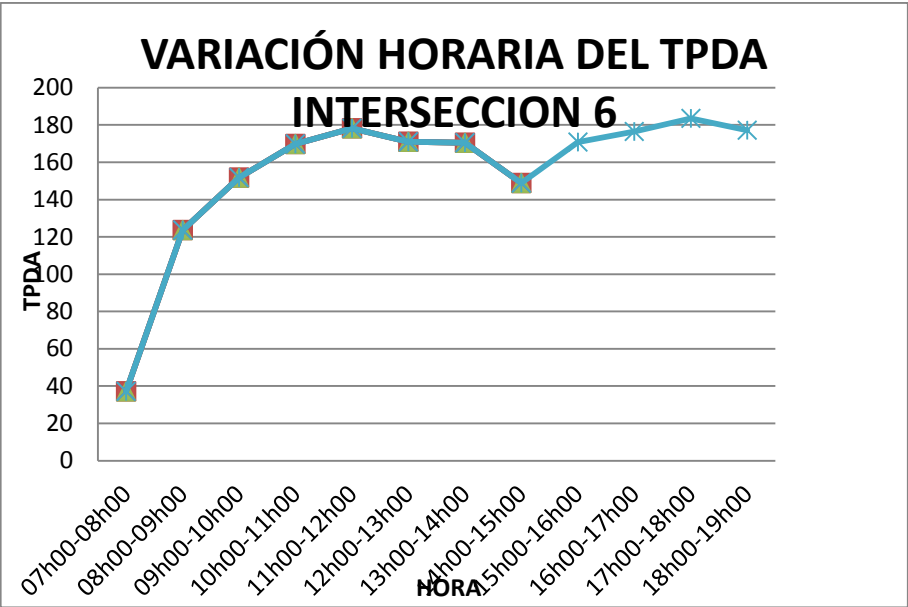


Gráfico 10: Variación Horaria

Tabla 2.71: Variación Horaria del TPDA Intersección 6

| HORA        | TPDA    |     |
|-------------|---------|-----|
|             | VOLUMEN | %   |
|             | HORARIO |     |
| 07h00-08h00 | 37      | 2%  |
| 08h00-09h00 | 124     | 7%  |
| 09h00-10h00 | 152     | 8%  |
| 10h00-11h00 | 170     | 9%  |
| 11h00-12h00 | 178     | 10% |
| 12h00-13h00 | 171     | 9%  |
| 13h00-14h00 | 170     | 9%  |
| 14h00-15h00 | 149     | 8%  |

|                    |             |             |
|--------------------|-------------|-------------|
| <b>15h00-16h00</b> | <b>171</b>  | <b>9%</b>   |
| <b>16h00-17h00</b> | <b>177</b>  | <b>9%</b>   |
| <b>17h00-18h00</b> | <b>183</b>  | <b>10%</b>  |
| <b>18h00-19h00</b> | <b>177</b>  | <b>10%</b>  |
| <b>TOTAL</b>       | <b>1858</b> | <b>100%</b> |
| <b>VOLUMEN</b>     | <b>155</b>  |             |
| <b>PROMEDIO</b>    |             |             |

#### 2.3.6.4 Análisis de la hora de máxima demanda

La intersección tiene dos horas de máxima demanda, la primera en la mañana de 11h45 – 12h45, y la segunda en la tarde de 17h45 – 18h45, de igual manera con sus respectivos flujos de ha calculo el factor de hora pico “FHP”.

**Tabla 2.72: Horas de máxima demanda Intersección 6**

| <b>HORA PICO</b> |                    | <b>TPDA</b>  | <b>% TPDA</b>         |
|------------------|--------------------|--------------|-----------------------|
|                  |                    | <b>TOTAL</b> | <b>(Intersección)</b> |
| <b>MANANA</b>    | <b>11h45-12h45</b> | <b>182</b>   | <b>10%</b>            |
| <b>TARDE</b>     | <b>17h45-18h45</b> | <b>187</b>   | <b>10%</b>            |

**Tabla 2.73: Factor de hora pico mañana**

|                          |                    |
|--------------------------|--------------------|
| <b>TPDA HORA PICO</b>    | <b>182</b>         |
| <b>MAÑANA=</b>           |                    |
| <b>HORA PICO MAÑANA:</b> | <b>11h45-12h45</b> |
| <b>FHP_MAÑANA=</b>       | <b>0,94</b>        |

**Tabla 2.74: Factor de hora pico tarde**

|                         |                    |
|-------------------------|--------------------|
| <b>TPDA HORA PICO</b>   | <b>187</b>         |
| <b>TARDE=</b>           |                    |
| <b>HORA PICO TARDE:</b> | <b>17h45-18h45</b> |
| <b>FHP_TARDE=</b>       | <b>0,95</b>        |

Los valores de los factores de hora pico tanto en la mañana como en la tarde nos indica una distribución uniforme a lo largo de la hora de máxima demanda en la mañana y tarde.

Los planos de cada intersección están detallados en los anexos.

### 2.3.7 Análisis de velocidad de circulación

Es uno de los parámetros más importantes para el análisis de una intersección, lo más común es determinar la velocidad en un punto, conocida como la velocidad instantánea según (Cárdenas Grisales & Y Mayor, 2007); para la determinación manual de la velocidad dice que “sobre una distancia determinada (de 20 a 80 metros) que se marca con dos rayas de pintura en el pavimento, se miden los tiempos que tardan los vehículos en recorrerla”.

De esta manera se marcó en los diferentes accesos una distancia de 20 metros registrando el tiempo en el que el eje delantero del vehículo cruza la primera marca y el eje delantero del mismo cruce la segunda marca. Los datos obtenidos se realizaron en la respectiva hora de máxima demanda de las intersecciones en una distancia marcada de 20 metros, los vehículos analizados fueron los livianos, por ser el vehículo con mayor porcentaje en el análisis de tráfico de las intersecciones. Se hizo un levantamiento de información para cuatro vehículos, uno cada cuarto de hora dentro de las horas en las que se hizo un conteo manual, para luego obtener un tiempo promedio con la siguiente fórmula:

$$t_{promedio} = \frac{t1 + t2 + t3 + t4}{20} (s) \quad (10)$$

Una vez obtenido el tiempo promedio se calcula la velocidad:

$$V1 = \frac{distancia}{t_{promedio}} \left( \frac{m}{s} \right) \quad (11)$$

$$V = V1 * 3,6 \left( \frac{Km}{h} \right) \quad (12)$$

Con esto se obtiene una velocidad promedio de circulación.

A continuación presento un cuadro resumen con los resultados obtenidos para cada intersección dentro de la hora de máxima demanda:

**Tabla 2.75: Velocidades de circulación Intersección 1**

| hora        | ACCESO 1      |       |       |       |       |            |           |         | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|-----------|---------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s)    | V(km/h) | 16,14              |
| 8h45-9h45   | 20            | 4,84  | 4,32  | 4,78  | 4,39  | 4,58625    | 4,3608612 | 15,70   |                    |
|             |               |       | 5     | 5     | 5     |            | 7         |         |                    |
| 13h00-14h00 | 20            | 4,17  | 4,95  | 4,62  | 3,62  | 4,3425     | 4,6056419 | 16,58   |                    |
|             |               |       |       | 5     | 5     |            | 1         |         |                    |

| hora        | ACCESO 2      |       |       |       |       |            |           |         | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|-----------|---------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s)    | V(km/h) | 16,77              |
| 8h45-9h45   | 20            | 3,86  | 4,09  | 4,34  | 5,41  | 4,4275     | 4,5172219 | 16,26   |                    |
|             |               |       | 5     | 5     |       |            | 1         |         |                    |
| 13h00-14h00 | 20            | 3,89  | 3,80  | 4,84  | 4,12  | 4,165      | 4,8019207 | 17,29   |                    |
|             |               |       | 5     | 5     |       |            | 7         |         |                    |

| hora        | ACCESO 3      |       |       |       |       |            |        |         | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|--------|---------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s) | V(km/h) | 18,85              |
| 8h45-9h45   | 20            | 3,90  | 4,01  | 3,21  | 4,86  | 3,99       | 5,01   | 18,03   |                    |
| 13h00-14h00 | 20            | 3,68  | 2,90  | 3,67  | 4,40  | 3,66       | 5,46   | 19,67   |                    |

**Tabla 2.76: Velocidades de circulación Intersección 2**

| hora        | ACCESO 1      |       |       |       |       |            |           |         | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|-----------|---------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s)    | V(km/h) | 17,03              |
| 9h15-10h15  | 20            | 4,71  | 4,60  | 4,17  | 4,23  | 4,4325     | 4,5121263 | 16,24   |                    |
|             |               |       | 5     | 5     | 5     |            | 4         |         |                    |
| 12h00-13h00 | 20            | 3,89  | 3,94  | 4,5   | 3,83  | 4,0425     | 4,9474335 | 17,81   |                    |
|             |               |       | 5     | 5     |       |            | 2         |         |                    |

| hora        | ACCESO 2      |       |       |       |       |            |           |         | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|-----------|---------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s)    | V(km/h) | 19,43              |
| 9h15-10h15  | 20            | 3,43  | 3,38  | 3,84  | 3,98  | 3,66       | 5,4644808 | 19,67   |                    |
|             |               |       | 5     | 5     |       |            | 7         |         |                    |
| 12h00-13h00 | 20            | 3,39  | 3,30  | 4,19  | 4,12  | 3,7525     | 5,3297801 | 19,19   |                    |
|             |               |       | 5     | 5     |       |            | 5         |         |                    |

Tabla 2.77: Velocidades de circulación Intersección 3

| hora        | ACCESO 1      |       |       |       |       |            |           |         | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|-----------|---------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s)    | V(km/h) | 17,03              |
| 9h00-10h00  | 20            | 4,71  | 4,60  | 4,17  | 4,23  | 4,4325     | 4,5121263 | 16,24   |                    |
|             |               | 5     | 5     | 5     | 5     |            | 4         |         |                    |
| 12h15-13h15 | 20            | 3,89  | 3,94  | 4,5   | 3,83  | 4,0425     | 4,9474335 | 17,81   |                    |
|             |               | 5     | 5     |       |       |            | 2         |         |                    |

| hora        | ACCESO 2      |       |       |       |       |            |           |         | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|-----------|---------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s)    | V(km/h) | 19,43              |
| 9h00-10h00  | 20            | 3,43  | 3,38  | 3,84  | 3,98  | 3,66       | 5,4644808 | 19,67   |                    |
|             |               | 5     | 5     |       |       |            | 7         |         |                    |
| 12h15-13h15 | 20            | 3,39  | 3,30  | 4,19  | 4,12  | 3,7525     | 5,3297801 | 19,19   |                    |
|             |               | 5     | 5     |       |       |            | 5         |         |                    |

Tabla 2.78: Velocidades de circulación Intersección 4

| hora        | ACCESO 1      |       |       |       |       |            |           |         | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|-----------|---------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s)    | V(km/h) | 85,02              |
| 11h15-12h15 | 20            | 0,50  | 0,39  | 0,83  | 1,11  | 0,71125    | 28,119507 | 101,23  |                    |
|             |               | 5     | 5     |       | 5     |            | 9         |         |                    |
| 13h45-14h45 | 20            | 0,77  | 1,11  | 1,39  | 0,91  | 1,04625    | 19,115890 | 68,82   |                    |
|             |               |       |       | 5     |       |            | 1         |         |                    |

| hora        | ACCESO 2      |       |       |       |       |            |           |         | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|-----------|---------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s)    | V(km/h) | 20,25              |
| 11h15-12h15 | 20            | 3,36  | 3,09  | 3,34  | 4,91  | 3,6775     | 5,4384772 | 19,58   |                    |
|             |               |       | 5     | 5     |       |            | 3         |         |                    |
| 13h45-14h45 | 20            | 3,39  | 3,30  | 2,95  | 4,12  | 3,4425     | 5,8097313 | 20,92   |                    |
|             |               | 5     | 5     |       |       |            |           |         |                    |

| hora        | ACCESO 3      |       |       |       |       |            |        |         | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|--------|---------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s) | V(km/h) | 84,80              |
| 11h15-12h15 | 20            | 0,90  | 1,12  | 0,93  | 0,77  | 0,93       | 21,59  | 77,73   |                    |
| 13h45-14h45 | 20            | 0,50  | 0,66  | 0,93  | 1,05  | 0,78       | 25,52  | 91,87   |                    |

| hora | ACCESO 4      |       |       |       |       |            |        |         | Velocidad promedio |
|------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|--------|---------|--------------------|
|      | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s) | V(km/h) | 16,89              |
|      | 20            | 4,01  | 4,39  | 4,72  | 4,50  | 4,40       | 4,55   | 16,37   |                    |
|      | 20            | 4,34  | 4,22  | 4,05  | 3,95  | 4,14       | 4,84   | 17,42   |                    |

Tabla 2.79: Velocidades de circulación Intersección 5

| hora        | ACCESO 1      |       |       |       |       |            |            |         | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|------------|---------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s)     | V(km/h) | 15,10              |
| 9h30-10h30  | 20            | 4,905 | 5,115 | 4,48  | 4,54  | 4,76       | 4,20168067 | 15,13   |                    |
| 13h00-14h00 | 20            | 4,415 | 5,02  | 5,01  | 4,67  | 4,77875    | 4,18519487 | 15,07   |                    |

| hora        | ACCESO 2      |       |       |       |       |            |            |         | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|------------|---------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s)     | V(km/h) | 17,12              |
| 9h30-10h30  | 20            | 4,36  | 4,095 | 4,555 | 4,895 | 4,47625    | 4,46802569 | 16,08   |                    |
| 13h00-14h00 | 20            | 4,115 | 3,815 | 3,805 | 4,12  | 3,96375    | 5,0457269  | 18,16   |                    |

| hora        | ACCESO 3      |       |       |       |       |            |        |         | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|--------|---------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s) | V(km/h) | 18,85              |
| 9h30-10h30  | 20            | 3,90  | 4,01  | 3,21  | 4,86  | 3,99       | 5,01   | 18,03   |                    |
| 13h00-14h00 | 20            | 3,68  | 2,90  | 3,67  | 4,40  | 3,66       | 5,46   | 19,67   |                    |

| hora        | ACCESO 4      |       |       |       |       |            |        |         | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|--------|---------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s) | V(km/h) | 21,91              |
| 9h30-10h30  | 20            | 3,34  | 3,10  | 2,90  | 3,49  | 3,21       | 6,24   | 22,46   |                    |
| 13h00-14h00 | 20            | 3,71  | 3,00  | 3,44  | 3,35  | 3,37       | 5,93   | 21,36   |                    |

Tabla 2.80: Velocidades de circulación Intersección 6

| hora        | ACCESO 1      |       |       |       |       |            |            |         | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|------------|---------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s)     | V(km/h) | 17,03              |
| 11h45-12h45 | 20            | 4,715 | 4,605 | 4,175 | 4,235 | 4,4325     | 4,51212634 | 16,24   |                    |
| 17h45-18h45 | 20            | 3,895 | 3,945 | 4,5   | 3,83  | 4,0425     | 4,94743352 | 17,81   |                    |

| hora        | ACCESO 2      |       |       |       |       |            |            |         | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|------------|---------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s)     | V(km/h) | 19,43              |
| 11h45-12h45 | 20            | 3,435 | 3,385 | 3,845 | 3,985 | 3,66       | 5,46448087 | 19,67   |                    |
| 17h45-18h45 | 20            | 3,395 | 3,305 | 4,195 | 4,125 | 3,7525     | 5,32978015 | 19,19   |                    |

| hora        | ACCESO 3      |       |       |       |       |            |            | Velocidad promedio |       |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|------------|--------------------|-------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s)     | V(km/h)            | 18,53 |
| 11h45-12h45 | 20            | 3,56  | 3,45  | 3,65  | 3,45  | 3,55       | 5,63380282 | 20,28              |       |
| 17h45-18h45 | 20            | 4,1   | 4,16  | 4,78  | 4,13  | 4,2925     | 4,65928946 | 16,77              |       |

## 2.4 Semaforización

El RTE INEN 004 PARTE 5 SEMAFORIZACIÓN presenta los conceptos básicos fundamentales y estándares de práctica relacionados con el diseño de sistemas semafóricos, para regular el tránsito vehicular y peatonal en una intersección técnicamente justificados.

Un sistema semafórico debe garantizar la seguridad de las personas, prevenir accidentabilidad de los usuarios de las vías y minimizar los impactos negativos en el medio ambiente.

### DEFINICIONES

**Actuación eléctrica:** es la producida por un vehículo (sobre un detector vehicular) o peatón (sobre un interruptor de botón de presión).

**Área de control:** sitio donde un sistema semafórico controla el tránsito, generalmente en una intersección o en un sector de una vía donde éste sea instalado.

**Báculo o ménsula:** poste con un brazo en la parte superior para instalar el o los semáforos sobre la calzada.

**Banda de ola verde:** banda de un diagrama de tiempo-espacio para coordinar semáforos que indica el paso hipotético de un grupo compacto de vehículos a lo largo de una vía semaforizada, a la velocidad de progresión.

**Botonera o detector peatonal:** dispositivo que permite a los peatones solicitar y registrar una demanda de cruce, éste incluye el indicador peatonal.



**Brecha:** es el intervalo de tiempo libre disponible entre los vehículos correspondientes a la separación entre ellos, medida desde la defensa trasera del primer vehículo hasta la defensa delantera del segundo.

**Capacidad vial:** número máximo de vehículos y peatones que pueden pasar a través de una intersección o sección de vía determinada, en un periodo de tiempo dado bajo un estado de condiciones preestablecidas.

**Carril de resbalo a la derecha:** carril específico por el que una isla o isleta triangular provee una separación física entre los movimientos de viraje a la derecha y los movimientos rectos, de tal forma que estos pueden ser controlados de forma separada.

**Carril de viraje a la derecha:** espacio específico destinado a alojar vehículos que van a virar a la derecha.

**Carril de viraje a la izquierda:** espacio específico destinado a alojar vehículos que van a virar a la izquierda.

**Ciclo semafórico:** tiempo necesario para que se dé una sucesión completa de indicaciones en los semáforos conectados a un regulador.

**Cola vehicular:** vehículos automotores sucesivamente detenidos que esperan para proseguir a través de una intersección.

**Controlador:** mecanismo electrónico automático que regula el orden y duración de ciclos, fases, planes e intervalos.

**Controlador actuado por el tránsito:** controlador que opera de acuerdo a las demandas de tránsito registradas por los detectores.

**Coordinación de intersecciones:** son las interrelaciones necesarias para que se produzca funcionamiento cíclico, ordenado e invariable de los semáforos, basado en una progresión adecuada para los pelotones de vehículos que circulan por una vía o sistema vial.

**Cruce peatonal desfasado:** sistema donde un cruce peatonal por el ancho de la calzada es dividido en “etapas”, cuya trayectoria del cruce puede ser en línea recta o en forma de “Z”; y cada etapa, es controlada por grupos de semáforos individuales.

**Demanda vehicular o peatonal:** registro de presencia de tránsito que espera por el derecho de paso.

**Desfase de semáforo:** es la diferencia de tiempo entre el comienzo de una fase en un semáforo y el inicio de la fase correspondiente en otro.

**Diagramas de espacios-tiempos:** consiste en un par de ejes coordenados donde, en ordenadas, se representa la variable tiempo, mientras que en abscisas se representan las distancias entre intersecciones de un corredor semaforizado.

**Distancia de visibilidad:** distancia sobre la cual un conductor o peatón tiene una visión sin obstrucciones que afectan su comportamiento en el tránsito.

**Distancia de visibilidad de parada:** es la distancia de visibilidad necesaria que permite a un conductor detenerse con seguridad en respuesta a una luz de semáforo roja.

**Estructura semafórica:** es un conjunto de fases en un orden secuencial durante el cual se da tiempo de paso a todos los flujos existentes.

**Fase peatonal exclusiva:** fase durante la cual se enciende simultáneamente solo la luz verde de cruce peatonal mientras todos los movimientos vehiculares son detenidos.

**Fase peatonal de semáforo:** fase de un semáforo que da el derecho de paso a peatones, permitiendo algunos movimientos vehiculares.

**Fase semafórica:** parte del ciclo que permiten un movimiento particular o combinación de movimientos no conflictivos durante uno o más intervalos.

**Grupo de señales semafóricas:** conjunto de semáforos con una conexión eléctrica común de tal forma que la iluminación de sus luces son siempre idénticas.

**Hora pico:** hora del día que tiene el volumen más alto de tránsito.

**Intervalo de despeje:** es el tiempo dado para la terminación de movimientos de vehículos para que despejen el área controlada antes de comenzar el siguiente movimiento de tránsito.

**Intervalo de despeje para peatones:** tiempo de despeje después de la indicación CRUCE, que es normalmente un NO CRUCE intermitente.

**Intervalo de semáforos:** son los tiempos sucesivos de las luces roja, amarilla y verde.

**L.E.D:** luz emitida por un diodo.

**Longitud de cola vehicular:** es la distancia de la vía ocupada por vehículos sucesivamente detenidos que esperan para proseguir a través de la vía, contados desde el primer vehículo que se detiene al inicio de la luz roja.

**Luz fantasmal:** reflejo de la luz solar o una fuente externa sobre la superficie óptica del reflector de un semáforo, produciendo la percepción de luz encendida.

**Matriz de conflictos:** identificación y/o representación de los movimientos conflictivos en una intersección.

**Matriz de tiempos intermedios:** identificación de los tiempos de seguridad entre el despeje de un flujo (Movimiento) contra el ingreso de otro flujo (expresados segundos), sea este vehicular o peatonal.

**Movimiento:** son las trayectorias permitidas en una intersección semaforizada para un vehículo o peatón.

**Movimiento crítico:** movimiento de máxima demanda vehicular que determina los requerimientos de tiempo de ciclo de semáforos.

**Movimiento peatonal paralelo:** movimiento peatonal que simultáneamente funciona con un movimiento vehicular no conflictivo.

**Movimiento sobrepuesto:** movimiento que ocurre en más de una fase y mantiene la luz verde a través del/los periodo/s interverde asociado.

**Ochenta y cinco percentil (85% velocidad):** velocidad a la cual viaja el 85% del tránsito.

**Plan de señales:** es la secuencia de fases durante el cual se da tiempo de paso o tiempo de verde a todos los flujos existentes, respetando la definición de fases de la estructura semafórica.

**Periodo de extensión:** periodo de tiempo agregado al derecho de paso por la actuación de detectores vehiculares durante ese periodo de tiempo.

**Periodo intermedio de todo rojo:** es la duración entre el final del verde entre el tráfico saliente y el comienzo de verde de otro tránsito entrante, los cuales son conflictivos entre sí, el mismo que permite el despeje de tránsito conflictivo dentro de un área controlada.

**Periodo de verde peatonal:** tiempo de duración de la luz verde de cruce peatonal.

**Poste:** soporte vertical donde se instala el o los semáforos vehiculares y/o peatonales

**Refugio peatonal:** sitio asignado en el parterre o isleta de la calzada para uso exclusivo de peatones.

**Regulador:** son equipos electrónicos digitales de microprocesador de última tecnología, diseñados y contruidos para controlar el tránsito en intersecciones semaforizadas.

**Reparto de fases:** es la distribución del ciclo entre las distintas fases semafóricas que lo conforman.

**Rejilla de semáforo:** ensamblaje de bandas metálicas que se montan en una visera para reducir la luz del sol fantasmal (rejillas horizontales) o, para restringir la visión angular de un semáforo.

**Semáforo:** es un dispositivo de señalización luminosa útil para el control y la seguridad vial, mediante el cual se regula los movimientos de peatones y vehículos en las calles y carreteras, con luces de color rojo amarillo y verde, símbolos y complementados con sonidos acústicos.

**Semáforos elevados:** son los ubicados en postes brazos (báculo o ménsula), y/o pórticos sobre la calzada; y de acuerdo a la ubicación de éstos en la intersección, son similarmente designados como semáforos: primarios elevados, secundarios elevados y terciarios elevados.

**Semáforo primario:** es el que se ubica cerca de la línea de pare al lado derecho de la aproximación a la intersección, puede ser complementado con señales luminosas a la izquierda o elevadas. Las señales luminosas suplementarias son necesarias solamente donde los vehículos comerciales y buses de transporte público pueden obstruir la vista de la primera señal luminosa.

**Semáforo primario doble:** es el que se ubica en el lado izquierdo de aproximación cerca de la línea de parada.

**Semáforo secundario:** es el que se ubica al lado izquierdo cruzando la intersección, sea en la acera o parterre.

**Semáforo terciario:** es el que se ubica al lado derecho cruzando la intersección.

**Sistema semafórico:** conjunto de dispositivos de señalización luminosa interconectados y comunicados entre sus elementos y componentes, que sirven para regular el tránsito en forma segura en una red vial.

**Tiempo intermedio de despeje peatonal:** tiempo de seguridad después que se termina la luz verde peatonal, el cual permite a los peatones completar el cruce a la acera o parterre más cercano.

**Tiempo de transición:** por el carácter dinámico del tránsito, el tiempo de transición indica a las corrientes viales el cambio del tiempo de verde al tiempo de rojo por medio del color amarillo.

**Tránsito prioritario:** es aquel que por medio de una acción especial de los semáforos en una intersección, se asigna prioridad de servicio a vehículos de emergencia.

**Virajes filtrados:** es el movimiento de viraje de vehículos en una corriente de tránsito a través o dentro de otra corriente de tránsito por tolerancia de brechas.

**Visera:** dispositivo adherido a la cara de un semáforo, para minimizar el efecto fantasmal de la luz del sol y/o reducir la posibilidad de que las luces de un semáforo sean vistas por otro movimiento de circulación.

**Volumen de tránsito:** número máximo de vehículos y peatones que pasan a través de una intersección o sección de vía determinada, en un periodo de tiempo dado bajo un estado de condiciones preestablecidas.

**Zona de conflicto:** es el espacio donde los movimientos permisibles pueden divergir, cruzarse o converger dando lugar a incidencias conflictivas, bien de vehículos con peatones, o de vehículos con vehículos.

## DISPOCISIONES GENERALES

Los semáforos deben proteger al usuario de la vía y deben cumplir los siguientes aspectos:

Proveer un movimiento ordenado y seguro del tránsito.

- Optimizar los flujos vehiculares en una intersección, cuando se usan las medidas de control y diseño apropiadas.
- Reducir la frecuencia de ciertos tipos de accidentes, especialmente aquellos de ángulo recto.
- Proveer un movimiento continuo o progresivo del tránsito a una velocidad definida a lo largo de una ruta dada bajo condiciones favorables cuando se operan como un sistema interconectado.
- Interrumpir volúmenes vehiculares de tránsito a intervalos pertinentes, para permitir que otro tránsito vehicular o peatonal, pueda cruzar una vía pública.
- Proporcionar seguridad vehicular y peatonal.

## REQUISITOS

Se debe cumplir uno o más de los siguientes requisitos obteniendo los datos de un estudio de ingeniería de tránsito:

### Volúmenes de tránsito

El requisito se satisface si durante 4 horas para controladores actuados por los vehículos y, 8 horas para controladores de tiempo fijo de un día laborable, se obtienen los siguientes volúmenes de tránsito:

| No. DE CARRILES<br>EN CADA ACCESO |              | VEHICULOS POR HORA<br>EN LA VIA MAYOR<br>VOLUMEN<br>(TOTAL EN AMBAS<br>DIRECCIONES) | VEHICULOS POR HORA<br>ACCESO DE MAYOR<br>VOLUMEN<br>DE LA VIA MENOR<br>(UNA SOLA<br>DIRECCION) |
|-----------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| VIA<br>MAYOR                      | VIA<br>MENOR |                                                                                     |                                                                                                |
| 1                                 | 1            | 500                                                                                 | 150                                                                                            |
| 2 o más                           | 1            | 600                                                                                 | 150                                                                                            |
| 2 o más                           | 2 o más      | 600                                                                                 | 200                                                                                            |
| 1                                 | 2 o más      | 500                                                                                 | 200                                                                                            |

Figura 2. 43: Requisito - Volúmenes vehiculares

Fuente: RTE INEN 004

Cuando la velocidad de circulación segura de la vía mayor exceda de 55 km/h, o cuando la intersección objeto del estudio esté dentro del límite urbano de una población aislada con una cantidad menor de 10.000 de habitantes, el requisito de volumen vehicular mínimo es el 75% de los requisitos detallados anteriormente.

### Acceso a vías principales

Este requisito se cumple si los volúmenes de tránsito exceden a los indicados y, si no existen intersecciones semaforizadas cercanas las cuales pueden ser utilizadas por el tránsito de la vía menor.

| No. DE CARRILES<br>EN CADA ACCESO |              | VEHICULOS POR<br>HORA<br>EN LA VIA MAYOR<br>VOLUMEN<br>(TOTAL EN AMBAS<br>DIRECCIONES) | VEHICULOS POR<br>HORA<br>ACCESO DE MAYOR<br>VOLUMEN<br>DE LA VIA MENOR<br>(UNA SOLA<br>DIRECCION) |
|-----------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| VIA<br>MAYOR                      | VIA<br>MENOR |                                                                                        |                                                                                                   |
| 1                                 | 1            | 750                                                                                    | 75                                                                                                |
| 2 o más                           | 1            | 900                                                                                    | 75                                                                                                |
| 2 o más                           | 2 o más      | 750                                                                                    | 100                                                                                               |
| 1                                 | 2 o más      | 750                                                                                    | 100                                                                                               |

Figura 2.44: Requisito - Volúmenes vehiculares acceso a vías principales.

Fuente: RTE INEN 004.

**Volúmenes peatonales**

Se satisface este requisito cuando existen los siguientes volúmenes mínimos de vehículos y peatones durante 4 horas de cualquier día laborable:

En la vía mayor, 600 o más vehículos/h entran a la intersección (total de ambos accesos); o, si existe un parterre de 1,20 m o más de ancho, 1.000 o más vehículos/h entran a la intersección (total de ambos accesos); y,

Durante las mismas 4 horas del numeral anterior, 150 o más peatones cruzan por hora a través de la vía mayor.

Cuando la velocidad de circulación segura de la vía mayor exceda de 55 km/h, o cuando la intersección esté ubicada dentro del área urbana de una población aislada con menos de 10.000 habitantes, el requisito del volumen peatonal mínimo será el 70% de los volúmenes mencionados.

Un semáforo que se instale bajo estos requisitos en una intersección aislada, debe ser del tipo actuada por los peatones por medio de botones detectores, para que cuando éstos los presionen cambien las luces y les permita cruzar con seguridad la vía mayor.

Se permite instalar semáforos a mitad de las cuadras (semáforos intermedios), siempre y cuando se cumplan los requisitos aquí establecidos; y, que el cruce de peatones esté por lo menos a más de 50,00 m de otro cruce cercano.

Se debe prohibir los estacionamientos de vehículos 12,00 m antes y 6,00 m después del cruce de peatones.

**Cruces peatonales escolares**

Este requisito se satisface cuando en cruces utilizados predominantemente por escolares, por cada 2 horas de un día típico de asistencia a clases existen los siguientes volúmenes de tránsito:

El volumen vehicular en la vía mayor excede de 600 vehículos/h (total en ambas direcciones); y,



El volumen peatonal excede de 50 personas por hora que cruzan a través de la vía mayor.

### **Conservación de progresión**

Para mantener a los vehículos agrupados y regular la velocidad de circulación, a veces puede ser requerido la instalación de semáforos en sitios donde normalmente no son necesarios.

Esta necesidad se crea cuando:

En una vía de tránsito unidireccional o, en donde predomine el tránsito en una sola dirección y las intersecciones semaforizadas estén muy distantes entre sí, que no provean el grado necesario de agrupación y control de velocidad; o,

En una vía con tránsito en las dos direcciones, los semáforos adyacentes no provean el grado necesario de agrupación y control de velocidad y, la intersección semaforizada, adyacente con la intersección propuesta a semaforizar, pueden crear un sistema progresivo de circulación.

La instalación de semáforos de acuerdo con este requisito, estará basada en la velocidad segura de circulación normal, a menos que un estudio de tránsito indique otra velocidad que sea más deseable.

### **Frecuencia de accidentes**

Este requisito se satisface si se cumplen los siguientes parámetros:

Si pruebas adecuadas con señales de control más simples con la debida vigilancia por parte de los Agentes de Tránsito, hayan fracasado en la reducción de la frecuencia de accidentes,

Hayan ocurrido 5 o más accidentes notificados en un periodo consecutivo de 12 meses, los cuales son susceptibles a corrección con la instalación de semáforos,

Si han ocurrido 3 o más accidentes cada año durante el tiempo de 3 años consecutivos y, estos pueden ser eliminados o reducidos utilizando semáforos.

Existe un volumen de tránsito vehicular y peatonal no menor del 80% de las condiciones especificadas bajo los requisitos de: volumen vehicular mínimo, de interrupción al tránsito continuo; o, de volumen mínimo de peatones; y,

La instalación de semáforos no interrumpe a los flujos de tránsito progresivos.

Cualquier semáforo instalado únicamente basado en el requisito de frecuencia de accidentes, debe ser obligatoriamente actuado por el tránsito, con dispositivos de control que provean una coordinación si se instalan en una intersección dentro de un sistema coordinado.

### **Sistemas**

En algunas intersecciones se puede requerir la instalación de semáforos para alentar la concentración y organización de las redes de flujos de tránsito. El requisito de sistemas, se aplica cuando la intersección común de dos o más rutas principales tenga un volumen actual o proyectado de por lo menos 800 vehículos durante la hora de máxima demanda de un día laborable (preferentemente de martes a jueves); o, en cualquier periodo de 5 horas de un sábado y/o domingo.

La vía mayor de acuerdo con este requisito debe tener una o más de las siguientes características:

- Formar parte del sistema vial que sirve como red principal para los flujos de tránsito continuos,
- Enlazar áreas de gran generación de tránsito,
- Inclusive, carreteras rurales fuera de, entrando a, o atravesando una ciudad,
- Si aparece como ruta principal en un mapa oficial preparado mediante un estudio que abarque al tránsito y transporte.

### **Combinación de requisitos**

En casos excepcionales se puede justificar la instalación de semáforos aunque no se satisfaga ninguno de los requisitos mencionados, siempre y cuando 2 o más de los requisitos a, b y c se cumplan en un mínimo equivalente al 80% de lo establecido.

Siempre se debe tratar primeramente otras medidas que causen menos inconvenientes al tránsito antes de instalar semáforos bajo este requisito.

## TIPOS DE SEMÁFOROS

### Semáforos vehiculares

Están compuestos principalmente de 3 módulos y si se requieren giros pueden ser hasta de seis.



**Figura 2.45: Semáforos vehiculares**

**Fuente: RTE INEN 004**

Éstos semáforos tienen tres colores: rojo, amarillo o ámbar y verde.

La luz roja con lente circular quiere decir que el tránsito vehicular frente a esta luz debe detenerse atrás de la línea de pare. Los peatones frente a un semáforo vehicular en luz roja fija paralelo al sentido de circulación vehicular, no deben ingresar a la calzada, no tienen derecho de paso.

Flecha roja fija, significa que el tránsito vehicular que vira en el sentido de la flecha, debe detenerse atrás de la línea de pare.

La luz intermitente roja es similar a las señal de Pare, los conductores frente a esto deben detenerse y proseguir con precaución.

La cual funciona con un plan de especial programado dependiendo del volumen de transito.

Luz amarilla o ámbar fija, indica que el paso dado por la luz verde se termina y que la luz roja se encenderá. El conductor debe detenerse en la línea de Pare.

Igualmente los peatones no deben iniciar el cruce de la calzada.

Flecha amarilla fija, significa lo mismo que la luz amarilla fija, se aplica solamente al tránsito vehicular que circula en dirección de la flecha.

La luz amarilla intermitente, su significado es similar a una señal vertical de Ceda el Paso; los conductores frente a estas luces, pueden proseguir a través de la intersección si no existe peligro de colisión o atropello con otro vehículo o peatón. Se aplica la regla: vehículo que se aproxima por la derecha tiene derecho de paso. También esta luz debe utilizarse como señales de emergencia en caso de falla del controlador.

La luz verde fija, significa que el tránsito vehicular frente a esta luz, debe circular recto, virar a la derecha o izquierda, a menos que una señal vertical u horizontal indique prohibición de estos virajes. El tránsito que vira a la derecha o izquierda, debe ceder el derecho de paso a otros vehículos y a los peatones si es que existe peligro de colisiones o atropellos.

Los peatones frente a esta luz verde pueden cruzar la calzada en paralelo a los movimientos vehiculares.

Flecha verde fija, significa que el tránsito vehicular puede circular en el sentido de dirección de la flecha.

### **Semáforos peatonales**

Estos semáforos pueden disponer de lentes de forma rectangular, cuadrados o circulares, que se utilizan con el propósito de controlar con seguridad los cruces de peatones a través de una calzada. Pueden ser de uno o dos cuerpos, deben ser ubicados verticalmente con la figura en color verde en la parte inferior y en la superior la figura de color rojo; los de un solo cuerpo deberán tener las dos luces verde y rojo. Estos semáforos se clasifican en:

- Imágenes dinámicas: representadas por imágenes en movimiento.

- Imágenes fijas: representadas por la figura del hombre caminado en color verde y la figura de la mano en señal de pare.



**Figura 2.46: Semáforos peatonales.**

**Fuente: RTE INEN 004**

La figura del hombre caminando significa que el peatón puede continuar.

La figura de la mano color rojo o de hombre parado significa que el peatón no debe cruzar la calzada.

### **Tamaño y diseño de los lentes de los semáforos.**

Pueden ser de dos tamaños cuando la velocidad de aproximación es igual o menor de 60 km/h, se debe utilizar semáforos con lentes de 200 mm. Si la velocidad de aproximación es mayor de 60 km/h, se debe utilizar semáforos con lentes de 300 mm y ubicados en báculos.

Previo estudio técnico, se podrá utilizar semáforos con la luz roja con lente de 300 mm y luz amarilla o ámbar, y verde con lente de 200 mm.

Las señales de arranque y maniobra normalmente se requiere que sean visibles a distancias pequeñas que raramente superan los 40 m, por lo que generalmente semáforos con lentes de 200 mm son adecuados.

**Secuencia de encendido de luces**

El orden en la que se inician el encendido de las luces de los semáforos es la siguiente secuencia:

- En semáforos vehiculares: amarillo intermitente-todo rojo-secuencia programada.
- En semáforos peatonales con imágenes fijas: rojo intermitente- secuencia programada.
- En semáforos peatonales con imágenes dinámicas: rojo intermitente- secuencia programada.

**Secuencia de operación de luces**

El orden en la que se encienden y apagan las luces de los semáforos, deben tener la siguiente secuencia:

- En semáforos vehiculares: verde-amarillo-rojo-verde.
- En semáforos peatonales con imágenes fijas: verde-rojo intermitente-rojo fijo-verde.
- En semáforos peatonales con imágenes dinámicas: verde y cronometro-rojo fijo-verde y cronometro.

El material debe ser de policarbonato o de mejores características.

## Ubicación de los semáforos

Sin parterre.

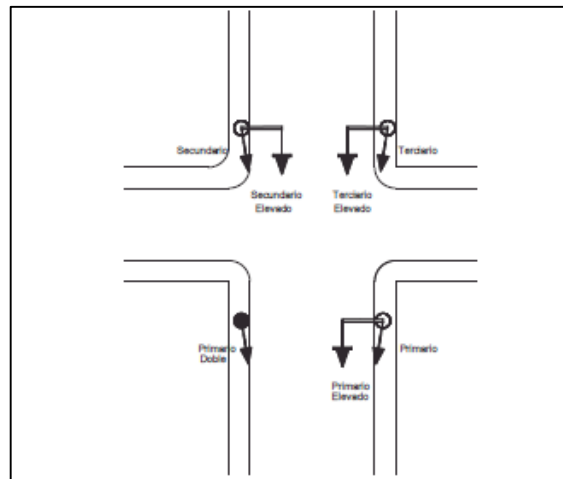


Figura 2.47: Ubicación de semáforos sin parterre

Fuente: RTE INEN 004

Con Parterre

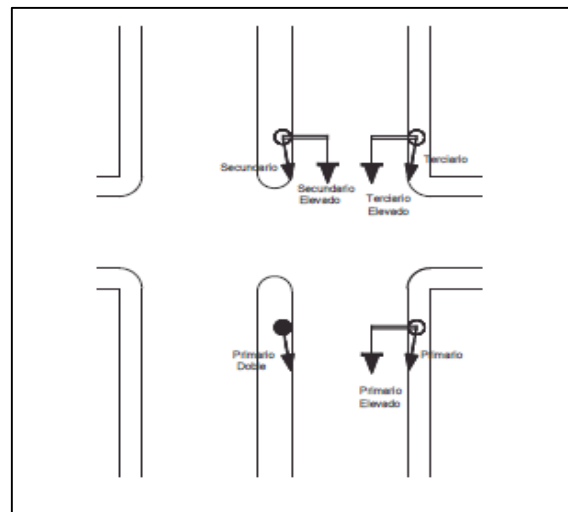


Figura 2.48: Ubicación de semáforos con parterre

Fuente: RTE INEN 004

## Funciones de los semáforos

Función de aviso: para alertar a los conductores que se aproximan a una zona de precaución como: intersección o cruce, túneles, zonas escolares, etc.

Función de parada: para informar con suficiente anticipación a los conductores que se aproximan a una intersección o cruce, de la línea de parada donde es requerido que se detengan.

Función de arranque: para informar a los conductores detenidos en la línea de parada, cuando pueden proseguir.

Función de maniobra: para informar a los conductores dentro de la intersección, de cualquier prioridad o restricción asignada para ellos.

Funciones de los semáforos de acuerdo a su ubicación.

| Ubicación del semáforo | Funciones principales |        |          |          |
|------------------------|-----------------------|--------|----------|----------|
|                        | Aviso                 | Parada | Arranque | Maniobra |
| Primario               | Si                    | Si     | **       | **       |
| Secundario             | *                     | *      | Si       | Si       |
| Terciario              | *                     | *      | Si       | Si       |
| Primario Doble         | Si                    | Si     | **       | **       |
| Primario elevado       | Si                    | Si     | **       | **       |
| Secundario elevado     | *                     | *      | Si       | *        |
| Terciario elevado      | *                     | *      | Si       | *        |

**Figura 2.49: Funciones de los semáforos**

**Fuente:** RTE INEN 004

A continuación se indica las distancias mínimas de visibilidad desde la línea de parada, que se desean que proporcionen los semáforos en los acercamientos de acuerdo a la velocidad de aproximación.

| VELOCIDAD DE APROXIMACION | MANIOBRA<br>m | FUNCIONES DE LOS SEMAFOROS |             |            |
|---------------------------|---------------|----------------------------|-------------|------------|
|                           |               | ARRANQUE<br>m              | PARADA<br>m | AVISO<br>m |
| 50 km/h                   | 0,00          | 3,00                       | 80,00       | 130,00     |
| 80 km/h                   | 0,00          | 3,00                       | 120,00      | 170,00     |

**Figura 2.50: Distancias de visibilidad del conductor con relación al semáforo**

**Fuente:** RTE INEN 004



Figura 2.51: Símbolos.

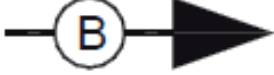
| SEMAFORO                                                                          | CÓDIGO | SIMBOLO                                                                              | TAMANO                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
|  | S1     |    | 3/200                                |
|                                                                                   | S2     |    | 1/300 + 2/200                        |
|                                                                                   | S2-1   |    | 3/300                                |
|                                                                                   | S3     |     | Semáforo peatonal                    |
|                                                                                   | S1-G   |   | Semáforo con viraje<br>3/200         |
|                                                                                   | S2-G   |  | Semáforo con viraje<br>1/300 + 2/200 |
|                                                                                   | S3-G   |  | Semáforo con viraje<br>3/300         |
|                                                                                   | SF-T   |  | Semáforo<br>tren/tramvía             |
|                                                                                   | SC     |  | Semáforo ciclovía                    |
|                                                                                   | SB     |  | Semáforo bus                         |

Figura 2.51: Símbolos.(continuación)

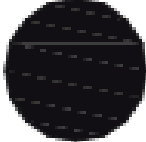
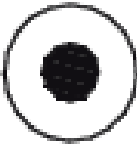
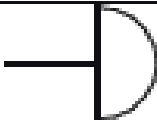
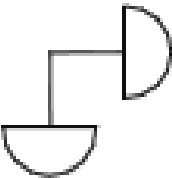
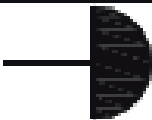
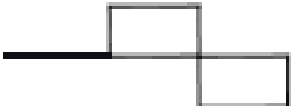
|  |      |                                                                                      |                               |
|--|------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
|  | SS-A |     | Dispositivo acústico          |
|  | RT   |     | Regulador de tránsito         |
|  | RZ   |     | Central de zona               |
|  | CT   |    | Centro de control de tránsito |
|  | T1   |    | Columna vehicular             |
|  | T2   |  | Báculo o ménsula              |
|  | T3   |   | Columna peatonal              |
|  | P1   |  | Portico                       |
|  | SE   |   | Poste y/o acometida eléctrica |

Figura 2.51: Símbolos.(continuación)

|  |     |                                                                                      |                             |
|--|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
|  | PP1 |     | Botón peatonal              |
|  | PP2 |     | Botón peatonal doble        |
|  | PP3 |     | Botón peatonal audio táctil |
|  | PP4 |     | Botón peatonal solo táctil  |
|  | TT  |   | Conexión toma a tierra      |
|  | DI  |  | Detector intrusivo          |
|  | DNI |   | Detector no intrusivo       |
|  | CR  |   | Caja de revisión            |
|  | D   |  | Ducto de semafización       |

Fuente: RTE INEN 004

| UBICACIÓN<br>(Número) | FUNCIÓN  |
|-----------------------|----------|
| 1                     | Aviso    |
| 2                     | Parada   |
| 3                     | Arranque |
| 4                     | Maniobra |

Figura 2.52: Funciones.

Fuente: RTE INEN 004.

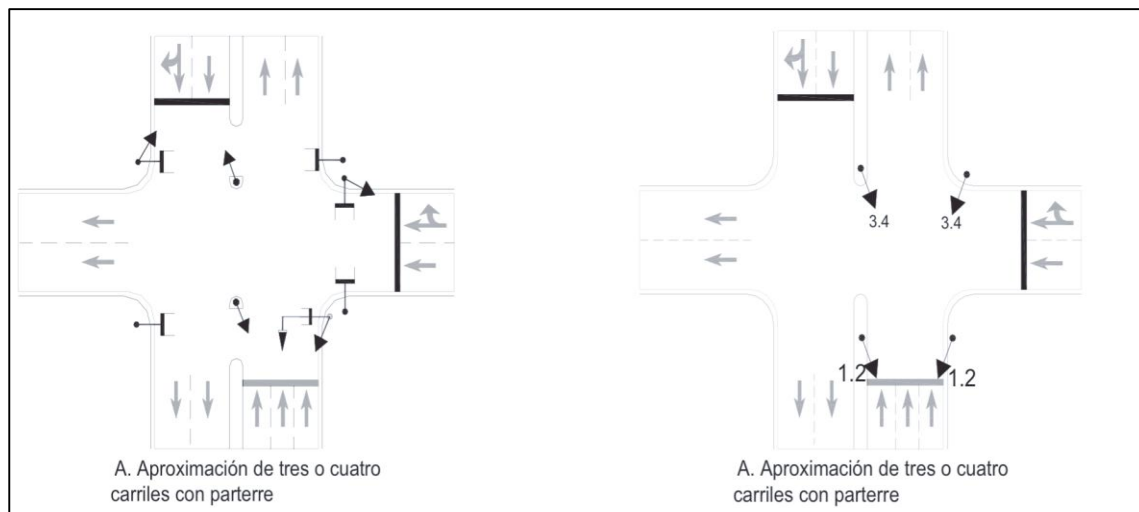


Figura 2.53: Algunos ejemplos de ubicación y funciones de semáforos.

Fuente: RTE INEN 004

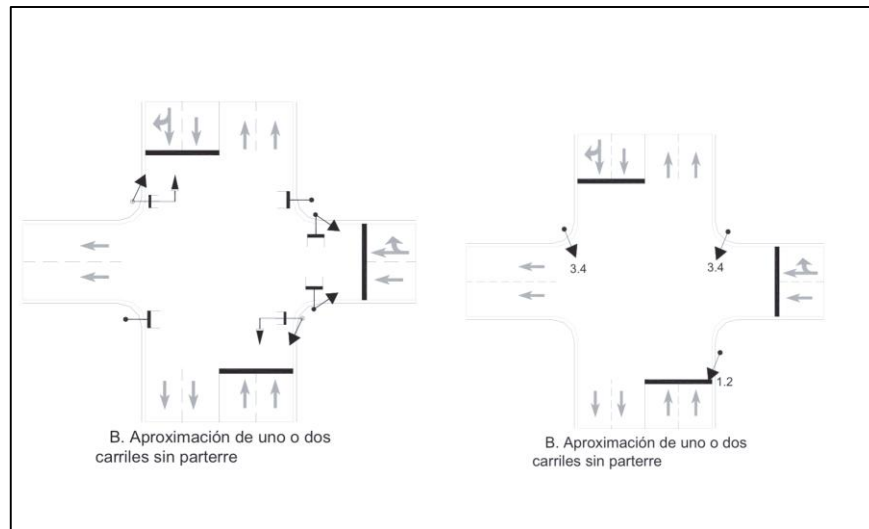


Figura 2.54: Algunos ejemplos de ubicación y funciones de semáforos.

Fuente: RTE INEN 004.

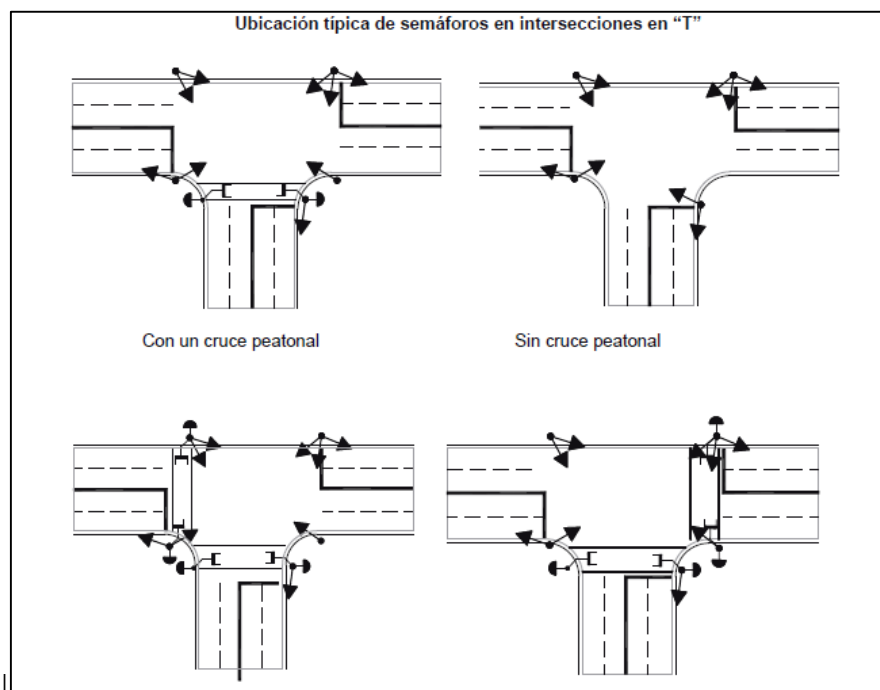


Figura 2.55: Algunos ejemplos de ubicación y funciones de semáforos.

Fuente: RTE INEN 004.

### **Número mínimo de exhibición de luces**

Los requerimientos funcionales de aviso, parada, arranque y maniobra, son satisfechos con la instalación mínima de dos semáforos por sentido de circulación en cada intersección; siempre que sea posible, a cada semáforo se lo debe utilizar para que realice más de una función.

- Cuando la geometría de la intersección u otros factores especiales lo requieren, se debe utilizar 3 o más semáforos en cada aproximación, pero nunca menos de 2 semáforos por sentido; esto, además provee de un grado limitado de seguridad en caso de falla individual de algún foco o conjunto de LED'S.
- El número mínimo de exhibición de luces para movimientos de viraje es de dos. Para virajes a la izquierda los semáforos deben colocarse en los lugares primario doble y secundario (o como primario doble elevado o secundario elevado). Para movimientos de viraje a la derecha, los semáforos deben ser ubicados en los lugares primario y terciario (Primario elevado o terciario elevado).
- Si el movimiento de viraje es detenido cuando la señal circular verde se enciende, debe proveerse de semáforos con flechas para los movimientos de viraje a la izquierda en lugares primario doble y secundario, (o como semáforos elevados si existe esta facilidad). Igualmente para virajes a la derecha, debe proveerse señales de flechas en lugares primarios y terciarios (En posiciones elevadas si existe esta facilidad).

### **Semáforos primarios dobles**

Un semáforo primario doble normalmente se instala cuando existe un parterre con ancho suficiente y:

- Existen dos o más carriles de aproximación y / o
- Existen semáforos con flechas de virajes a la izquierda.
- En vías sin parterre de 3 o más carriles de aproximación.

## **Semáforos elevados**

Se debe ubicar:

- Donde la distancia de visibilidad de parada del semáforo instalado en un poste normal es inadecuada; ejemplo: debido al alineamiento vertical u horizontal, árboles, postes de alumbrado eléctrico, mobiliario urbano, etc.
- Cuando la calzada de aproximación es demasiado ancha.

## **Ubicación de semáforos elevados**

La ubicación óptima de un semáforo elevado es el primario(ver figura 49) esto suministra:

- La distancia de visibilidad más grande en la aproximación a la línea de parada; y,
- Funciones de aviso y parada cuando se requiere semáforos primarios doble, pero éstos no pueden ser provistos,
- Donde se requiera funciones de arranque y/o maniobra adicionales y si existe una distancia de visibilidad adecuada, puede utilizarse un semáforo elevado secundario en vez de un semáforo elevado primario; ejemplo: si no existe semáforo secundario en un parterre o para exhibición adicional de flecha de viraje a la izquierda cuando no existe semáforo primario doble.

Para reducir costos cuando se requieran dos semáforos elevados en cada aproximación, semáforos primarios y secundarios para aproximaciones opuestas deben ser instalados en el mismo poste báculo.

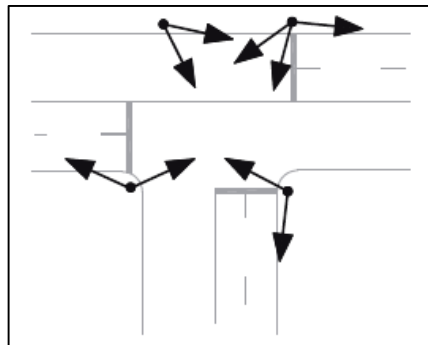
## **Ubicación longitudinal**

Intersecciones en cruz.

- Semáforos primarios: se instalan en postes ubicados al lado derecho, preferentemente entre la zona peatonal y la línea de pare, de no existir zona peatonal éste se debe ubicar a máximo 3,00 m de la proyección del bordillo del sentido transversal. No se deben instalar antes de la línea de pare. En una isla

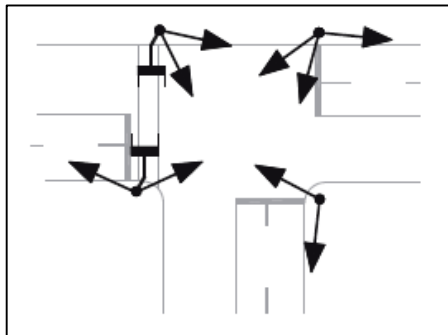
canalizadora de tránsito los postes deben instalarse a una distancia mínima de 1,20 m medidos desde el inicio hacia el interior de esta.

- Semáforos primarios dobles: se instalan en postes ubicados al lado izquierdo, preferentemente entre la zona peatonal y la línea de pare, de no existir zona peatonal este se debe ubicar a máximo 3,00 m de la proyección del bordillo del sentido transversal. No se deben instalar antes de la línea de pare. En una isla canalizadora de tránsito los postes deben instalarse a una distancia mínima de 1,20 m medidos desde el inicio hacia el interior de ésta.
- Semáforos secundarios: se instalan en los postes ubicados al lado izquierdo pasando la intersección.
- Semáforos terciarios: se instalan en los postes ubicados al lado derecho pasando la intersección.



**Figura 2.56: Ubicación de semáforos en intersecciones en T sin cruces peatonales.**

**Fuente: RTE INEN 004.**



**Figura 2.57: Ubicación de semáforos con cruce peatonal a la izquierda**

**Fuente: RTE INEN 004**



### Otro mobiliario urbano vial

Para reducir excesos en el mobiliario urbano, donde sea posible, alumbrado público y semáforos deberían ser colocados en un mismo poste o estructura, bajo un convenio de “uso compartido” con la empresa eléctrica local u otras empresas.

Igualmente, el uso de postes comunes para señales informativas y semáforos debe incentivarse.

Un espaciamiento mínimo de 1,00 m debe establecerse entre un semáforo con otro mobiliario urbano vial de tal manera de mantener una optima visibilidad.

**Altura de montaje:** la altura de montaje es medida desde el nivel de la acera o calzada hasta la parte inferior del cuerpo del semáforo, para semáforos vehiculares debe ser mínimo de 3,00 m, donde se requiera que el semáforo sea visible dentro de 20,00 m (ejemplo: algunos semáforos de arranque o maniobra), la altura de montaje de todos los semáforos para esa exhibición puede ser reducido a 2,40 m, para semáforos peatonales, la altura de montaje debe ser de 2,40 m.

Semáforos elevados deben ser anclados a una altura de 5,30 m a 5,80 m desde la superficie de la calzada a la parte inferior de la pantalla de respaldo del semáforo. Una altura mayor o menor al rango establecido, significaría que el semáforo elevado estaría localizado fuera de la línea de visibilidad del conductor.

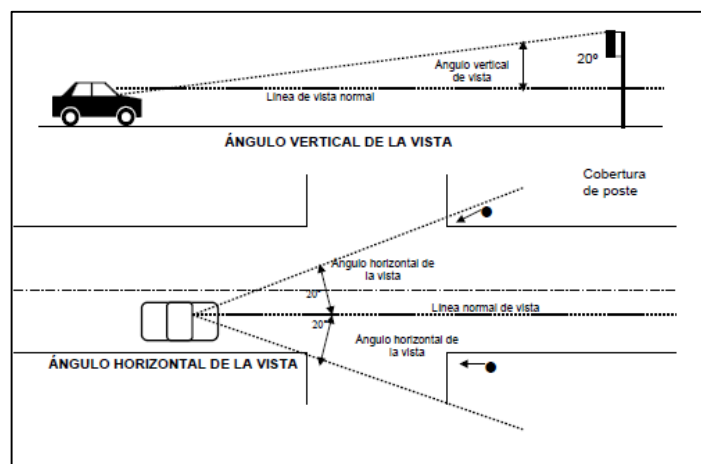
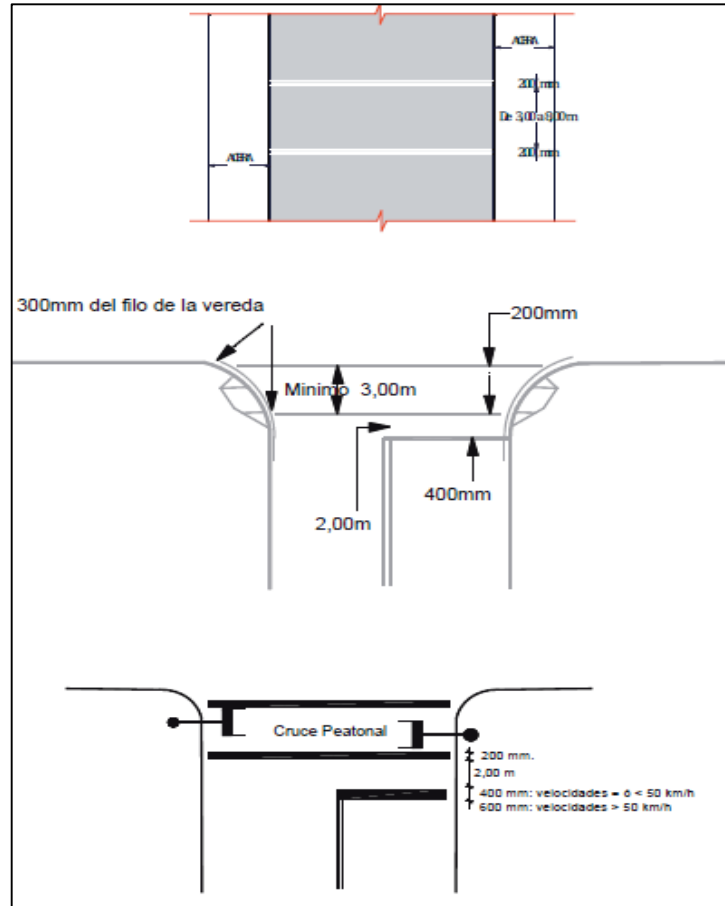


Figura 2.58: Ejemplo altura de montaje.

Fuente: RTE INEN 004.



500 mm por cada 250 peatones por hora, hasta alcanzar un máximo de 8,00 m. Para estos efectos, el flujo peatonal debe calcularse como el promedio de las 4 horas de mayor demanda peatonal



**Figura 2.61: Señalización horizontal en semaforización.**

**Fuente:** RTE INEN 004.



## **Ingeniería de tránsito**

Busca optimizar el uso de la infraestructura y la seguridad para peatones y vehículos, así mismo evaluar a través de los estudios de tránsito el comportamiento del flujo vehicular y explicarlos por medio de modelos matemáticos que incluyan las variables de tránsito como velocidad, densidad y volumen.

El planeamiento de tráfico es la rama de la ingeniería relacionada con técnicas estadísticas, matemáticas y urbanísticas; encaminadas a optimizar la circulación de personas, bienes y mercancías usando proyecciones a mediano, corto y largo plazo, que conlleva a la distribución de los tiempos de verde acorde a las demandas de tránsito vehicular y peatonal, en las intersecciones semaforizadas.

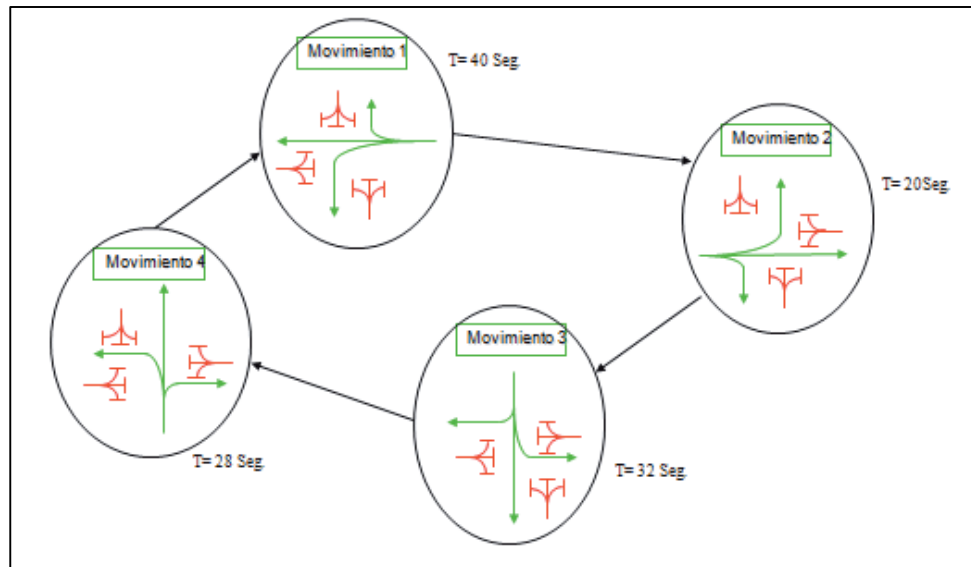
Son producto del planeamiento de tránsito:

- El diseño de los planes de señales el cual involucra el tiempo de ciclo, cantidad de fases, distribución de fases, tiempos de rojo, tiempos de transición y tiempos de verde.
- Los tiempos de seguridad que es la generación de la matriz de conflictos, calculo de los tiempos intermedios y la matriz de tiempos intermedios, ver norma RILSA mientras no exista norma INEN.
- Diagramas de coordinación, es la elaboración de diagramas Espacio Vs Tiempo el cual incluye las distancias entre intersecciones, velocidad de progresión y cálculo de desfasajes en un corredor vial determinado.
- Los movimientos son las trayectorias permitidas en una intersección semaforizada para un vehículo o peatón.

## **Modos de operación**

### **Tiempos fijos**

Un controlador opera a tiempo fijo cuando el tiempo de permanencia en cada uno de los estados de la secuencia es inalterable. En este modo el tránsito no influencia la secuencia del controlador.

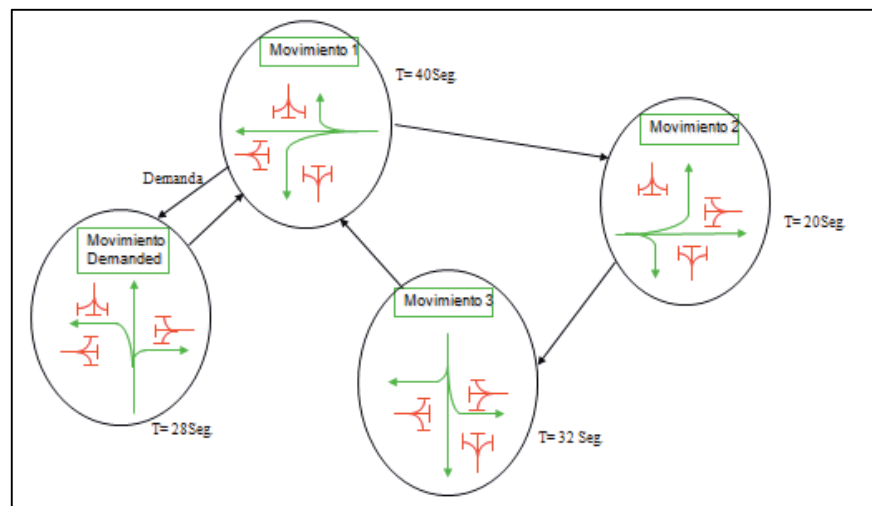


**Figura 2.63: Controlador de tiempo fijo.**

**Fuente: RTE INEN 004.**

### Semi- actuado

La operación demandada permite la inclusión o exclusión de uno o más estados dentro de la secuencia, siendo estos estados de tiempo fijo. Cuando todos los estados son invocados por medio de demandas, se dice que el controlador es totalmente demandado.

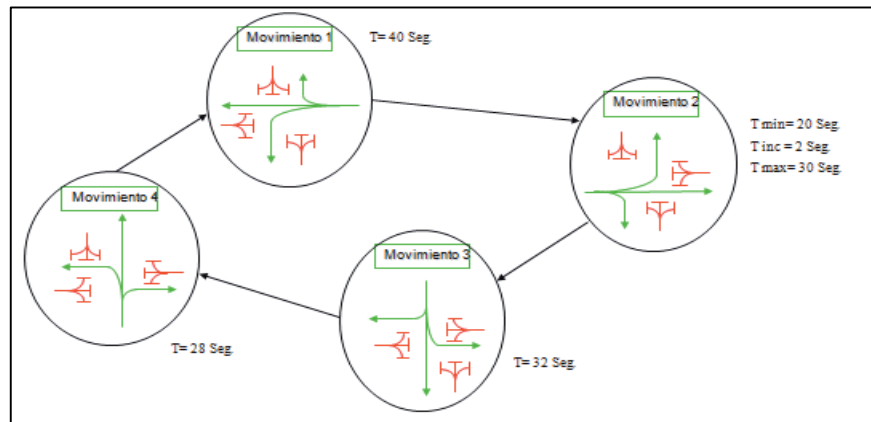


**Figura 2.64: Controlador semi-actuado.**

**Fuente: RTE INEN 004.**

## Actuado

Un controlador trabaja actuado, cuando el tiempo asignado a uno o más estados no son fijos, sino que dependen del volumen de tránsito sobre las arterias en donde están instalados los sensores. Cuando todos los estados son variables, el controlador es totalmente actuado.



**Figura 2.65: Controlador actuado.**

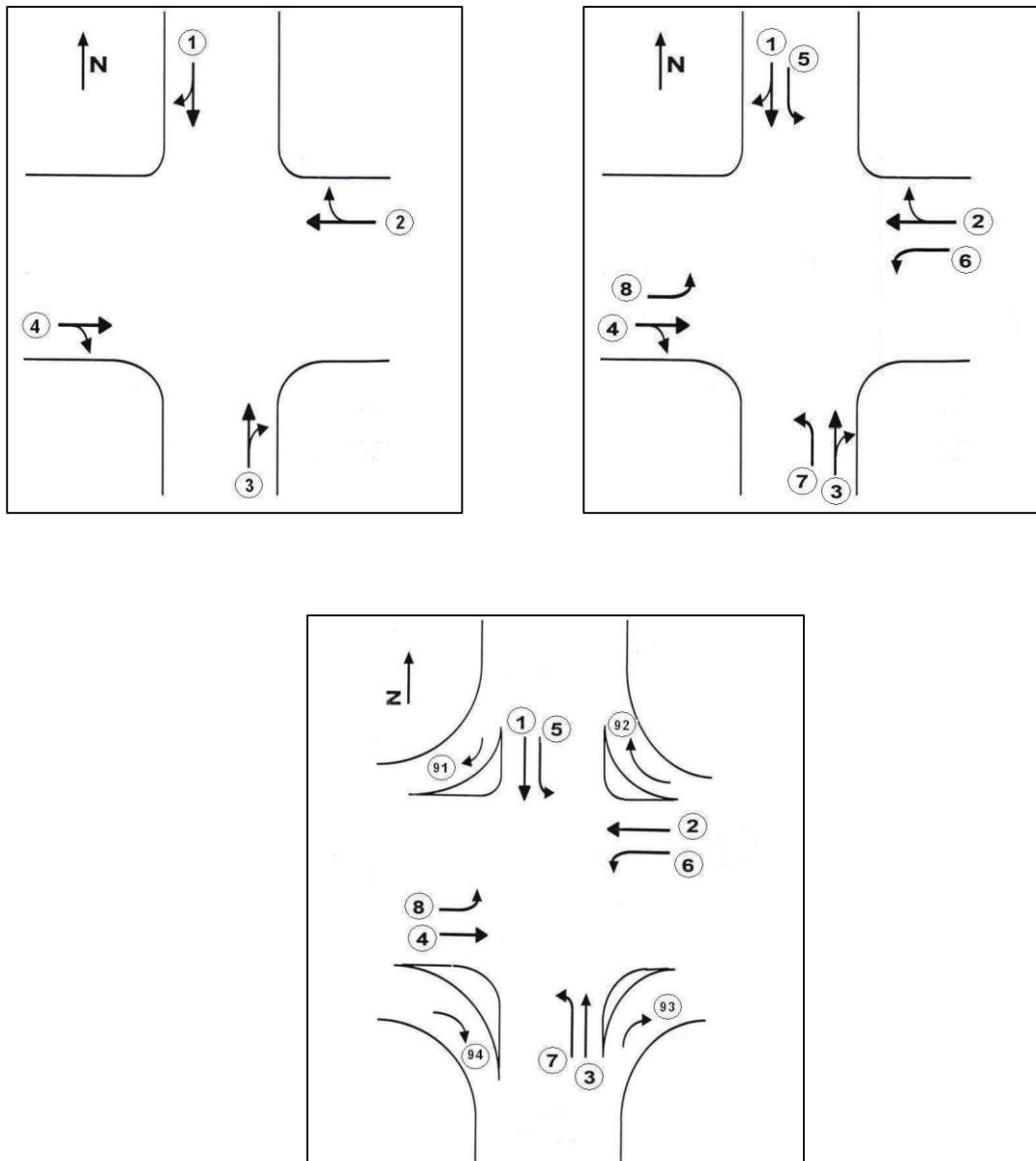
**Fuente:** RTE INEN 004.

## Descripción y denominación de movimientos

Son las trayectorias permitidas en una intersección semaforizada para un vehículo o peatón.

Los movimientos se agrupan en forma numérica a partir del norte en el sentido de las manecillas del reloj; la representación grafica para el vehicular en un círculo y el peatonal en un rectángulo.

- Vehículos provenientes del Norte dirigidos al Sur: Grupo 1
- Vehículos provenientes del Este dirigidos al Oeste: Grupo 2
- Vehículos provenientes del Sur dirigidos al Norte: Grupo 3
- Vehículos provenientes del Oeste dirigidos al Este: Grupo 4



**Figura 2.66:**Ejemplo grupos semafóricos.

**Fuente:** RTE INEN 004.

Para los grupos peatonales se antecederá al grupo principal un número 2 y su paralelo al grupo principal de un número 3.



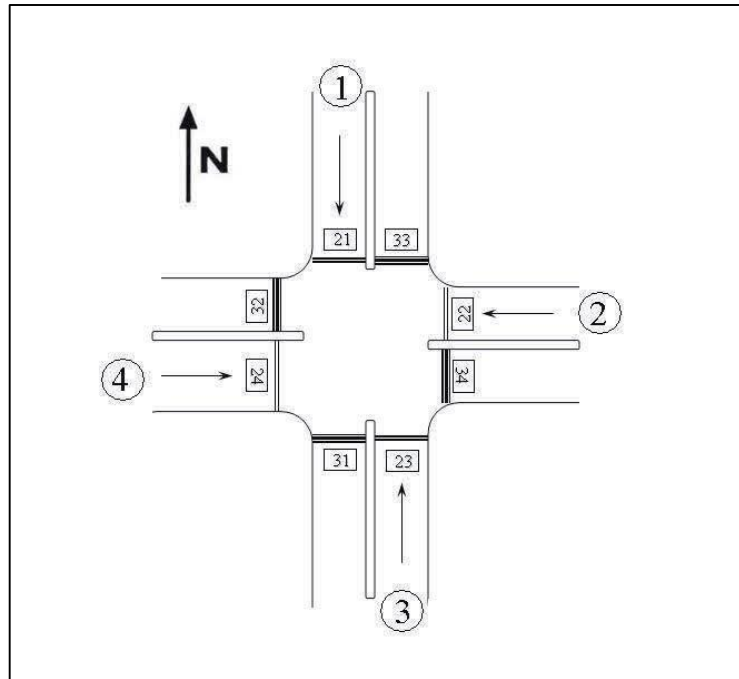


Figura 2.67: Ejemplo grupos semafóricos peatonales.

Fuente: RTE INEN 004.

### Movimientos y fases

A cada trayectoria posible del flujo vehicular, se le denomina movimiento. En una intersección típica, cada aproximación o brazo de la intersección puede acomodar 4 movimientos:

- Vehículos que viajan recto.
- Vehículos que viran a la derecha.
- Vehículos que viran a la izquierda.
- Vehículos que viran en U; siempre y cuando una señal vertical lo permita. (de acuerdo con el estudio de ingeniería de tránsito)

En una intersección simple de 4 aproximaciones, existe un total de 12 movimientos, 3 movimientos en cada aproximación.

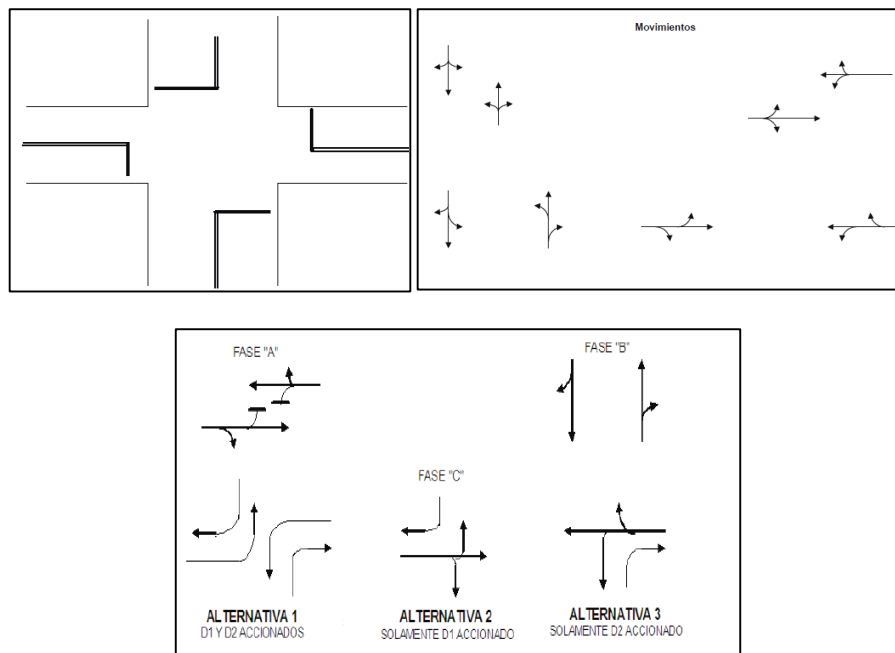
A pesar de que es posible dar una cantidad de tiempo a cada movimiento y controlarlos separadamente, lo mejor es agruparlos en movimientos compatibles a los cuales se les denominan “fases”.

La fase, es el parámetro que usa el control para compartir el tiempo obtenible entre los varios movimientos.

En la práctica, solamente puede estar funcionando una fase en cada tiempo. A las fases se les denomina con las letras mayúsculas del abecedario: "A", "B", "C", "D", etc; y, en los casos simples se las mantiene en orden alfabético.

Una fase puede consistir de un grupo de movimientos no conflictivos; o, alternativamente, cuando el derecho de vía ha sido definido por la ley, por movimientos conflictivos.

Cuando una fase contiene movimientos conflictivos, entonces estos movimientos están obligados a dar derecho de vía y se les conoce como "movimientos filtrados". Estos movimientos se admiten si el volumen de tránsito es bajo.



**Figura 2.68:**Ejemplo fases.

**Fuente:** RTE INEN 004.

La selección del diseño de fases para una intersección particular, dependerá de las tendencias de los flujos vehiculares y peatonales en cada movimiento; sin embargo, se debe aplicar los siguientes lineamientos generales a cualquier diseño de fases.

- El número de fases debe ser mínimo posible para maximizar el uso del tiempo,
- Debe permitirse funcionar en cada fase el máximo número de movimientos posibles,
- Una fase preferiblemente deberá consistir de movimientos no conflictivos.

### **Grupos de señales**

La forma actual de controlar a los flujos vehiculares y peatonales dependiendo de sus características, es a través de semáforos.

Todo semáforo que tenga una secuencia de color rojo, amarillo y verde se le llama grupo de señal, y debe consistir de señales redondas completas o flechas. Un cierto grupo de señal puede controlar un solo movimiento, como por ejemplo: un movimiento de viraje a la izquierda, o una o más aproximaciones. Normalmente, la operación de los grupos de señal están unidos a las fases; por lo tanto, ciertos grupos de señales son verdes en ciertas fases.

En el caso más simple de 2 fases, la fase "A" tendrá un grupo de señal y la fase "B" otro grupo de señal. En controles más complejos, los grupos de señal pueden estar asociados a las fases en forma suelta o en algunos casos los grupos de señal pueden operar independientemente de las fases.

Los grupos de señal de fases relacionadas son identificadas por la fase o fases en las cuales ellos son verdes; por ejemplo: "A", "B"; "B-C", etc. Cuando un grupo de señal es verde en más de una fase y se mantiene en verde cuando el controlador cambia de una fase a otra, entonces se dice que el grupo de señal se superpone a la fase y se le llama grupo de "señal superpuesta".

A los grupos de señal superpuestos se les identifica separando las letras de las fases por una línea oblicua, ejemplo: "A/B", "C/D", etc.

A más de los grupos de señal de fases sobrepuestas, existen otros tipos de grupos de señales (generalmente flechas), cuya operación está condicionada a un número de factores. Estos grupos de señales son identificados por la fase o fases en las cuales son verdes.

### Partes de una fase

Una fase está compuesta por 2 partes principales: la parte verde y la parte de desalojo.

La parte verde es dividida por el controlador de semáforos en 4 periodos de tiempos secuenciales:

- Arranque o comienzo retrasado,
- Verde mínimo,
- Verde inicial variable,
- Descanso.

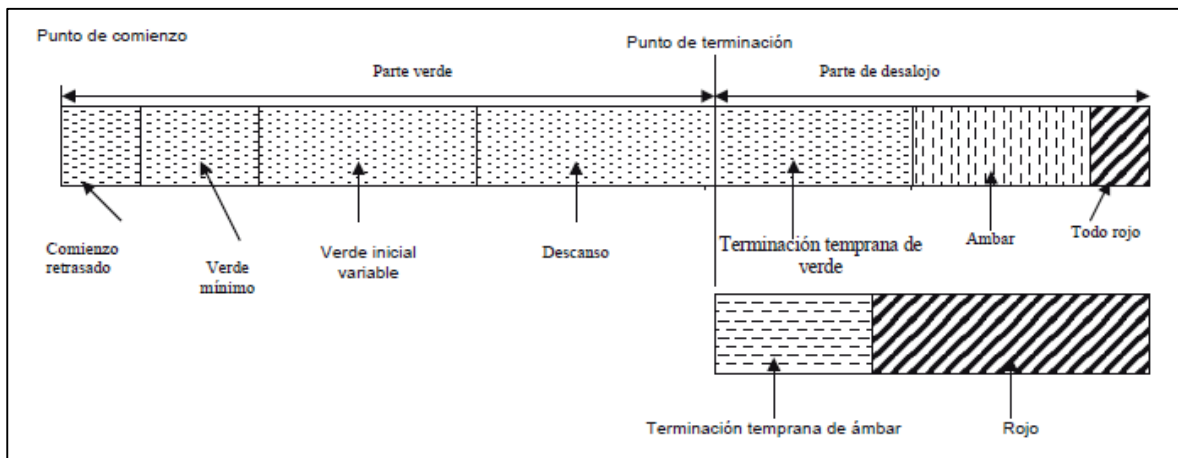


Figura 2.69:Partes de una fase.

Fuente: RTE INEN 004.

## 2.5 Capacidad y niveles de servicio

### 2.5.1 Conceptos básicos

#### 2.5.1.1 Capacidad vial

Según (Cárdenas Grisales & Y Mayor, 2007) La demanda del tránsito presente y futura se considera una cantidad conocida. Teóricamente la capacidad ( $q_{max}$ ) se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una carretera o calle. En este caso utilizamos una fracción de tiempo de 15 minutos para el análisis de capacidad.

Existen algunas condiciones que modifican la capacidad que son:

- Condiciones de la infraestructura vial: son las características físicas como carril doble o simple, obstrucciones, velocidad y tipo de terreno.
- Condiciones de Tránsito: distribución del tránsito en tiempos y espacio y su composición en este caso vehículos livianos, pesados, buses y dos ruedas-
- Condiciones de control: hace referencia a los dispositivos del control del tránsito.

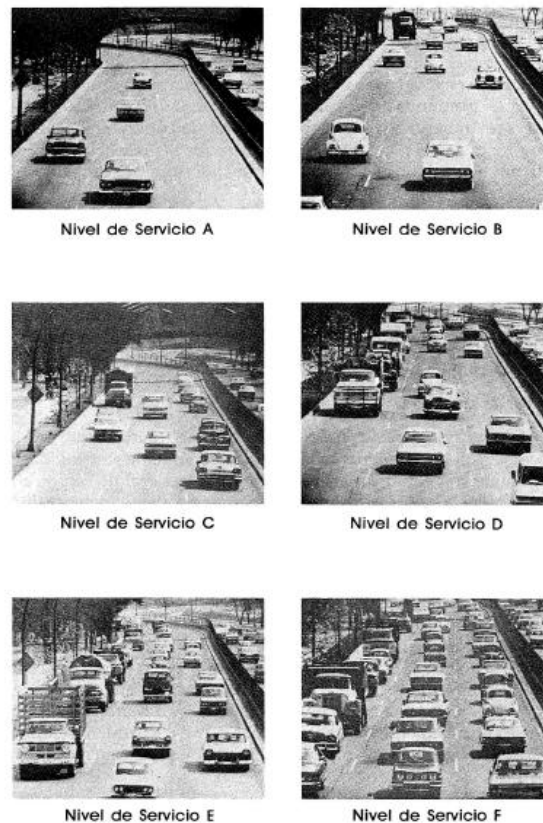
#### 2.5.1.2 Nivel de servicio

Medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular y su percepción de los usuarios.

El Manual de Capacidad de Carreteras 2000 ha establecido seis niveles de servicio:

- Nivel de servicio A: representa una condición de flujo libre.
- Nivel de servicio B: está dentro del rango de flujo estable. Disminuye la libertad de maniobra.
- Nivel de servicio C: pertenece al flujo estable, pero empieza a verse el dominio en el que la operación de los usuarios individuales se ve afectada por las maniobras de los otros usuarios.
- Nivel de servicio D: representa una circulación de densidad elevada. La velocidad y libertad de maniobra quedan restringidas.

- Nivel de servicio E: el funcionamiento está en el o cerca del límite de su capacidad. La velocidad se reduce a un nivel bajo.
- Nivel de servicio F: representa condiciones de flujo forzado. La cantidad del tránsito llega a un punto en el cual excede la cantidad que puede pasar por él.



**Figura 2.70: Nivel de Servicio en condiciones de circulación continua**

**Fuente: Cal y Mayor (2007)**

### 2.5.2 Criterios de análisis de capacidad y niveles de servicio

Existen factores externos e internos los primeros son físicos pueden ser medidos en una hora conveniente, los internos tienen que ser medidos en la hora de máxima demanda en el cual se analiza por ejemplo el FHMN que se detalló anteriormente.

Por lo general no se hacen estudios de capacidad para determinar la cantidad máxima de vehículos que puede alojar una vía, se hacen estudios para determinar el nivel de servicio o la tasa de flujo. En función del nivel de servicio estará el número de vehículos por unidad de tiempo que puede admitir la carretera, el principal factor usado para identificar el nivel de servicio usado actualmente es la densidad para casos de circulación continua y demora para casos de circulación discontinua en cualquiera de los casos para valorar el grado de utilización se analiza la relación entre el flujo y la capacidad  $q/q_{max}$ .

La metodología que se emplea para el cálculo de niveles de servicio de intersecciones no semaforizadas es la proporcionada por el capítulo 16 de la ( HCM 2000, 2000). En la cual se detalla los siguientes valores de demora para la asignación de los niveles de servicio.

La demora es el tiempo de viaje perdido debido a fricciones del tránsito y dispositivos para el control del tránsito ( HCM 2000, 2000).

**TABLA 2.81: NIVEL DE SERVICIO SEGÚN DEMORAS DE TIEMPO PARADO POR VEHICULO EN INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS.**

| <b>Niveles de servicio</b> | <b>Demoras de tiempo parado por vehículo(s)</b> |
|----------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>A</b>                   | menores de 10                                   |
| <b>B</b>                   | mayores de 10 y menores de 15                   |
| <b>C</b>                   | mayores de 15 y menores de 25                   |
| <b>D</b>                   | mayores de 25 y menores de 35                   |
| <b>E</b>                   | mayores de 35 y menores de 50                   |
| <b>F</b>                   | mayores de 50                                   |

**Fuente: HCM 2000, CAP 16**

De igual manera el capítulo 16 del “Highway Capacity Manual 2000” proporciona los parámetros necesarios para calcular el nivel de servicio. El indicador principal es el promedio de las demoras uniforme  $d_1$ , demora incremental  $d_2$ , demora por cola inicial  $d_3$  se calcula la demora en cada acceso y luego la de la intersección. Los criterios para asignación de los niveles de servicio son los siguientes:

**TABLA 2.82: NIVEL DE SERVICIO SEGÚN DEMORAS DE TIEMPO PARADO POR VEHICULO EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.**

| <b>Niveles de servicio</b> | <b>Demoras de tiempo parado por vehículo(s)</b> |
|----------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>A</b>                   | menores de 10                                   |
| <b>B</b>                   | mayores de 10 y menores de 20                   |
| <b>C</b>                   | mayores de 20 y menores de 35                   |
| <b>D</b>                   | mayores de 35 y menores de 55                   |
| <b>E</b>                   | mayores de 55 y menores de 80                   |
| <b>F</b>                   | mayores de 80                                   |

**Fuente:** HCM 2000, CAP 16

## 2.6 Señalización

El siguiente capítulo está basado en el reglamento técnico ecuatoriano INEN 004 de señalización vial. El cual nos dice que los dispositivos de control de tránsito informan a los usuarios de las regulaciones y dan prevención y guías necesarias para la operación segura, uniforme y eficiente de todos los elementos del flujo de tránsito.

El siguiente resumen contiene los principios básicos que determinan el diseño y uso de los dispositivos de control de tránsito en las diferentes calles y avenidas ya que es importante un uso correcto de las señales.

### 2.6.1 Señalización vertical

El siguiente capítulo está basado en el reglamento técnico ecuatoriano INEN 004 de señalización vial. El cual nos dice que los dispositivos de control de tránsito informan a los usuarios de las regulaciones y dan prevención y guías necesarias para la operación segura, uniforme y eficiente de todos los elementos del flujo de tránsito.

El siguiente resumen contiene los principios básicos que determinan el diseño y uso de los dispositivos de control de tránsito en las diferentes calles y avenidas ya que es importante un uso correcto de las señales.



## Definiciones

**Dispositivo de control de tránsito:** es cualquier señal horizontal o vertical semáforo u otro elemento instalado por una autoridad pública que tiene jurisdicción, con el propósito de regular, prevenir o guiar a los usuarios viales.

**Línea de ceda el paso:** señal en las calzadas antes de las intersecciones para indicar a los conductores el sitio donde deben detenerse si son requeridos, acatando los dispositivos de señalización.

**Paso elevado:** cruces peatonales, vehiculares o ferroviarios que pasan sobre el nivel de las vías.

**Paso lateral:** vía alternativa para evitar el ingreso a una zona poblada.

**Semáforos:** dispositivos ópticos luminosos para control de tránsito vehicular y peatonal.

**Señalización:** símbolo, palabra o demarcación, horizontal o vertical, sobre la vía, para guiar el tránsito de vehículos y peatones.

**Vía:** zona destinada para la circulación vehicular y peatonal.

**Vía mayor:** vía en una intersección que lleva mayor flujo de vehículos.

**Vía menor:** vía en una intersección que lleva un menor flujo de vehículos.

**Vía clara:** tramo o corredor vial donde es prohibido detenerse o estacionarse, excepto el transporte público y taxis.

## Disposiciones generales

Los dispositivos de control del tránsito deben ser instalados cuando se cumplan los siguientes requisitos:

- Cumplir y satisfacer una necesidad.
- Ser visible y llamar la atención del usuario vial.
- Contener, transmitir un mensaje claro y simple.
- Inspirar respeto.

- Colocarse de modo que brinde el tiempo adecuado para una respuesta del usuario vial.

Algunas de las causas para que los dispositivos no cumplan su función son las siguientes:

- No tomar en cuenta las condiciones del clima y condiciones físicas.
- Falta de mantenimiento.
- Falta de respeto causada por el uso excesivo del dispositivo.
- Diseño inadecuado.
- Ubicación cercana a otro dispositivo.

Un aspecto importante es que los dispositivos del control del tránsito no representen peligro alguno para los usuarios de las vías.

### **Disposiciones específicas**

Las señales de tránsito se utilizan para ayudar al movimiento seguro y ordenado del tránsito de peatones y vehículos. Contienen instrucciones las cuales deben ser obedecidas por los usuarios de las vías, previenen de peligros, informan acerca de rutas, direcciones, destinos y puntos de interés; los medios empleados para transmitir información, constan de la combinación de un mensaje, una forma y un color. El mensaje de la señal de tránsito puede ser una leyenda, un símbolo o un conjunto de los dos. Dicho mensaje debe ser consistente y concordar con el diseño geométrico de la vía

### **Clasificación de señales y sus funciones**

- **Señales regulatorias.** Regulan el movimiento del tránsito.
- **Señales preventivas.** Advierten a los usuarios de las vías, sobre condiciones peligrosas.
- **Señales de información.** Informan a los usuarios de las vías de las direcciones, distancias, destinos, rutas y ubicación de servicios.

### **Uniformidad de diseño**

La uniformidad en el diseño facilita la identificación por parte del usuario vial. Por lo que se unifica su forma, color y mensaje.

## Formas

- El octógono se usa exclusivamente para la señal de PARE.
- El triángulo equilátero con un vértice hacia abajo se usa exclusivamente para la señal de CEDA EL PASO.
- El rectángulo con el eje mayor vertical se usa generalmente para señales regulatorias.
- El círculo se usa para señales en los cruces de ferrocarril.
- El rombo se usa para señales preventivas y trabajos en la vía.
- La cruz diagonal amarilla se reserva exclusivamente para indicar la ubicación de un cruce de ferrocarril a nivel.
- El rectángulo con el eje mayor horizontal se usa para señales de información y guía; señales para obras en las vías y propósitos especiales, así como placas complementarias par
- A señales regulatorias y preventivas.
- El escudo se usa para señales de rutas.
- El pentágono se usa para señales en zona escolar.

## Color

Los colores deben cumplir con las norman INEN correspondientes.

- El color rojo por ejemplo se utiliza como fondo de las señales de PARE, en señales relacionadas con movimientos prohibidos y reducción de velocidad.
- El negro se usa como color de símbolos, leyenda y flechas para las señales que tienen fondo blanco, amarillo, verde limón y naranja.
- El blanco se utiliza de fondo para la mayoría de señales regulatorias.
- El amarillo se usa como color de fondo para señales preventivas.
- Naranja se usa como color de fondo para señales de trabajos temporales en las vías.
- El verde se usa como color de fondo para las señales informativas de destino.
- Azul se usa como color de fondo de las señales informativas se servicio, y en estacionamiento de zonas tarifadas.

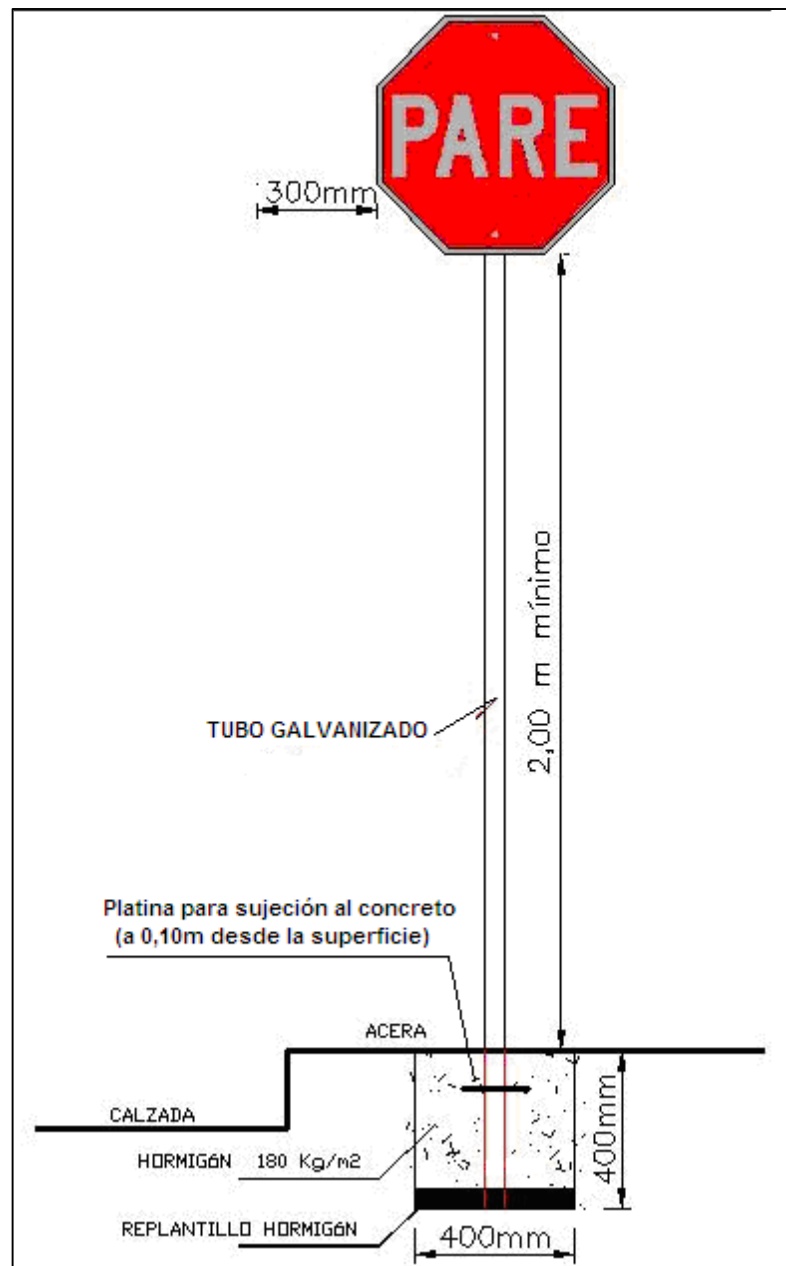
- El café se usa como fondo de señales informativas turísticas y ambientales.

De igual manera los tipos de letra deben cumplir con lo dispuesto en Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004 “Señalización vial. Parte 4. Alfabetos normalizados.

En cuanto a la ubicación se debe instalar a lado derecho de la vía. En circunstancias especiales pueden duplicarse o colocarse elevadas sobre la calzada.

En la zona rural las señales deben instalarse a mínimo 600 mm del borde exterior de la berma o espaldón, y deben estar alejadas de la vegetación y claramente visibles bajo la iluminación

Para la zona urbana en vías con aceras las señales deben colocarse a mínimo 300 mm del filo del bordillo y máximo 1,00 m., y la altura libre de la señal no debe ser menor a 2,00mm desde la superficie de la acera hasta el borde inferior de la señal.



**Figura 2.71: Ejemplo colocación señalización vertical.**

**Fuente:** RTE INEN 004.

### Señales regulatorias

Las señales regulatorias informan a los usuarios de las vías las prioridades de uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, cuyo incumplimiento constituye una infracción de tránsito. Las mismas que pueden ser las siguientes:

- Serie de prioridad de paso
- Serie de movimiento y dirección
- Serie de restricción de circulación.
- Serie de límites máximos.
- Serie de estacionamientos
- Serie de placas complementarias.
- Serie miscelánea.

La ubicación de estas señales debe ser en el lado derecho de la vía, puede ser en el lado izquierdo o en ambos.

A continuación se detallan algunos ejemplos de señales regulatorias.

La señal de PARE se instala en las aproximaciones de las intersecciones, donde una de las vías tiene prioridad con respecto a la otra. En la calzada también debe ir la línea de pare.

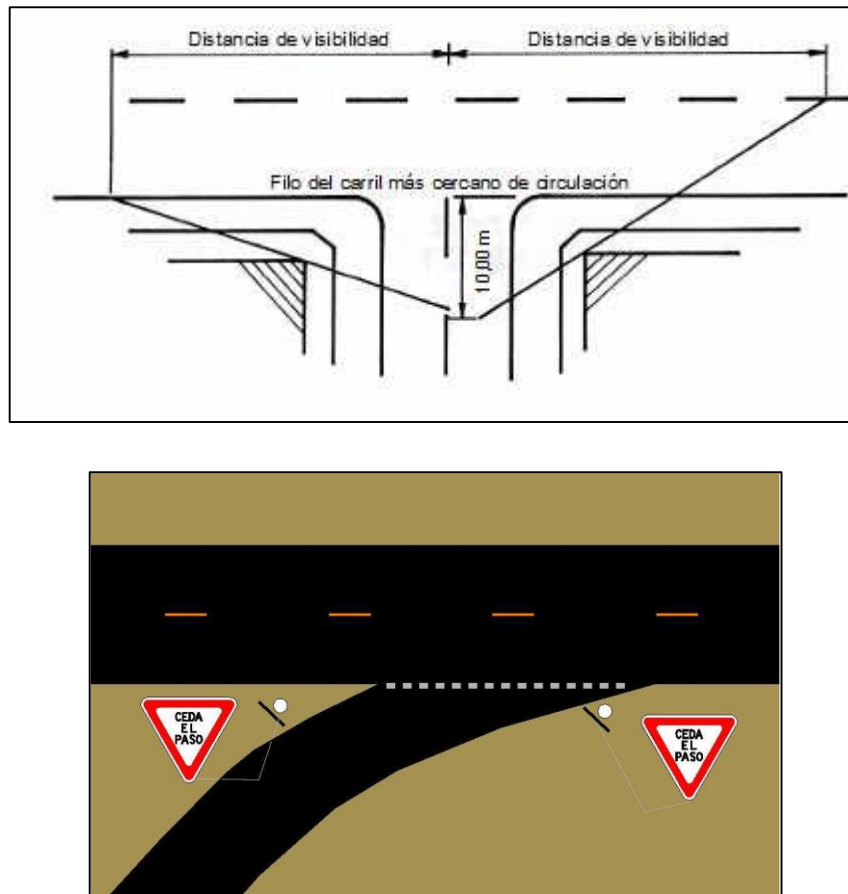
| Leyenda y borde retroreflectivo blanco<br>Fondo retroreflectivo rojo                |                  |                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------|
|  |                  |                                    |
| R1 - 1                                                                              |                  |                                    |
| Código No.                                                                          | Dimensiones (mm) | Dimensiones (mm) y serie de letras |
| R1 - 1A                                                                             | 600 x 600        | 200 Ca                             |
| R1 - 1B                                                                             | 750 x 750        | 240 Ca                             |
| R1 - 1 C                                                                            | 900 x 900        | 280 Ca                             |

**Figura 2.72: Señal PARE.**

**Fuente:** RTE INEN 004.

La señal de ceda el paso se utiliza en intersecciones donde el tráfico que debe ceder el paso tiene una buena visibilidad, se usa para el control de tránsito en sitio de intersecciones canalizadas, también en un extremo de secciones cortas de calzadas de

una vía o cuando el diseño geométrico de un carril de aceleración es tal que permite la incorporación directa al tráfico principal.



**Figura 2.73: Ejemplo CEDA EL PASO.**

**Fuente:** RTE INEN 004.

Donde normalmente se usaría una señal de Ceda el Paso pero la distancia de visibilidad es restringida, se debe utilizar una señal de Pare. Particularmente, donde las distancia de visibilidad sea menor que  $1,75 \cdot P_{85}$  (donde  $P_{85}$  es el 85 percentil en km/h de la velocidad de aproximación en la vía mayor) como la indicada en la figura se debe utilizar una señal de Pare en vez de una Ceda el Paso.

Tabla 2.83: Distancia de visibilidad mínima

| <b>85 percentil</b><br><b>Velocidad de aproximación</b><br><b>Vía mayor (km/h)</b> | <b>Distancia de visibilidad mínima</b><br><b>Para instalar una señal de</b><br><b>ceda el paso (m)</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 30                                                                                 | 53                                                                                                     |
| 35                                                                                 | 61                                                                                                     |
| 40                                                                                 | 70                                                                                                     |
| 45                                                                                 | 79                                                                                                     |
| 50                                                                                 | 88                                                                                                     |
| 55                                                                                 | 96                                                                                                     |
| 60                                                                                 | 105                                                                                                    |
| 65                                                                                 | 114                                                                                                    |
| 70                                                                                 | 123                                                                                                    |
| 75                                                                                 | 131                                                                                                    |
| 80                                                                                 | 140                                                                                                    |
| 85                                                                                 | 149                                                                                                    |
| 90                                                                                 | 158                                                                                                    |
| 100                                                                                | 175                                                                                                    |

Fuente: INEN 004.

Para la señal de unas vías obliga a los conductores a circular por la dirección indicada

Flecha y borde blanco retroreflectivo

Leyenda y fondo negros

|                                                                                     |                                                                                     |                                    |                         |                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------|
|  |  |                                    |                         |                                           |
| <b>R2-1 I</b><br>2011-781                                                           | <b>R2-1 D</b>                                                                       |                                    |                         |                                           |
|                                                                                     |                                                                                     | <b>Código No.</b>                  | <b>Dimensiones (mm)</b> | <b>Dimensiones (mm) y serie de letras</b> |
|                                                                                     |                                                                                     | R2 – 1A (I o D)<br>R2 – 1B (I o D) | 900 x 300<br>1350 x 450 | 100 Cm<br>140 Cm                          |
|                                                                                     |                                                                                     |                                    | Señalización Vertical   | 18 de 212                                 |

Figura 2.74: Señal de direccionalidad de vías.

Fuente: RTE INEN 004.



Otra de las señales significativas es la de No estacionar esta señal se utiliza para indicar la prohibición de estacionar a partir del lugar donde se encuentre instalada, en el sentido indicado por las flechas, hasta la próxima intersección. La prohibición puede ser limitada a determinados horarios, tipos de vehículo y tramos de vía, debiendo agregarse la leyenda respectiva.

Símbolo flecha y orla negros

Círculo rojo retroreflectivo

Fondo blanco retroreflectivo

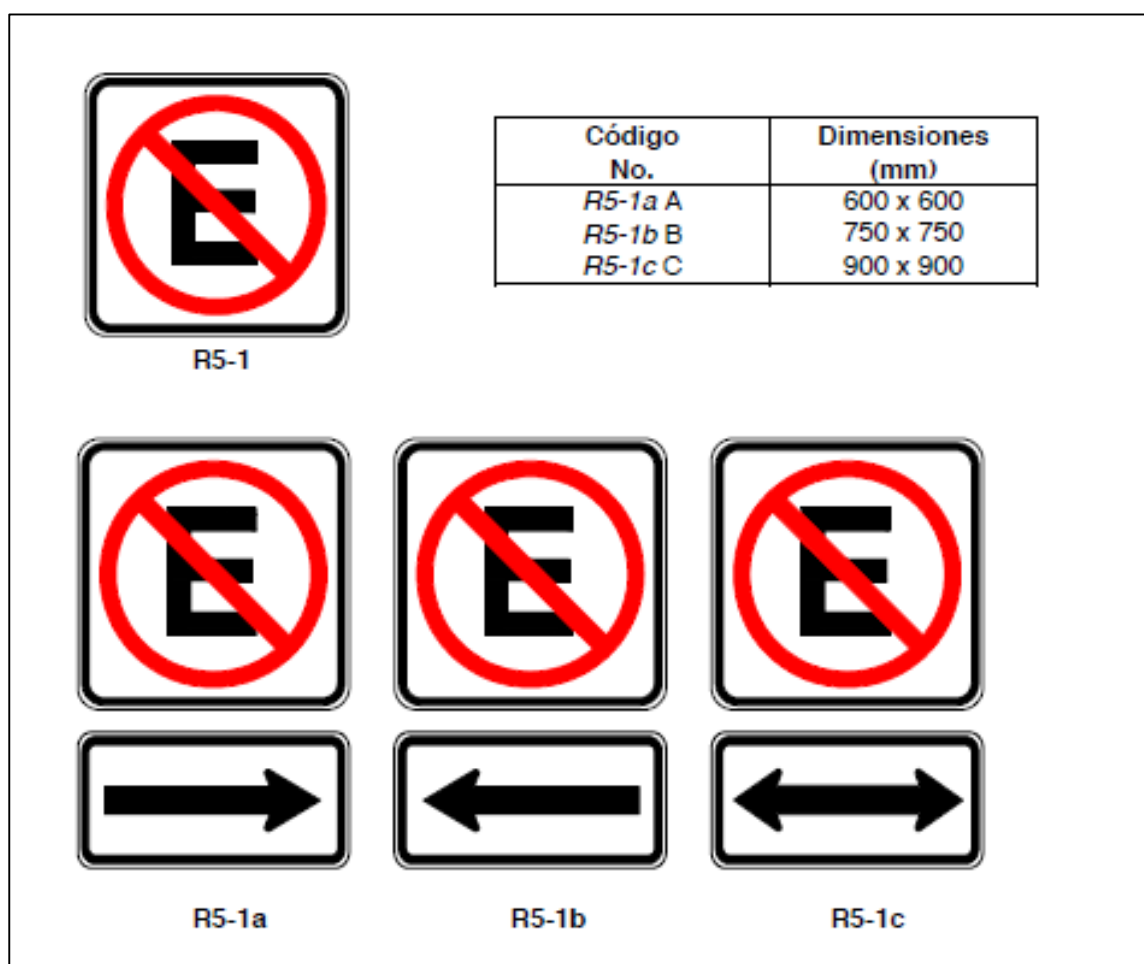


Figura 2.75: Señal PROHIBIDO ESTACIONAR

Fuente: RTE INEN OO4

## Señales preventivas

Se utilizan para alertar a los conductores de peligros potenciales que se encuentran más adelante. Estas señales, indican la necesidad de tomar precauciones especiales y requieren instalarse a una distancia mínima de 100 m en vías urbanas y a 150 m en vías rurales (carreteras) antes del peligro.

Si un conductor se percata de estas señales ayudará de gran manera a su seguridad.

En cuanto a las dimensiones, debe ser adecuada a las condiciones en las que se requiere factores como a velocidad y el alumbrado de fondo, que son factores que determinan en total la selección de la dimensión apropiada, de manera general están determinadas por la velocidad de circulación.

Una señal preventiva debe colocarse generalmente al lado derecho de la calzada y disponerse de modo que transmita su mensaje en la forma más eficiente, sin obstrucción lateral ni distancia de visibilidad restringida. Sin embargo, en circunstancias especiales, la señal o un duplicado pueden colocarse en el lado izquierdo de la calzada. Las señales duplicadas en el lado izquierdo se requieren usualmente en las calzadas de una vía en áreas urbanas, las señales preventivas deben colocarse a no menos de 50 m ni más de 100 m delante del sitio de riesgo, mientras en áreas rurales, las señales deben colocarse a no 75 m ni más de 225 m delante del sitio de riesgo.

A continuación se detallan algunos ejemplos:

### **Curva cerrada izquierda o derecha**

Estas señales indican la aproximación a curvas cerradas; y se instalan antes de una curva con ángulo de viraje  $\leq$  a  $90^\circ$ ; una señal aconsejada de velocidad R4-1 debe acompañar esta señal.

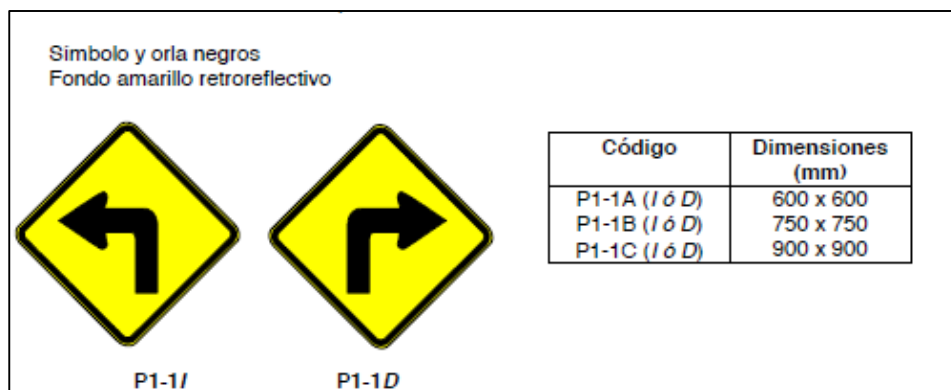


Figura 2.76: Curva cerrada izquierda o derecha.

Fuente: RTE INEN 004.

### Intersecciones en “T”

Esta señal previene al conductor de la existencia adelante de una intersección en forma de T. Se instala en las aproximaciones a la terminación de una vía y se une a otra formando una T. Generalmente se ubican en vías rurales y en vías urbanas de gran extensión, situadas en zonas poco urbanizadas y donde se cumplan las condiciones del numeral 7.6.1. Del RTE INEN 004.



Figura 2.77: Intersección en “T”.

Fuente: RTE INEN 004.

## Señales de información

Las señales de información tienen como propósito orientar y guiar a los usuarios viales, proporcionándole la información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más segura, simple y directa posible. Las señales de información no pierden normalmente su valor por uso frecuente, pero pueden ser inefectivas a menos que se dé atención a su ubicación apropiada y a la claridad del mensaje.

Son generalmente de forma rectangular, cuando un conductor que se aproxima a una señal de información debe tener suficiente tiempo para leerla antes de que pase de su campo normal de visión. La distancia a la que una señal puede ser leída es una función de la dimensión y del espaciamiento de las letras, mientras el tiempo disponible para leerla depende del número de palabras y la velocidad a la cual se alcanza la señal.

Para que sea perceptible para el usuario una señal de información no debería llevar más de tres líneas de leyenda o tres nombres de destino.



I1-1b

## Señalización para zonas escolares

Ya que dentro de nuestra zona de estudio se encuentran escuelas y colegios es de gran importancia describir las disposiciones para las señales en zonas escolares,

Estas señales advierten a los usuarios de las vías la aproximación a un centro educativo, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes, cuyo incumplimiento se considera una infracción a las leyes y reglamentos de tránsito.

La zona escolar se define como el radio de influencia que tiene un determinado centro educativo, siendo éste de mínimo 200 m, este radio de influencia debe incrementarse en función de la geometría vial, del sector de implantación del centro educativo, de la

capacidad del mismo y el nivel educativo al cual da servicio, pudiendo clasificarse en preescolar, escolar, medio, estas señales de tránsito deben instalarse con la aprobación de la autoridad competente en esta caso la Unidad Municipal de Tránsito del GADMIS.

En cuanto a la ubicación debe ser en la posición donde transmitan el mensaje de una manera efectiva.

Las señales de la serie anticipada se colocan en vías urbanas mínimo a 100 m, y en carreteras mínimo a 150 m del punto en donde se requiere la acción, mientras otras se instalan en el sitio particular en donde se aplica la regulación, en concordancia con las señales horizontales asociadas.

Las señales de ZONAS ESCOLARES deben ubicarse generalmente al lado derecho de la calzada, pero pueden ubicarse al izquierdo o a ambos lados, para reducir al mínimo el tiempo de percepción del conductor. Tales variaciones se aplican particularmente a calzadas de una vía.

### **Clasificación de señales de zonas escolares**

#### **Señal de advertencia anticipada de zona escolar E1**

La señal de zona escolar previene al conductor del vehículo de la proximidad, a una zona donde se encuentran centros educativos. La señal de advertencia anticipada de zonas escolares debe estar acompañada de una placa complementaria con la leyenda XXX METROS.

La señal de advertencia anticipada de escuela debe ser situada antes de la primera instalación de la señal de velocidad máxima de escuela.

Símbolo y borde negro fondo

Retroreflectivo amarillo



|  |      |  |      |  |      |
|--|------|--|------|--|------|
|  | E4-1 |  | E4-2 |  | E4-6 |
|  | E4-4 |  | E4-3 |  | E4-5 |

| Placa                            | Código manual | Vías convencionales |              |               |
|----------------------------------|---------------|---------------------|--------------|---------------|
|                                  |               | Mínimo              | Estándar     | Especial      |
| 8:30 a 17:30                     | E2-1          | 600 x 250 mm        | 900 x 375 mm | 1200 x 500 mm |
| Cuando los Niños están Presentes | E2-2          | 600 x 250 mm        | 900 x 500 mm | 1200 x 750 mm |
| Zona escolar                     | E2-3          | 600 x 250 mm        | 900 x 375mm  | 1200 x 500 mm |
| En luz intermitente              | E2-4          | 600 x 250 mm        | 900 x 375 mm | 1200 x 500 mm |
| Precaución **                    | E2-5          | 600 x 250 mm        | 900 x 375 mm | 1200 x 500 mm |
| XXX Metros **                    | PXXX          | 600 x 450 mm        | 750 x 600 mm | 750 x 600 mm  |
| XXX Metros **                    | PXXX          | 600 x 300 mm        | 750 x 450 mm | 750 x 450 mm  |

Figura 2.78:Placas complementarias.

Fuente: RTE INEN 004.

### Serie de control de velocidad ER1

Esta señal se utiliza para indicar la velocidad máxima permitida en un tramo de vía, sus límites están establecidos en la Ley de Tránsito y Transporte Terrestre y su Reglamento General de Aplicación. Su instalación requiere de un estudio previo de dicho tramo, que

considere el tipo de vía, una señal velocidad máxima para escuelas (ER1-2) debe ser usada para indicar el límite de velocidad donde una zona de velocidad reducida en una zona escolar que ha sido establecida. La señal de Velocidad Máxima de Escuela debe ser colocada lo más cerca posible al punto donde la zona de velocidad reducida comience.

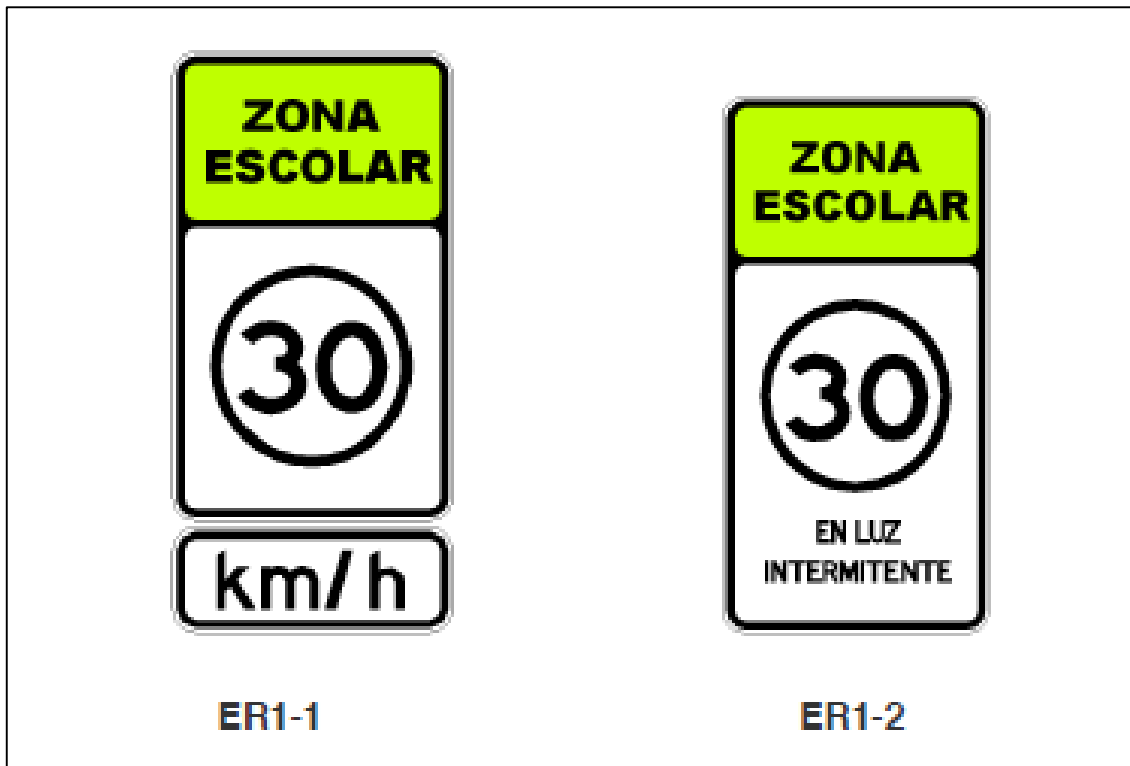


Figura 2.79: Serie de control de velocidad ER1.

Fuente: RTE INEN 004.

La zona de velocidad reducida debe comenzar en un punto de 60 m antes del cruce de peatones o a 90 m antes del límite de propiedad de la escuela, cualquiera que encuentre primero en el acercamiento de tráfico a la escuela.

La señal de velocidad máxima (ER1-1), y una placa inferior (E4-1, E4-2, o E4-4) indicando los períodos específicos del día y/o los días de la semana que el límite de velocidad especial para escuela.

Una señal de velocidad máxima con luz intermitente también puede ser usada, con una leyenda “EN LUZ INTERMITENTE” ( ER1-2 ), para identificar los períodos de límite de velocidad de la escuela, esta señal debe estar instalada al inicio de la zona escolar.

### **Parada de bus en zona escolar**

Indica el inicio del paradero de una zona escolar y sus restricciones. Debe ser instalada al inicio de la zona escolar.



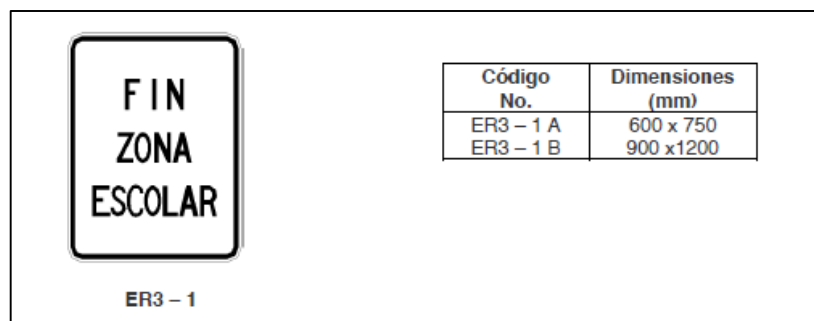
**Figura 2.80: Parada de bus en zona escolar.**

**Fuente: RTE INEN 004.**

### **Fin de zona escolar**

Indica la finalización de una zona escolar y sus restricciones.





**Figura 2.81: Fin zona escolar.**

**Fuente: RTE INEN 004.**

### 3.6.2 Señalización horizontal

La señalización horizontal al igual que la vertical tiene el propósito de proteger la salud y la seguridad de las personas, prevenir prácticas que puedan inducir a error a los usuarios de las vías, espacios públicos y proteger el medio ambiente.

#### DEFINICIONES

##### **Ancho libre**

Distancia horizontal en la calzada entre obstáculos laterales que limita el ancho máximo para el tránsito de vehículos.

##### **Camino**

Vía pública rural usada para el tránsito general, con exclusión de las vías férreas.

##### **Carril contra flujo**

Un carril que opera en dirección opuesta al flujo normal de tráfico. Los carriles contra flujo están usualmente separados de los carriles de flujo normal, por postes plásticos o por barreras móviles o permanentes.

##### **Carril de vehículo de alta ocupación**

Carril preferencial designado para uso exclusivo de vehículos livianos de alta ocupación.

**Cruce regulado**

Intersecciones controladas por semáforos o señales de tránsito.

**Desregularización**

Acto administrativo que cambia el carácter de una norma obligatoria a norma voluntaria. También puede significar la derogatoria de un Reglamento Técnico o de un procedimiento de Evaluación de la Conformidad.

**Emulsión asfáltica**

Sistema heterogéneo de dos fases inmiscibles (asfalto y agua), en la que el agua constituye la fase continua de la emulsión, y la fase dispersa está constituida por glóbulos micrométricos de asfalto, estabilizados con pequeñas cantidades de agentes emulsificantes.

**Línea de ceda el paso**

Señal en las calzadas antes de las intersecciones para indicar a los conductores el sitio donde deben detenerse si son requeridos, acatando los dispositivos de señalización.

**Paso elevado**

Cruces peatonales, vehiculares o ferroviarios que pasan sobre el nivel de las vías.

**Paso lateral**

Vía alternativa para evitar el ingreso a una zona poblada.

La señalización horizontal debe cumplir las siguientes consideraciones.

- Ser necesaria.
- Visible y llamar la atención.
- Debe ser legible y fácil de entender,
- Dar tiempo suficiente al usuario para responder adecuadamente,
- Infundir respeto
- Debe ser creíble

Deben ser instaladas para captar oportunamente la atención de los usuarios. La señalización horizontal presenta la ventaja, frente a otros tipos de señales, de transmitir su mensaje al conductor sin que este distraiga su atención de la vía en que circula. Sin embargo, presentan como desventaja que su visibilidad se ve afectada por neblina, lluvia, polvo, alto tráfico, y otros.

En general todas las vías públicas y privadas urbanas y rurales donde la capa de rodadura permita la señalización horizontal deben contar con los dispositivos requeridos, según lo especificado en el capítulo 5 de la Norma INEN 004.

Para el material a utilizarse debe elegirse considerando el pavimento, que no contengan sustancias nocivas, flujo vehicular etc. Para señalización horizontal corresponde a los materiales que son aplicados en capas delgadas, como pinturas, materiales plásticos, termoplásticos, epóxidos, cintas preformadas, entre otros, las características mínimas del material de aplicación debe ser pintura de tráfico acrílicas con micro esferas, siendo opcional en zonas urbanas dependiendo de los niveles de iluminación.

La señalización horizontal debe cumplir con los siguientes requisitos mínimos de espesor para su aplicación:

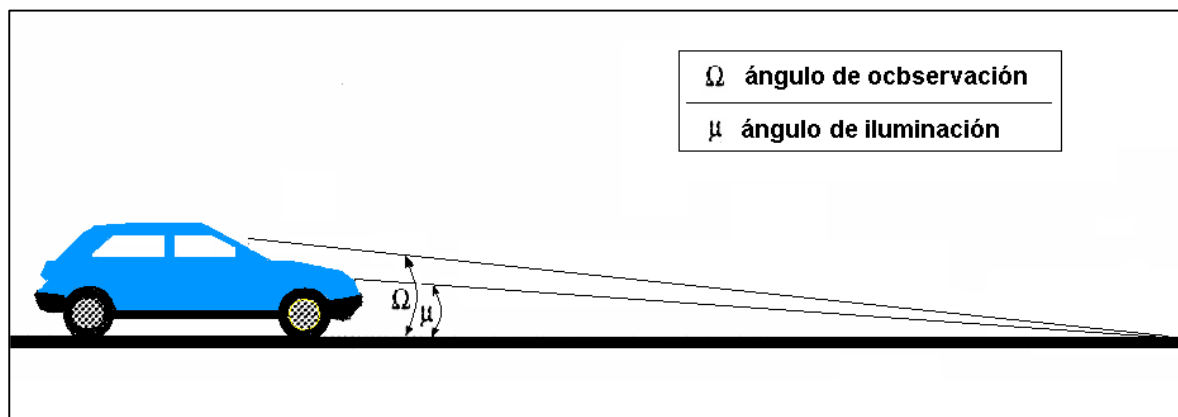
- MINIMO ZONA URBANA 300 (micras) en seco.
- MINIMO ZONA RURAL 250 (micras) en seco.

Las dimensiones de la señalización dependen de la velocidad máxima de la vía en que se ubican. Éstas se detallan para cada caso en las siguientes secciones. Cuando se requiera mejorar la visibilidad de una señalización, tales dimensiones pueden ser aumentadas, siempre que un estudio técnico lo justifique, y que leyendas y símbolos mantengan sus proporciones.

Las señalizaciones deben presentar permanentemente los valores mínimos de retroreflexión señalados en la NTE INEN 1 042 vigente. Pinturas de tráfico, y los materiales retroreflectivos cumplirán con la Norma ASTM D-4956 mientras no exista NTE INEN. Ver tabla 84 Los ángulos de iluminación y observación se muestran en la figura 82.

**Tabla 2.84: Ángulos y colores**

| Visibilidad | Ángulos     |             | Colores |          |
|-------------|-------------|-------------|---------|----------|
|             | Iluminación | Observación | Blanco  | Amarillo |
| A 15,00 m   | 3,5°        | 4,5°        | 150     | 95       |
| A 30,00 m   | 1,24 °      | 2,29°       | 150     | 70       |

**Fuente: 1NEN 004****Figura 2.82: Ejemplo ángulo de observación e iluminación.****Fuente: RTE INEN 004.**

Cabe recalcar que al igual que la capa de rodadura la pintura debe ser resistente al deslizamiento y su color generalmente es blanco y amarillo.

### Líneas longitudinales

Las líneas longitudinales se emplean para delimitar carriles y calzadas; para indicar zonas con y sin prohibición de adelantar y/o estacionar; para delimitar carriles de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos, por ejemplo carriles exclusivos de bicicletas o buses; y, para advertir la aproximación a un cruce cebra.

Líneas amarillas definen:

- Separación de tráfico viajando en direcciones opuestas
- Restricciones.

- Borde izquierdo de la vía (en caso de tener parterre)

Líneas blancas definen:

- La separación de flujos de tráfico en la misma dirección.
- Borde derecho de la vía (Berma).
- Zonas de estacionamiento
- Proximidad a un cruce cebra

Líneas azules definen:

- Zonas tarifadas de estacionamiento con límite de tiempo.

### **Líneas de separación de flujos opuestos**

Serán siempre de color amarillo y se utilizan en calzadas bidireccionales para indicar donde se separan los flujos de circulación opuestos. Se ubican generalmente en el centro de dichas calzadas; sin embargo, cuando la asignación de carriles para cada sentido de circulación es desigual, dicha ubicación no coincide con el eje central. Cuando existen juntas de construcción en la calzada, es conveniente desplazar levemente estas líneas para asegurar una mayor duración de las mismas. El ancho de estas señalizaciones varía según el tipo de línea y la velocidad máxima permitida en la vía, como se detalla más adelante para cada tipo de línea.

Dada la importancia de esta línea en la seguridad del tránsito, ella debe señalizarse siempre y cuando se cumpla los siguientes requisitos:

- En vías rurales con ancho de calzada mínima de 5,60 m y con un TPDA de 300 vehículos o más.
- En vías urbanas con un ancho de calzada mínima de 6,80 m, siempre que exista prohibiciones de estacionamiento laterales y con un TPDA de 1500 vehículos o más.

Las líneas de separación de flujos opuestos pueden ser: simples o dobles; y, además pueden ser continuas, segmentadas o mixtas.

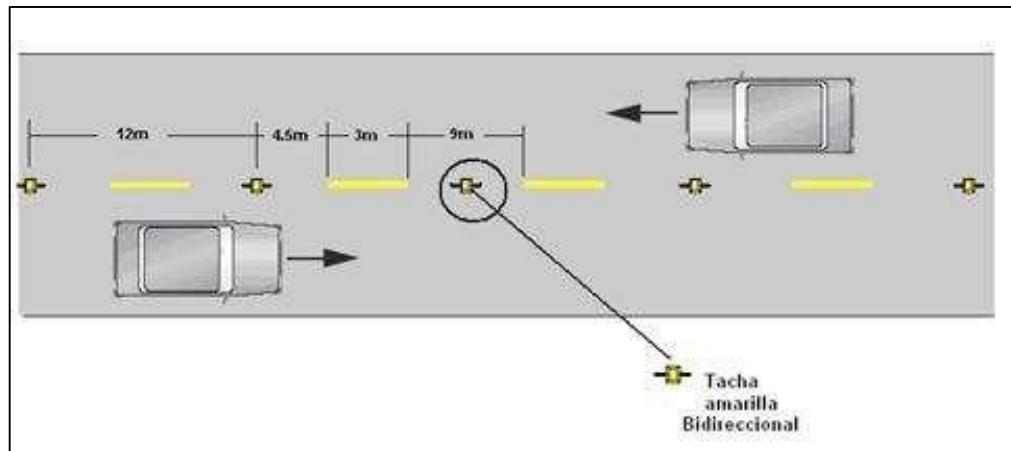


Figura 2.83: Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta.

Fuente: RTE INEN 004.

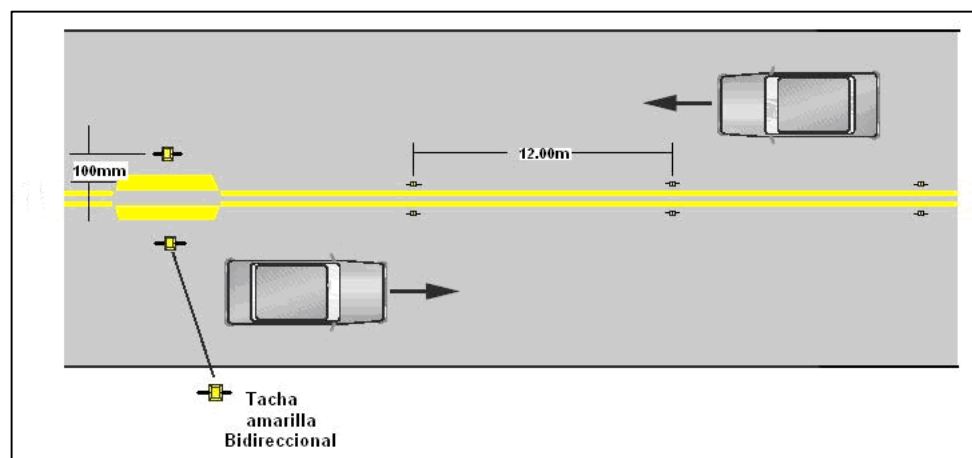
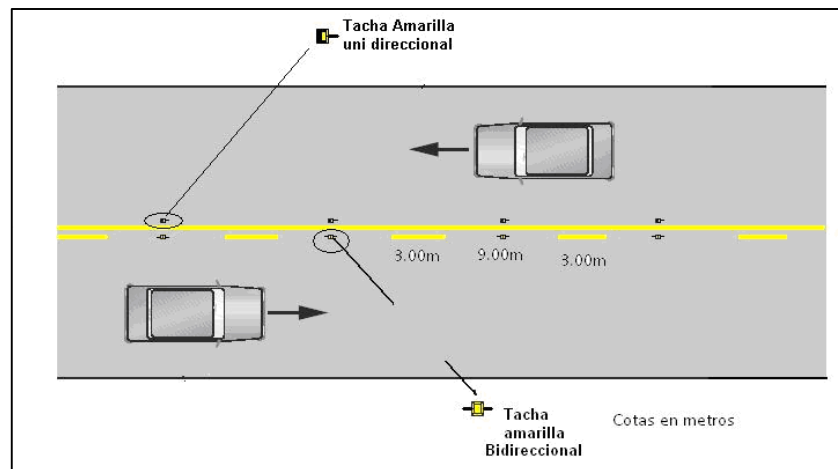


Figura 2.84: Doble línea continua.

Fuente: RTE INEN 004.

### Doble línea mixta

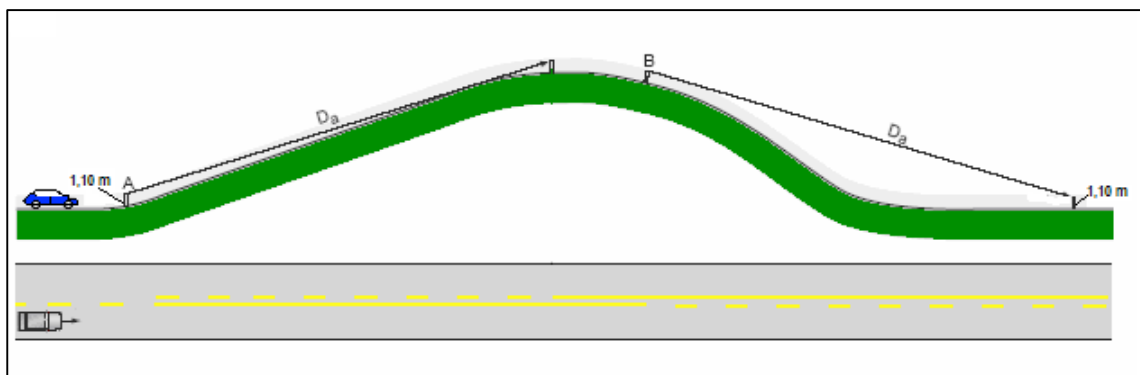
Los vehículos en este caso pueden cruzar con seguridad desde la línea segmentada para realizar rebasamientos.



**Figura 2.85: Doble línea mixta.**

**Fuente: RTE INEN 004.**

Las zonas de NO REBASAR deben ser indicadas mediante señalización horizontal y señales verticales; la primera se extiende a lo largo de todo el tramo en que rige la prohibición y las segundas se instalan donde se inicia la restricción.



**Figura 2.86: Ejemplo zonas de no rebasar.**

**Fuente: RTE INEN 004.**

$D_a$ : Distancia de Visibilidad de rebasamiento

$D_a$  debe ser igual o mayor que la distancia de rebasamiento mínima cuyos valores se especifican en el capítulo 5 del RTE INEN 004 pág. 16 de 100.

A: Primer punto en que la distancia de visibilidad de rebasamiento es menor que la distancia mínima de rebasamiento, (inicio de la Zona de NO Rebasar) (en sentido A – B).

B: Termina la zona de NO Rebasar, a partir de este punto la distancia de visibilidad de rebasamiento excede la distancia mínima de rebasamiento (en sentido A – B).

### Líneas de separación de carriles

Las líneas de separación de carril contribuyen a ordenar el tráfico y posibilitan un uso más seguro y eficiente de las vías, especialmente en zonas congestionadas. Estas líneas separan flujos de tránsito en la misma dirección, y son de color blanco, indicando la senda que deben seguir los vehículos.

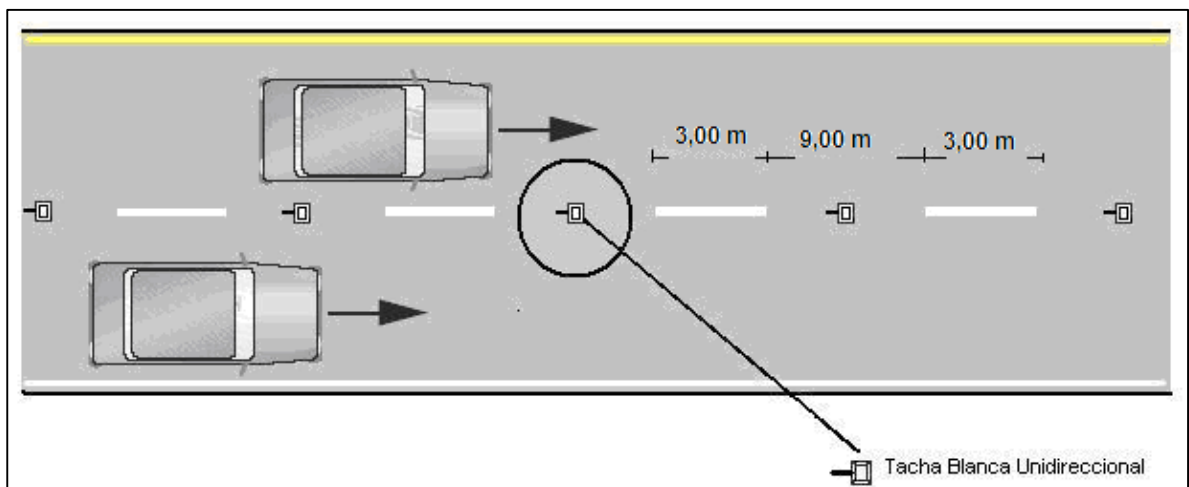


Figura 2.87: Líneas de separación de carriles.

Fuente: RTE INEN 004.

### Ancho de carril

La experiencia internacional demuestra que mayores anchos de los carriles de circulación estimulan velocidades más altas, por ello el ancho del carril, medido entre centros de líneas, debe establecerse según lo señalado en la tabla 85.



Tabla 2.85: Ancho de carril.

| Velocidad máxima de la vía (km/h) | Ancho del carril (m) |
|-----------------------------------|----------------------|
| Menor a 50 (urbana)               | Mínimo 3,00          |
| De 50 a 90 (rural)                | Entre 3,00 y 3,50    |
| Mayor a 90 (rural)                | Entre 3,50 y 3,80    |

Fuente: INEN 004.

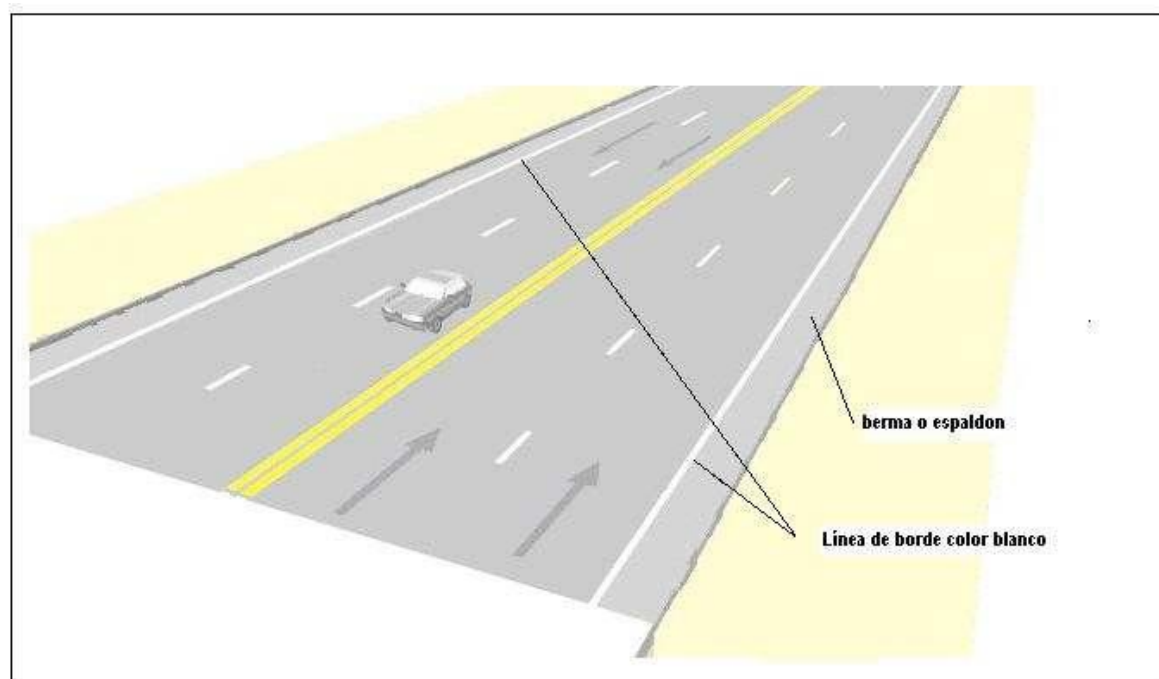


Figura 2.88: Ejemplo ancho de carril.

Fuente: RTE INEN 004.

### Líneas transversales

Se utilizan en cruces para indicar el lugar antes del cual los vehículos deben detenerse, ceder el paso o disminuir su velocidad según el caso; y para señalar sendas destinadas al cruce de peatones o de bicicletas.

## Líneas de PARE

Es una línea continua demarcada en la calzada ante la cual los vehículos deben detenerse. En vías con velocidades máximas permitidas iguales o inferiores a 50 km/h el ancho debe ser de 400 mm; en vías con velocidades superiores el ancho es de 600 mm.

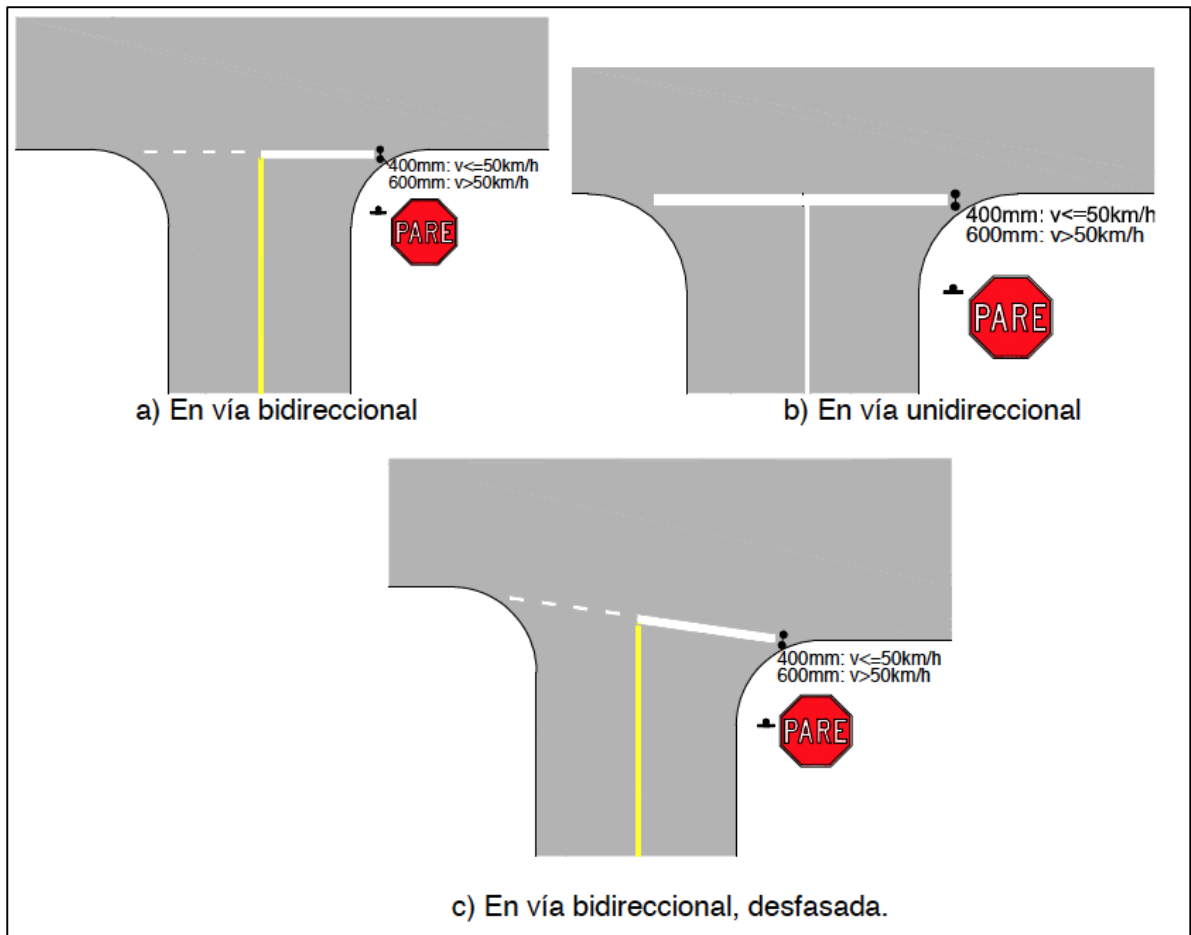


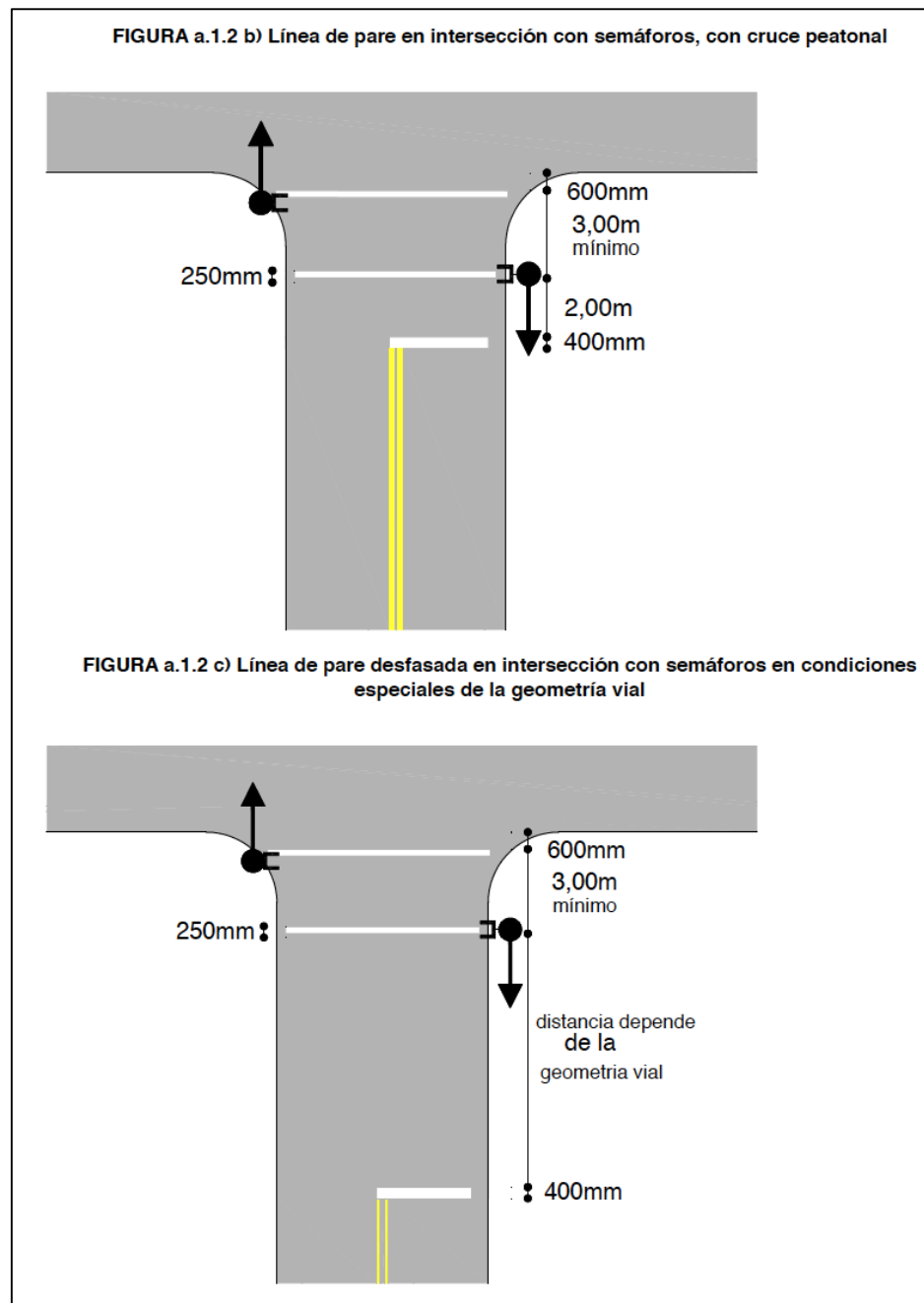
Figura 2.89: Líneas de PARE.

Fuente: RTE INEN 004.

## Líneas de PARE para intersecciones semaforizadas

La línea de pare indica al conductor que enfrenta la luz roja del semáforo el lugar donde el vehículo debe detenerse. Se demarca a no menos de 2,00 m antes del lugar donde se sitúa el poste del semáforo. Si existe un cruce peatonal esta debe demarcarse a 2,00 m

del mismo. La ubicación de la línea de pare puede variar por condiciones especiales de la geometría vial.



**Figura 2.90: Líneas de PARE para intersecciones semaforizadas.**

**Fuente: RTE INEN 004.**

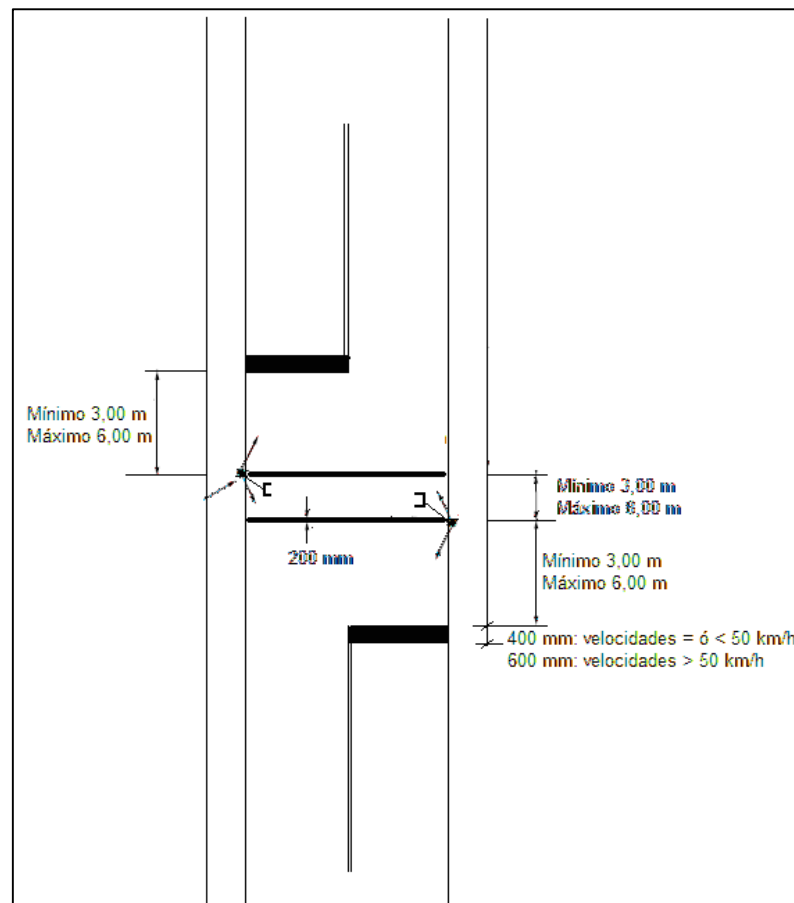
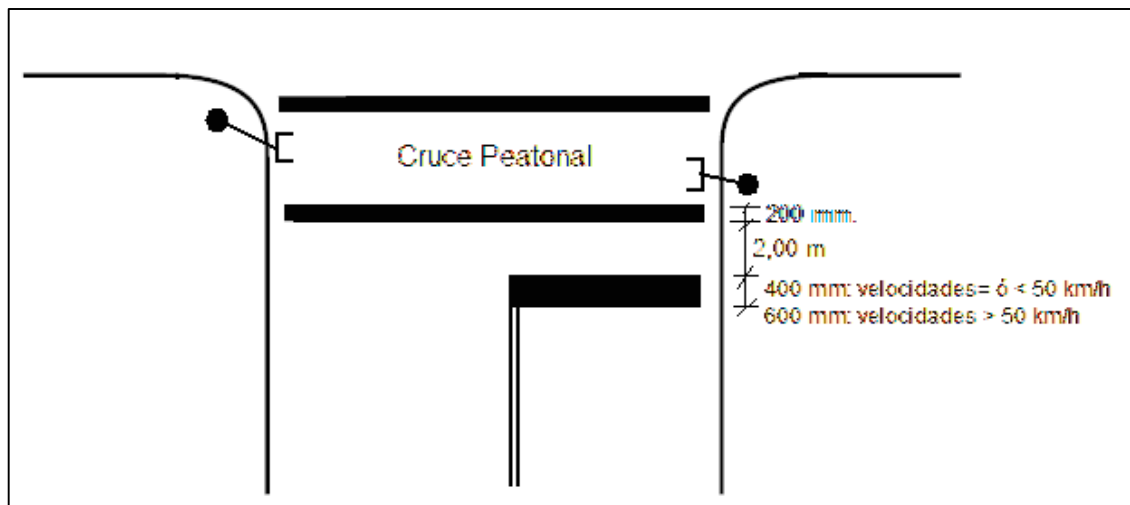


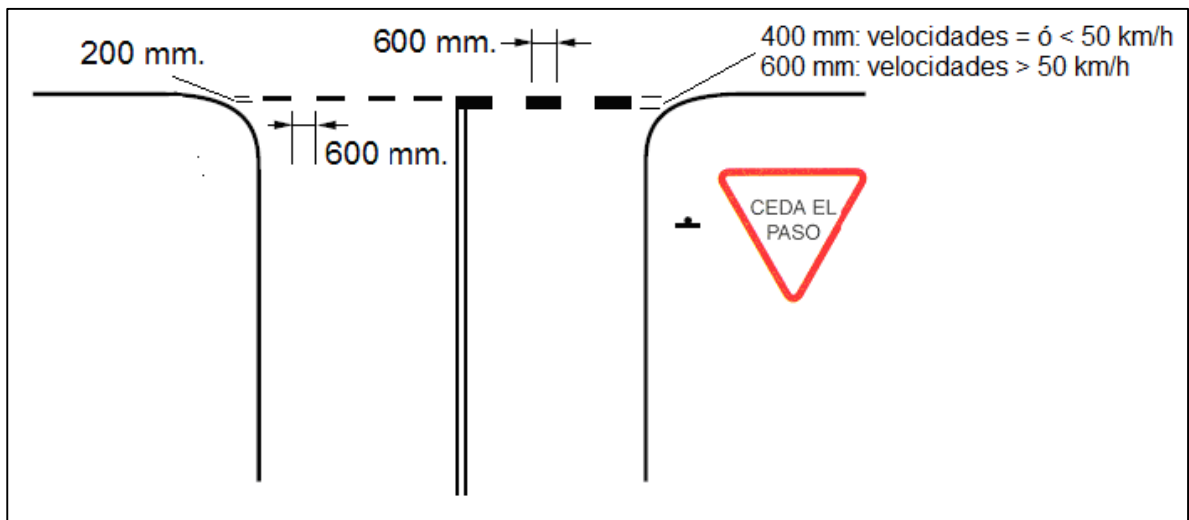
Figura 2.91: Líneas de PARE para intersecciones semaforizadas con cruce peatonal.

Fuente: RTE INEN 004.

### Línea de ceda el paso

Esta línea indica la posición segura para que el vehículo se detenga, si es necesario. Es una línea segmentada de 600 mm pintado con espaciamiento de 600 mm, en vías con velocidades máximas permitidas iguales o inferiores a 50 km/h el ancho debe ser de 400 mm; en vías con velocidades superiores el ancho es de 600 mm, demarcada a través de un carril que se aproxima a un dispositivo de control de tránsito como:

- Señal vertical de ceda el paso
- Cruce de trenes a nivel
- Cruce cebra
- Redondeles
- Cruce escolar



**Figura 2.92: Dimensiones Línea de CEDA EL PASO.**

**Fuente: RTE INEN 004.**

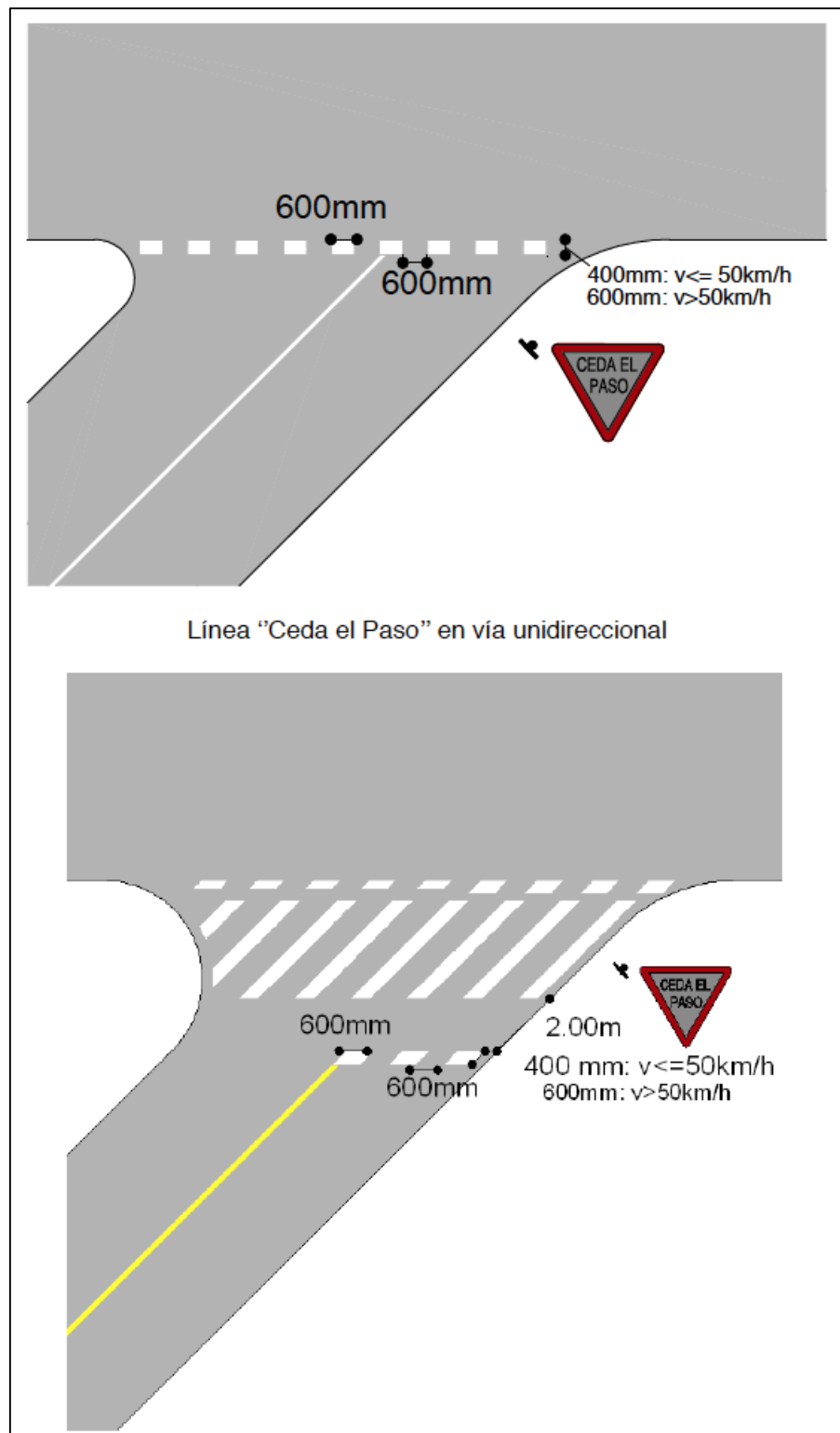


Figura 2.92: Dimensiones Línea de CEDA EL PASO (continuación).

Fuente: RTE INEN 004.

### Línea de detención

Esta línea indica a los conductores que viran en una intersección, el lugar donde deben detenerse y ceder el paso a los peatones; y, al peatón el sendero seguro de cruce. Es una línea segmentada de 600 mm por 200 mm de ancho, con espaciamiento de 600 mm. Se demarca en intersecciones controladas con señales de pare o ceda el paso a través del lado izquierdo en la aproximación de una vía menor y alineada con la línea de pare o ceda el paso.

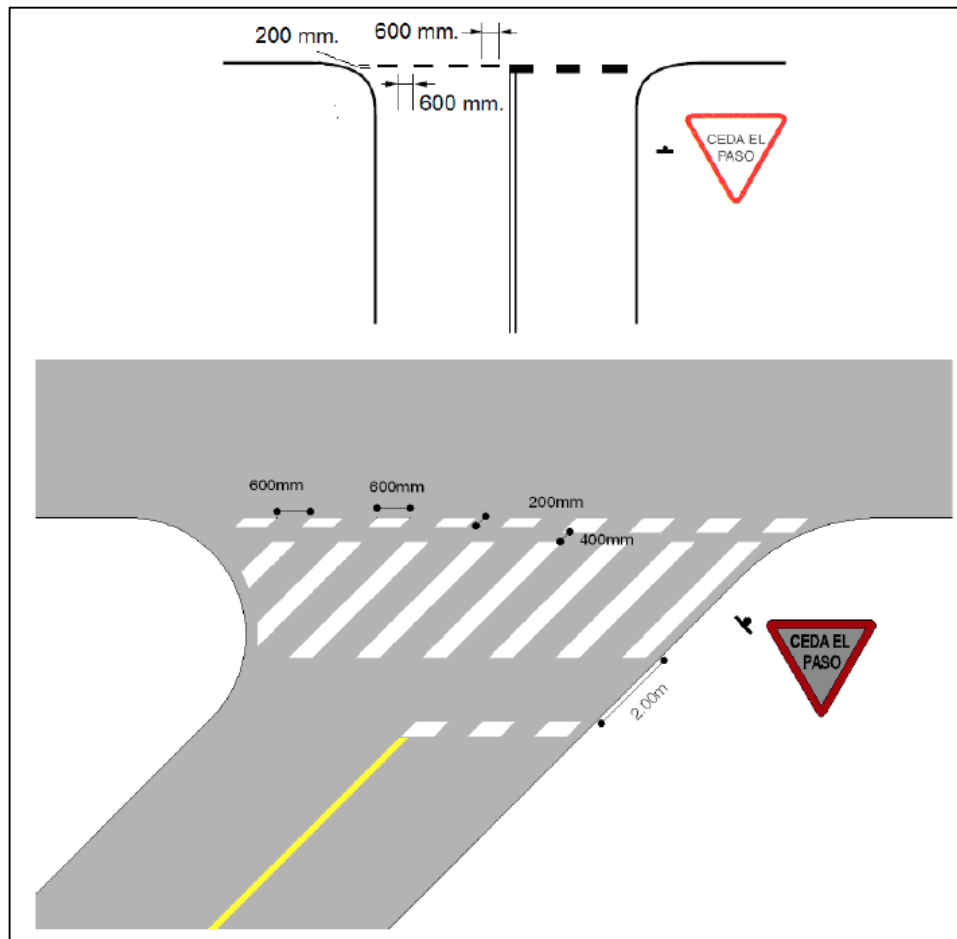


Figura 2.93: Dimensiones Línea de detención .

Fuente: RTE INEN 004.

### Líneas de cruce peatonal

Esta señalización indica la trayectoria que deben seguir los peatones al atravesar una calzada; se demarcaran en todas las zonas donde existe un conflicto peatonal y vehicular, y/o donde existen altos volúmenes peatonales.

Por su función y forma se clasifican en dos clases: cruce cebra y cruce controlado con semáforos peatonales y/o vehiculares, que demarcan la zona de seguridad de cruce peatonal.

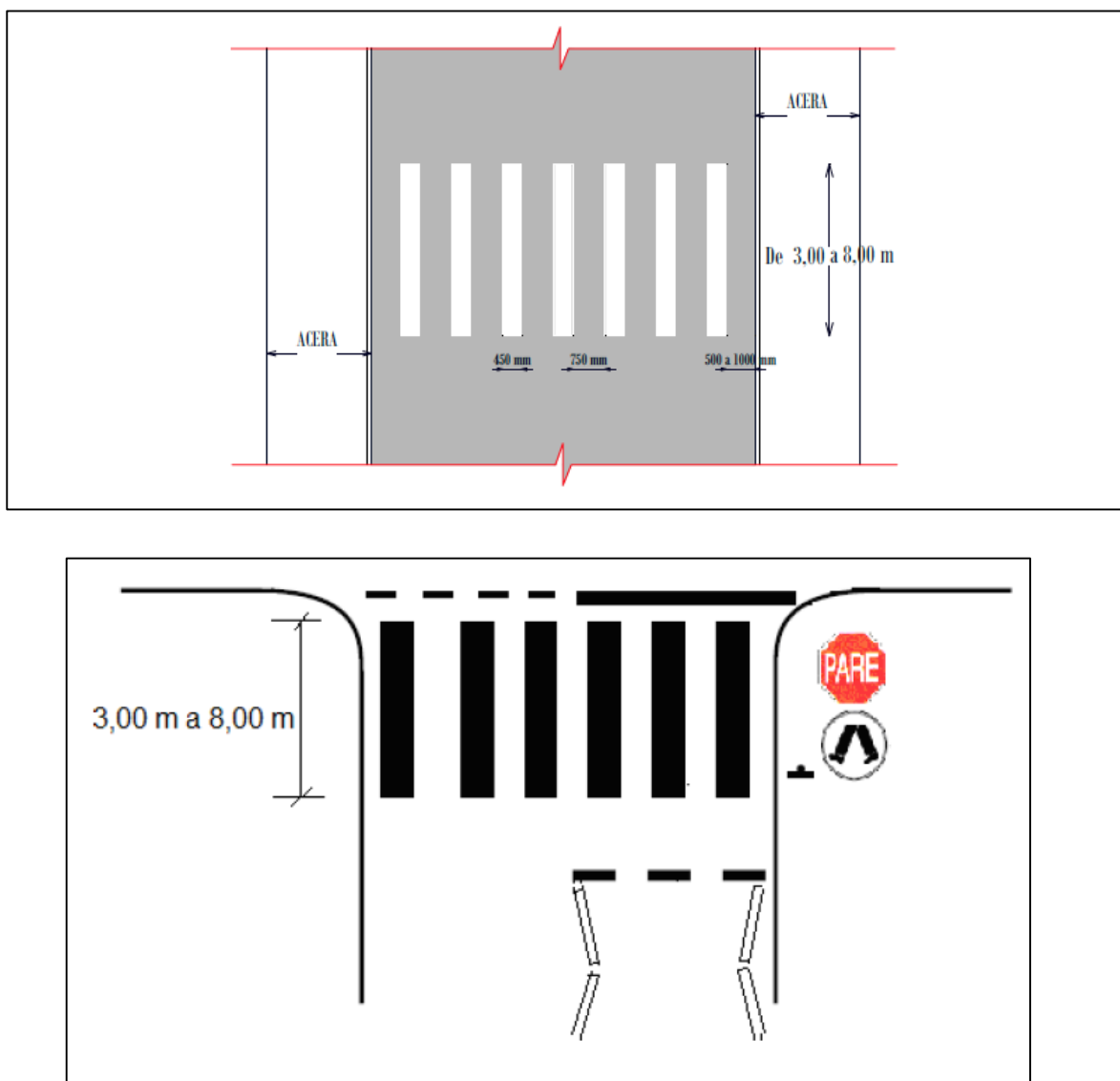


Figura 2.94: Dimensiones Línea de cruce peatonal.

Fuente: RTE INEN 004.



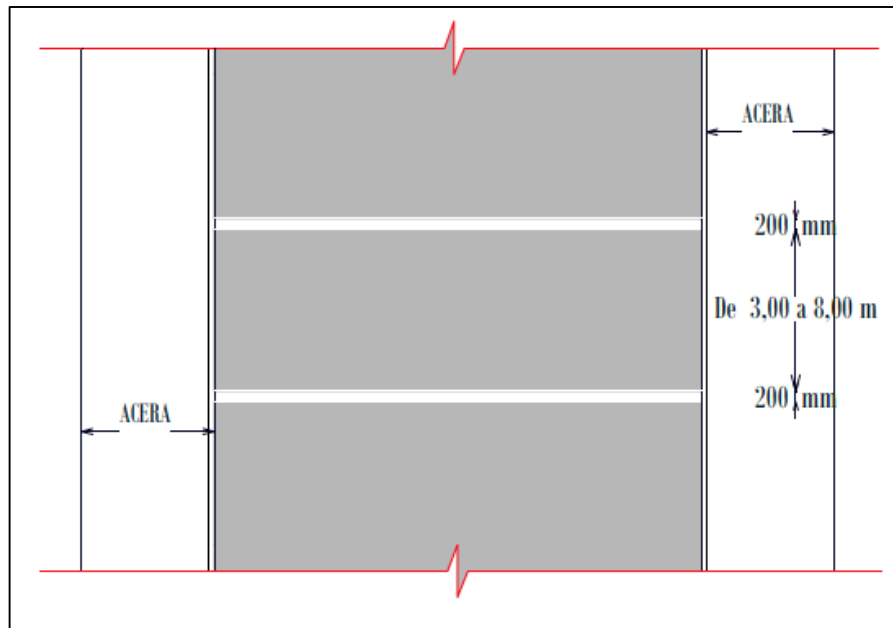


Figura 2.95: Líneas de cruce con semáforos peatonales.

Fuente: RTE INEN 004.

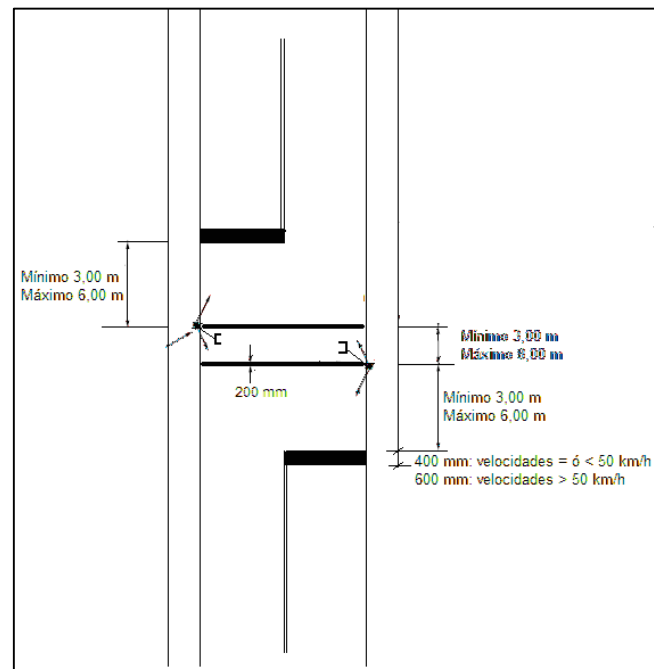


Figura 2.96: Cruce peatonal controlado con semáforo intermedio.

Fuente: RTE INEN 004.

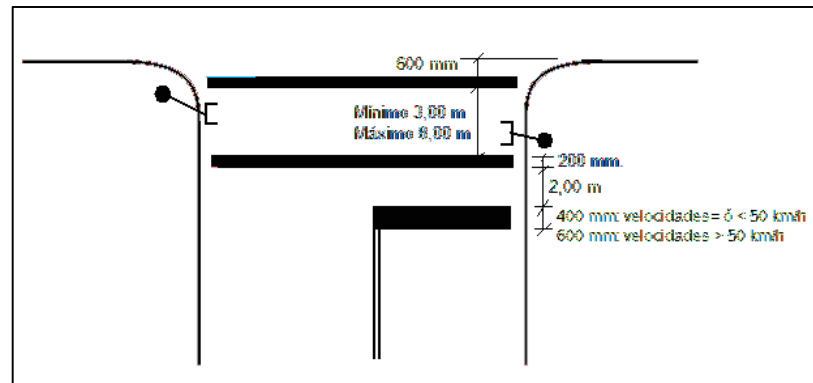


Figura 2.97: Cruce peatonal controlado con semáforo en intersección.

Fuente: RTE INEN 004.

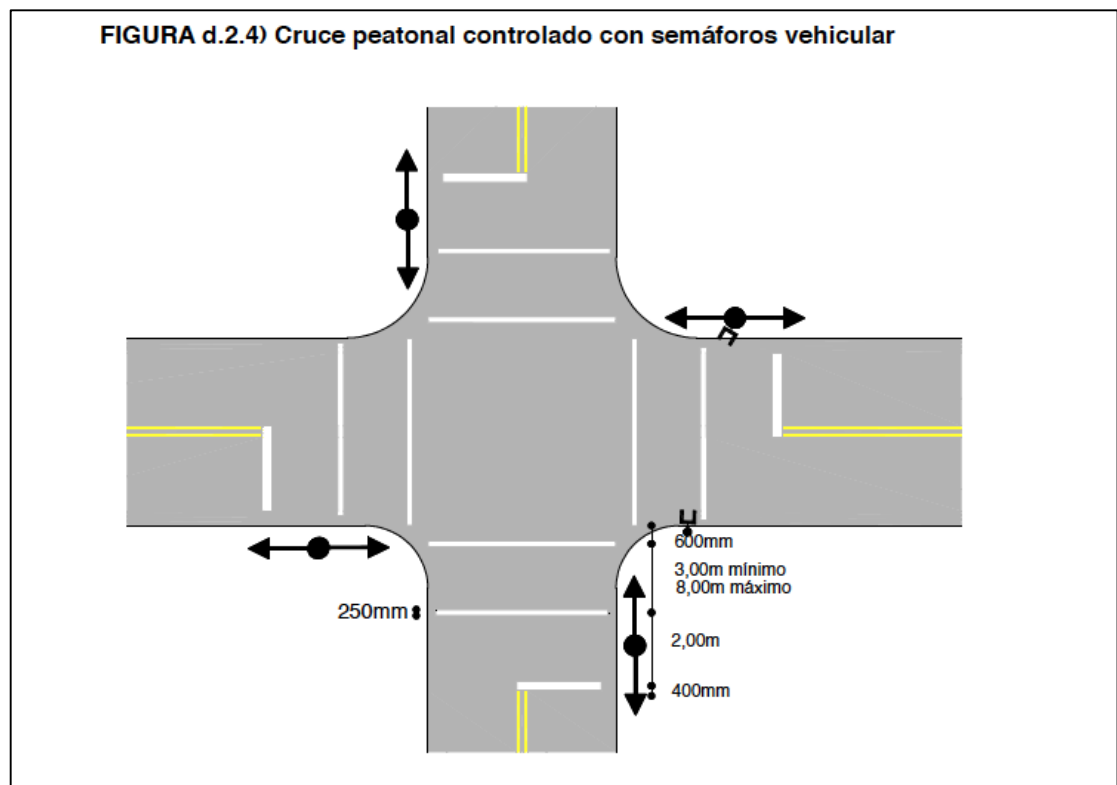


Figura 2.98: Cruce peatonal controlado con semáforos vehicular.

Fuente: RTE INEN 004.

## Símbolos y leyendas

Los símbolos y leyendas se emplean para indicar al conductor maniobras permitidas, regular la circulación y advertir sobre peligros. Se incluyen en este tipo de señalización: flechas, símbolo de CEDA EL PASO y palabras como PARE, SOLO, SOLO BUS, entre otras.

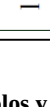
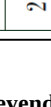
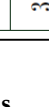
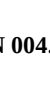
| Nº | DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS                                                                                                                               | 2 CARRILES                                                                          | 3 CARRILES                                                                          | 4 CARRILES                                                                          |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | MANIOBRAS LEGALES SI NO HAY FLECHAS                                                                                                                         |  |  |  |
| 2  | MANIOBRA LEGAL DE VIRAR A LA IZQUIERDA DESDE EL CARRIL IZQUIERDO                                                                                            |  |  |  |
| 3  | MANIOBRA LEGAL DE VIRAR A LA DERECHA DESDE EL CARRIL DERECHO                                                                                                |  |  |  |
| 4  | DEMARCAIONES PARA DOS CARRILES EXCLUSIVOS DE VIRAR A LA IZQUIERDA                                                                                           |  |  |  |
| 5  | DEMARCAIONES PARA DOS CARRILES EXCLUSIVOS DE VIRAR A LA DERECHA                                                                                             |  |  |  |
| 6  | DEMARCAIONES PARA MOVIMIENTOS COMBINADOS DE VIRAR A LA IZQUIERDA Y SEGUIR RECTO DESDE EL CARRIL ADYACENTE DE VIRAR A LA IZQUIERDA                           |  |  |  |
| 7  | DEMARCAIONES PARA MOVIMIENTOS COMBINADOS DE VIRAR A LA DERECHA Y SEGUIR RECTO DESDE EL CARRIL ADYACENTE DE VIRAR A LA DERECHA                               |  |  |  |
| 8  | DEMARCAIONES PARA MOVIMIENTOS COMBINADOS DE VIRAR A LA IZQUIERDA Y SEGUIR RECTO DESDE EL CARRIL ADYACENTE A DOS CARRILES EXCLUSIVOS DE VIRAR A LA IZQUIERDA |  |  |  |
| 9  | DEMARCAIONES PARA MOVIMIENTOS COMBINADOS DE VIRAR A LA DERECHA Y SEGUIR RECTO DESDE EL CARRIL ADYACENTE A DOS CARRILES EXCLUSIVOS DE VIRAR A LA DERECHA     |  |  |  |
| 10 | DEMARCAIONES PARA INDICAR PROHIBICIONES DE VIRAR A LA IZQUIERDA (TAMBIÉN SE DEBE INSTALAR SEÑAL VERICAL)                                                    |  |  |  |
| 11 | DEMARCAIONES PARA INDICAR PROHIBICIONES DE VIRAR A LA DERECHA (TAMBIÉN SE DEBE INSTALAR SEÑAL VERICAL)                                                      |  |  |  |

Figura 2.99: Símbolos y leyendas.

Fuente: RTE INEN 004.

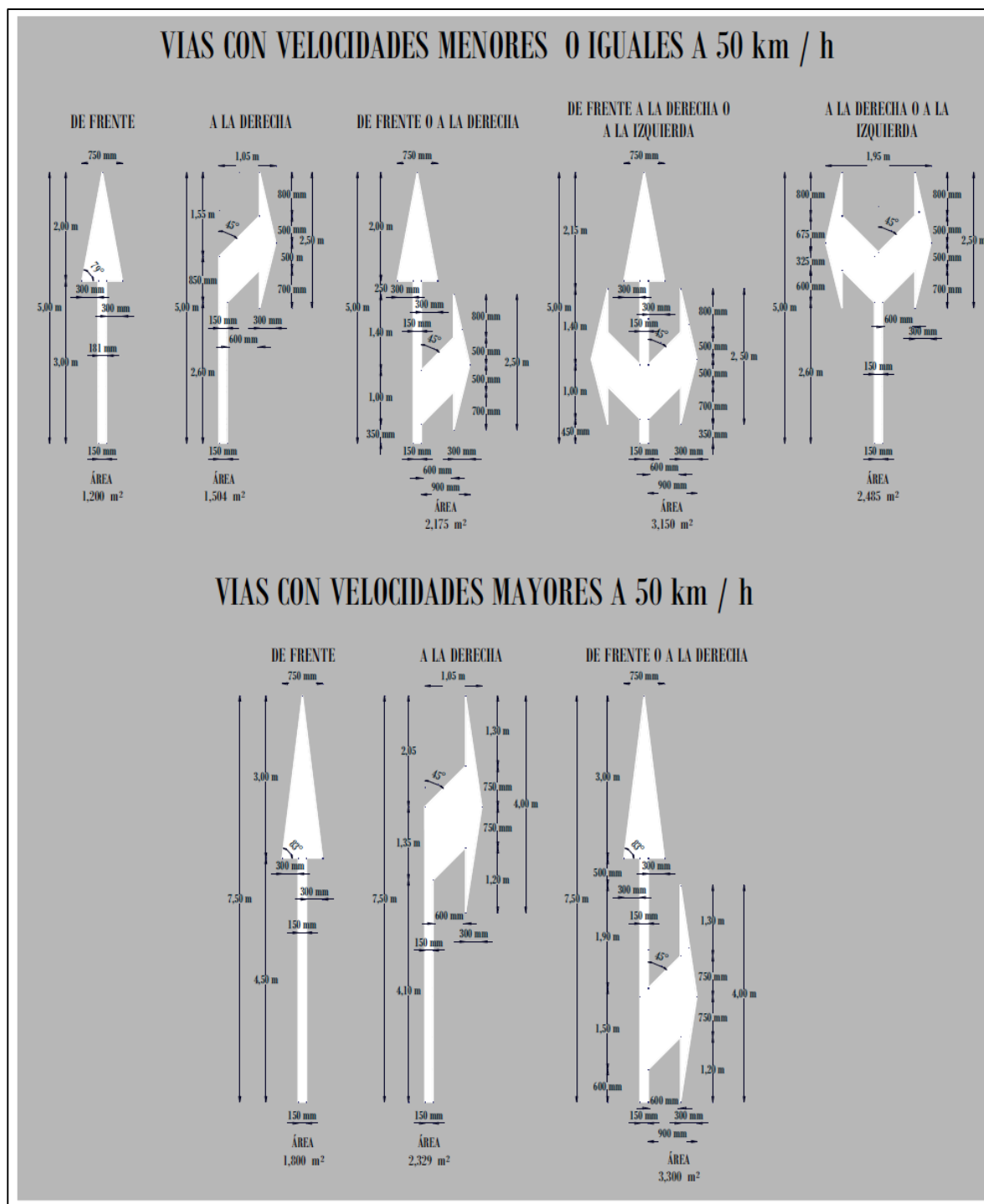


Figura 2.99: Símbolos y leyendas. (Continuación).

Fuente: RTE INEN 004.

## CAPÍTULO III

### DISEÑO SEMAFÓRICO Y SEÑALIZACIÓN DE LA RED VIAL URBANA DE SARAGURO

#### 3.1 Diseño semafórico a tiempo fijo de las intersecciones

##### 3.1.1 Definiciones

A continuación se presentan los términos básicos para el cálculo de tiempos semafóricos tomadas de las recomendaciones metodológicas de la norma RILSA alemana y del tomo I del Manual del Tránsito MTT de Bogotá.

**Grupo de señal:** es el encendido de las luces del semáforo o una combinación de luces al mismo tiempo, sin generar conflictos.

**Ciclo o longitud de ciclo:** es el intervalo entre el comienzo del tiempo de verde hasta el comienzo del próximo verde.

**Movimiento:** trayectoria posible de flujo vehicular de un mismo acceso, que tiene derecho al paso simultáneamente.

**Intervalo:** cualquiera de las diversas divisiones del ciclo durante la cual no cambian las indicaciones de señal del semáforo.

**Fase:** es la selección y ordenamiento de movimientos simultáneos por ejemplo una fase puede ser un solo movimiento vehicular, un solo movimiento peatonal o una combinación de ambos.

**Secuencia de fases:** orden predeterminado en que ocurren las fases del ciclo.

**Intervalo de verde:** Intervalo de derecho de paso durante el cual la indicación de señal es verde.

**Intervalo de despeje o ámbar:** tiempo de la indicación ámbar o amarillo del semáforo que sigue al intervalo de verde.

**Intervalo todo rojo:** tiempo en el cual el tránsito se prepara a circular.

**Verde líder:** cuando la indicación de verde a la izquierda es antes de la indicación de verde para el flujo del frente opuesto.

**Verde tardío:** cuando la indicación de vuelta a la izquierda toma lugar después de la indicación de verde del flujo del frente opuesto.

**Márgenes de acotación:** reglas auto impuestas adicionales que están en función de la cultura de manejo, también están en función de la experiencia.

**Fase verde mínima para peatones:** es el tiempo mínimo que los peatones pueden cruzar una intersección.

### 3.1.2 Procedimiento para la determinación de tiempos semafóricos

El procedimiento a utilizar es según la metodología RILSA que está debidamente aprobada en el RTE INEN 004 PARTE 5 SEMAFORIZACIÓN.

1. Ubicación y cantidad de señales.

Según la metodología RILSA se identifica el flujo principal y se ubica las señales en el sentido horario, empezando por el acceso que tiene mayor número de vehículos.

2. Determinación del grupo de señales.

Se determina el grupo de señales que van a intervenir en la fase semafórica.

3. Determinación de la matriz de conflictos.

Arreglo de datos que sirve para identificar conflictos en los movimientos de vehiculares y peatonales existentes en la intersección.

### Flujo de Salida

Conjunto de vehículos que ingresan a la intersección en el tiempo verde.

### Flujo de Entrada

Conjunto de vehículos que ingresan a la intersección en el tiempo rojo.

4. Tiempo de sobrepaso o ámbar.

Este tiempo lo vamos a asumir 3 segundos, que está estipulado en el RTE INEN 004

$T_{sp} = 3''$ .

5. Tiempos intermedios:

Tiempo que transcurre entre los verdes de cada fase.

$$tim = tsp + tsalida + tentrada$$

El tiempo de salida es el máximo (mayor distancia salida)

El tiempo de entrada es el mínimo (menor distancia de entrada)

$$tsalida = \frac{dist\ conflict + long\ veh}{Vel\ Salida} \quad (13)$$

$$tentrada = \frac{3,6 * dist\ entrada}{Vel\ entrada \left(\frac{km}{h}\right)} \quad (14)$$

#### 6. Márgenes de acotación:

Son reglas adicionales autoimpuestas en función de las características operacionales, culturales y sobre todo de la experiencia.

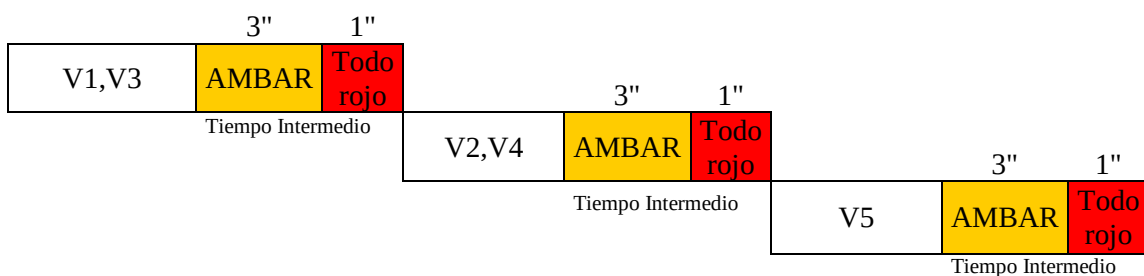
- Tiempo mínimo de verde 15"
- Tiempo ciclo
  - Mínimo 6"
  - Múltiplos 15"

#### 7. Determinación de las fases

Tiempo que transcurre entre dos verdes consecutivos. El número de fases está en función de la complejidad de la intersección, entre mayor es el número de fases menor será el nivel de servicio.

#### 8. Determinación de las transiciones y grupos intermedios

Se hace una secuencia de las fases consideradas, a continuación se presenta un ejemplo.



#### 9. Determinación del tiempo de ciclo óptimo

Fórmula de Webster.

$$tc = \frac{1,5 * \sum_{i=1}^p (t_{int\ rel}) + 5}{1 - \sum_{i=1}^p (\frac{q_{max\ i}}{q_{sat\ i}})} \quad (15)$$

**tc**= Tiempo de ciclo.

**t int rel**= tiempos intermedios relevantes.

**p**= cantidad de fases

**q sat** = 3600/(rt veh.)

**q max** = flujo máximo de cada fase.

10. Determinación tiempo para cada fase

$$tvi = \frac{tc_{sel} - \sum timrel}{\sum \frac{q_{rel\ i}}{q_{sat\ i}}} \times \frac{qi}{q_{sat\ i}} \quad (16)$$

**tvi**= Tiempo de verde en la fase i.

**tc sel**= Tiempo de ciclo seleccionado.

**Σtimrel**= Sumatoria de tiempos intermedios entre fases.

**q rel i**= flujo relevante fase i.

**q sat i** = flujo saturado fase i.

**qi**= flujo trafico fase i.

11. Evaluación de la calidad del programa de señales

$$Q_{pr, n} = \frac{\sum_{i=1}^n tvi}{n tc_{pr}} \quad (17)$$

$Q_{pr, n}$  esta entre 0.40 y 0.50 La calidad del programa de señales es buena.

$Q_{pr, n} > 0.50$  La calidad del programa de señales es excelente.

**Qpr, n**= Calidad del programa de señales fase “n”



**T<sub>vi</sub>**= Tiempo de verde en la fase i

**n**= Cantidad de fases

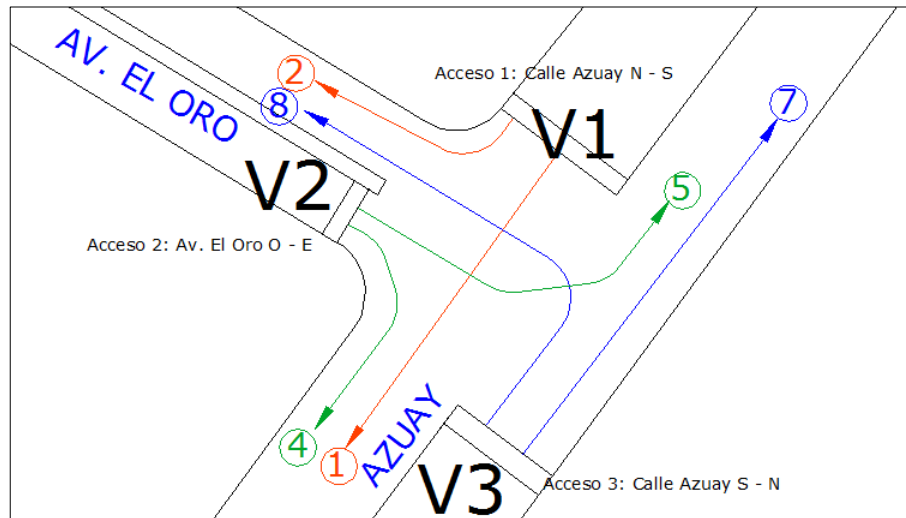
**tc<sub>pr</sub>**= Tiempo de ciclo del programa de señales.

Para las seis intersecciones consideradas se utilizó una hoja electrónica para el cálculo de los tiempos semafóricos.

### 3.1.3 Desarrollo del cálculo de tiempos semafóricos

Se consideró la primera intersección como ejemplo, ya que el proceso descrito es el mismo para todas las intersecciones.

#### 3.1.3.1 Ubicación de señales y grupos de señales



**Figura 3.1: Intersección Calle Azuay y Avenida el Oro.**

#### 3.1.3.2 Determinación de los grupos de señales

Para todas las intersecciones se va a considerar dos fases, ya que son intersecciones simples y no hay mayores conflictos con los giros izquierdos como para generar una tercera fase.

En las intersecciones con cuatro accesos se va agrupar para la fase A V1 y V3 y para la fase B V2 con V4.

Para las intersecciones con tres accesos, para la fase A tendrán derecho al paso los flujos respectivos de V1 y V3 y para la fase B los flujos respectivos de V2.

En el caso de las intersecciones de dos accesos, la fase A serán los flujos de V1 y la fase B los de V2.

### 3.1.3.3 Determinación de la matriz de conflictos:

| Grupo de señales de salida | Grupo de señales de entrada |    |    |
|----------------------------|-----------------------------|----|----|
|                            | V1                          | V2 | V3 |
|                            | V1                          | -- | x  |
|                            | V2                          | x  | -- |
|                            | V3                          | X  | X  |

### 3.1.3.4 Tiempo de sobrepaso

Para todas las intersecciones consideramos un tiempos de sobrepaso (tsp) = 3 segundos.

### 3.1.3.5 Tiempos intermedios

Para el cálculo de tiempos intermedios se utilizó una hoja electrónica utilizando las fórmulas descritas anteriormente con la ayuda de AUTO CAD 2010 para la medición de las distancias de salida y de entrada. Basándose obviamente en la matriz de conflictos.

#### Intersección Azuay y Avenida el Oro.

|                             |                   |
|-----------------------------|-------------------|
| <b>Tiempo de ámbar(Tsp)</b> | <b>3 segundos</b> |
| <b>Velocidad de V1</b>      | 30 km/h           |
| <b>Velocidad de V2</b>      | 30 km/h           |
| <b>Velocidad de V3</b>      | 30km/h            |
| <b>longitud de vehículo</b> | 6 m               |

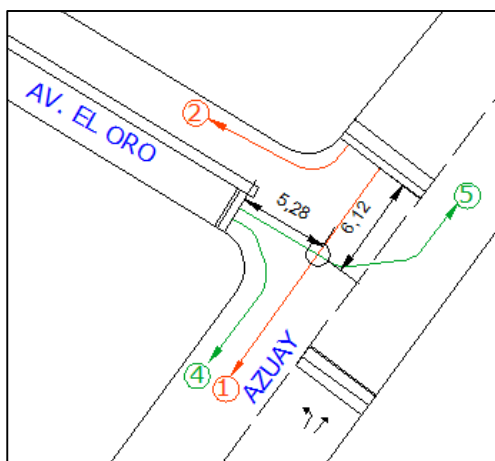


Figura 3.2: Análisis V1 con V2

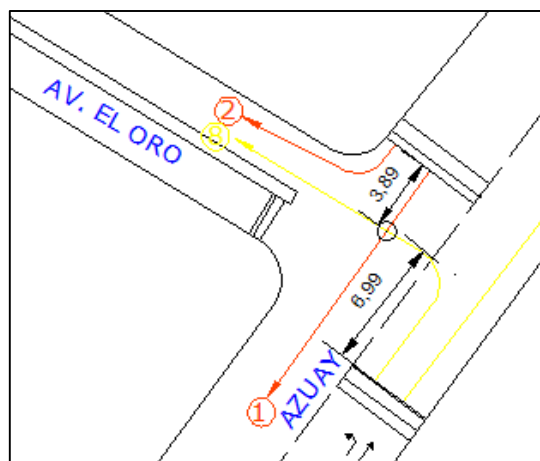


figura 3.3: Análisis V1 con V3

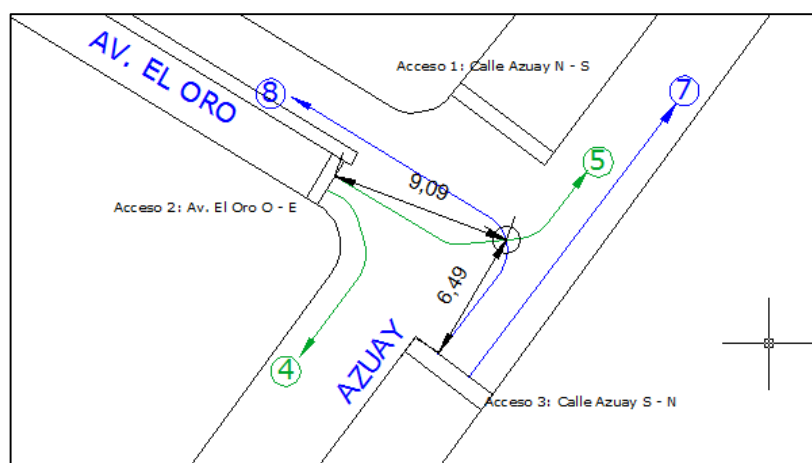


Figura 3.4: Análisis de V2 con V3

**V1-V2**

| distancia de conflicto(m) |      | tiempos de salida(s) |        | distancia de entrada(m) |      | tiempo de entrada(s) |        | tiempo intermedio(s) |        |
|---------------------------|------|----------------------|--------|-------------------------|------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| ds 1                      | 6,12 | ts1                  | 1,4544 | de1                     | 5,28 |                      | 0,6336 |                      | 3,8208 |

Tiempo intermedio V1--V2

4

**V2-V1**

| distancia de conflicto(m) |      | tiempos de salida(s) |        | distancia de entrada(m) |      | tiempo de entrada(s) | tiempo intermedio(s) |
|---------------------------|------|----------------------|--------|-------------------------|------|----------------------|----------------------|
| ds 1                      | 5,28 | ts1                  | 1,3536 | de1                     | 6,12 | 0,7344               | 3,6192               |

Tiempo intermedio V2--V1

4

**V1-V3**

| distancia de conflicto(m) |      | tiempos de salida(s) |        | distancia de entrada(m) |      | tiempo de entrada(s) | tiempo intermedio(s) |
|---------------------------|------|----------------------|--------|-------------------------|------|----------------------|----------------------|
| <b>ds 1</b>               | 3,89 | <b>ts1</b>           | 1,1868 | <b>de1</b>              | 6,99 | 0,8388               | 3,348                |
| Tiempo intermedio V1--V3  |      |                      |        | 4                       |      |                      |                      |

**V3-V1**

| distancia de conflicto(m) |      | tiempos de salida(s) |        | distancia de entrada(m) |      | tiempo de entrada(s) | tiempo intermedio(s) |
|---------------------------|------|----------------------|--------|-------------------------|------|----------------------|----------------------|
| <b>ds 1</b>               | 6,99 | <b>ts1</b>           | 1,5588 | <b>de1</b>              | 3,89 | 0,4668               | 4,092                |
| Tiempo intermedio V3--V1  |      |                      |        | 5                       |      |                      |                      |

**V2-V3**

| distancia de conflicto(m) |      | tiempos de salida(s) |        | distancia de entrada(m) |      | tiempo de entrada(s) | tiempo intermedio(s) |
|---------------------------|------|----------------------|--------|-------------------------|------|----------------------|----------------------|
| <b>ds 1</b>               | 9,09 | <b>ts1</b>           | 1,8108 | <b>de1</b>              | 6,49 | 0,7788               | 4,032                |
| Tiempo intermedio V2--V3  |      |                      |        | 5                       |      |                      |                      |

**V3-V2**

| distancia de conflicto(m) |      | tiempos de salida(s) |        | distancia de entrada(m) |      | tiempo de entrada(s) | tiempo intermedio(s) |
|---------------------------|------|----------------------|--------|-------------------------|------|----------------------|----------------------|
| <b>ds 1</b>               | 6,49 | <b>ts1</b>           | 1,4988 | <b>de1</b>              | 9,09 | 1,0908               | 3,408                |
| Tiempo intermedio V3--V2  |      |                      |        | 4                       |      |                      |                      |

|                        |          |
|------------------------|----------|
| <b>t intermedio V1</b> | <b>4</b> |
| <b>t intermedio V2</b> | <b>5</b> |
| <b>t intermedio V3</b> | <b>5</b> |

## 3.1.3.6 Márgenes de acotación.

| <b>MARGENES DE ACOTACION</b>  |             |
|-------------------------------|-------------|
| <b>tiempo mínimo de verde</b> | 15 segundos |
| <b>tiempo mínimo de ciclo</b> | 45 segundos |
| <b>múltiplos de ciclo</b>     | 15 segundos |
| <b>q sat</b>                  | 1800 veh/h  |

## 3.1.3.7 Determinación de las fases

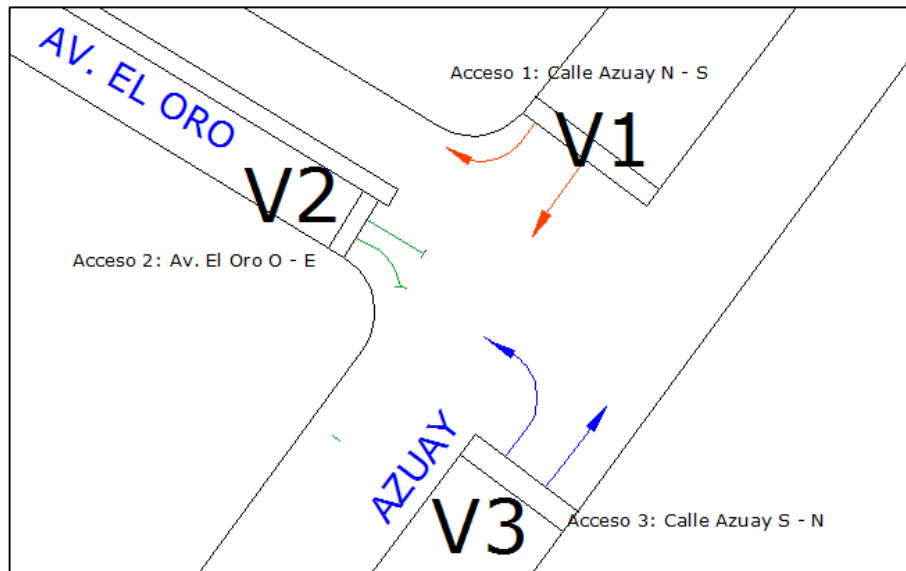


Figura 3.5: FASE A

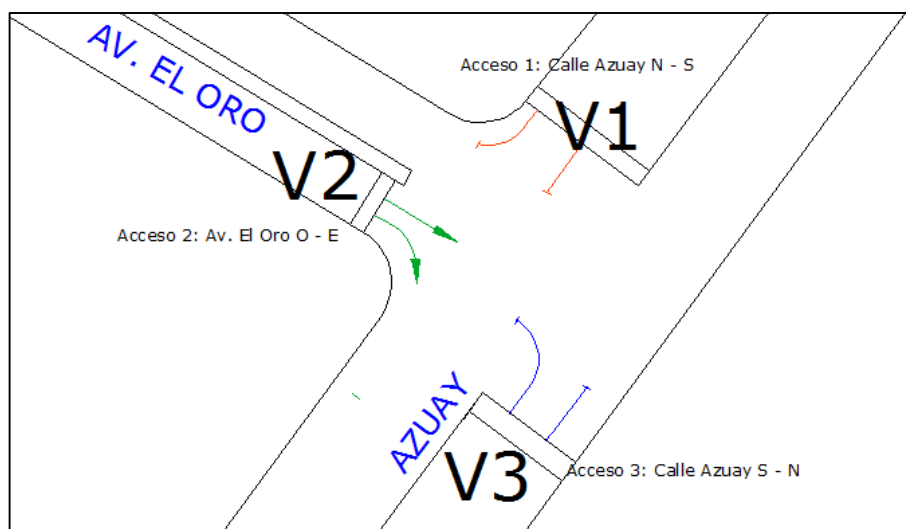
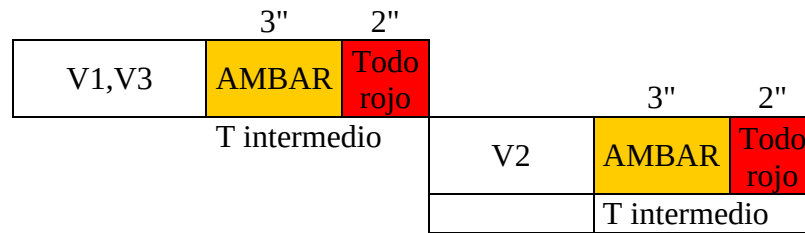


Figura 3.6: FASE B

## 3.1.3.8 Determinación de transiciones y grupos intermedios



## 3.1.3.9 Determinación de los tiempos de ciclo

Se utilizó la fórmula de Webster descrita anteriormente.

Para obtener los flujos vehiculares se tomó en cuenta el volumen de vehículos de la hora pico mayor durante el día y se pasó a vehículos equivalentes con la siguiente tabla:

Tabla 3.1: Equivalencia a vehículos livianos

| EQUIVALENCIA A VEHICULOS LIVIANOS |                       |
|-----------------------------------|-----------------------|
| clase de vehículos                | valor urbano estándar |
| livianos                          | 1                     |
| motocicleta                       | 0,75                  |
| camiones                          | 2                     |
| buses                             | 3                     |
| bicicletas                        | 0,33                  |

Fuente: MTT BOGOTÁ

| FASE 1     |         |           |          |
|------------|---------|-----------|----------|
| frontal    | derecha | izquierda |          |
| 81         | 51      | 0         | Acceso 1 |
| 59         | 0       | 47        | Acceso 3 |
| q relativo | 238     |           |          |
| q Max      | 132     |           |          |

| FASE 2     |         |           |          |
|------------|---------|-----------|----------|
| frontal    | derecha | izquierda |          |
| 0          | 108     | 118       | Acceso 2 |
| 0          | 0       | 0         | Acceso 4 |
| q relativo | 226     |           |          |
| q Max      | 226     |           |          |

|           |                    |
|-----------|--------------------|
| <b>tc</b> | <b>32,46618106</b> |
| <b>tc</b> | 45 mínimo          |

### 3.1.3.10 Determinación del tiempo para casa fase

|                  |           |
|------------------|-----------|
| <b>TV fase 1</b> | <b>18</b> |
| <b>TV fase 2</b> | 17        |

| <b>fase 1</b>               |    | <b>fase 2</b>    |    |
|-----------------------------|----|------------------|----|
| <b>verde</b>                | 18 | <b>verde</b>     | 17 |
| <b>ámbar</b>                | 3  | <b>ámbar</b>     | 3  |
| <b>todo rojo</b>            | 2  | <b>todo rojo</b> | 2  |
| <b>tiempo de transición</b> | 23 |                  | 22 |

| <b>inicio</b> |    | <b>fin</b> |    |
|---------------|----|------------|----|
| <b>fase 1</b> | 0  |            | 23 |
| <b>fase 2</b> | 23 |            | 45 |

### 3.1.3.11 Evaluación del programa de señales

|                     |                           |
|---------------------|---------------------------|
| <b>tv1</b>          | <b>18</b>                 |
| <b>tv2</b>          | 17                        |
| <b>n</b>            | 2                         |
| <b>tc</b>           | 45                        |
| <b>Q por fase A</b> | 0,4 Plan de señales Bueno |

Para el resto de intersecciones se siguió la misma metodología tomando en cuenta los accesos y sus flujos. A continuación se presenta una tabla resumen:

**Tabla 3.2: Resumen tiempos semafóricos según Metodología RILSA**

|                       | <b>FASE A</b>   |       |           | <b>FASE B</b>   |       |           | <b>tiempo de ciclo</b> | <b>Q por</b> |
|-----------------------|-----------------|-------|-----------|-----------------|-------|-----------|------------------------|--------------|
|                       | tiempo de verde | ámbar | todo rojo | tiempo de verde | ámbar | todo rojo |                        |              |
| <b>Intersección 2</b> | 19              | 3     | 1         | 18              | 3     | 1         | 45                     | 0,411        |
| <b>Intersección 3</b> | 22              | 3     | 2         | 14              | 3     | 1         | 45                     | 0,4          |
| <b>Intersección 4</b> | 30              | 3     | 3         | 18              | 3     | 3         | 60                     | 0,4          |
| <b>Intersección 5</b> | 24              | 3     | 3         | 25              | 3     | 2         | 60                     | 0,408        |
| <b>Intersección 6</b> | 30              | 3     | 2         | 20              | 3     | 2         | 60                     | 0,416        |

**Fuente: Elaboración Propia.**

### 3.1.4 Optimización de tiempos semafóricos

Para la optimización de tiempos semafóricos se utilizó el programa lisa + 4 para luego hacer una comparación de lo obtenido con los cálculos realizados en la hoja electrónica.

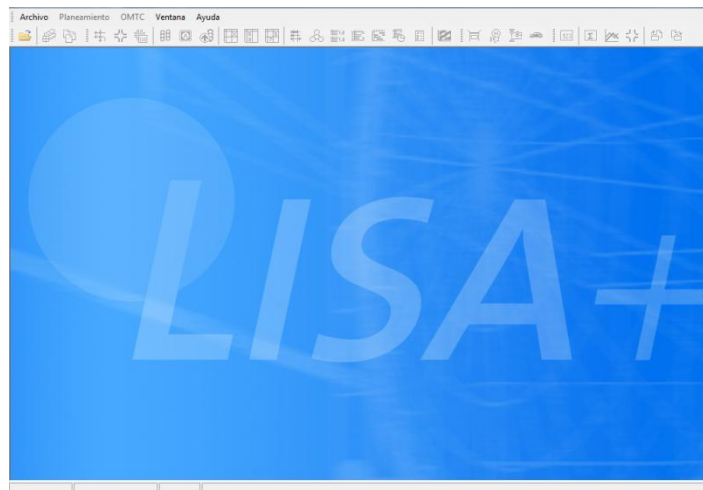
#### 3.1.4.1 Descripción del software

Esta herramienta informática nos permite optimizar los tiempos semafóricos, de tal manera que la intersección considerada trabaje de una manera eficiente, pudiendo modelar distintos planes de señales para diferentes horas del día y la noche.

#### 3.1.4.2 Ejemplo de cálculo

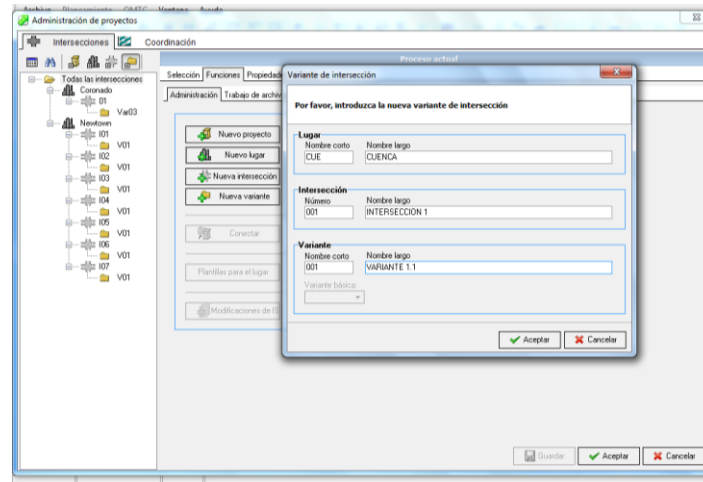
Para un mayor entendimiento a continuación se presenta una guía de la utilización del programa, ejemplificado con la intersección número tres correspondiente a la Avenida El Oro y Calasanz.

En la página inicial vamos a archivo nuevo, nuevo proyecto y nuevo lugar.

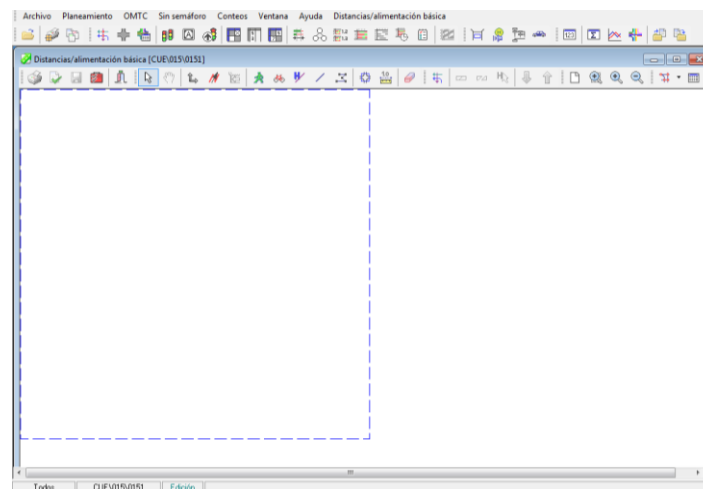


Luego de eso creamos una nueva intersección en este caso sería intersección 3

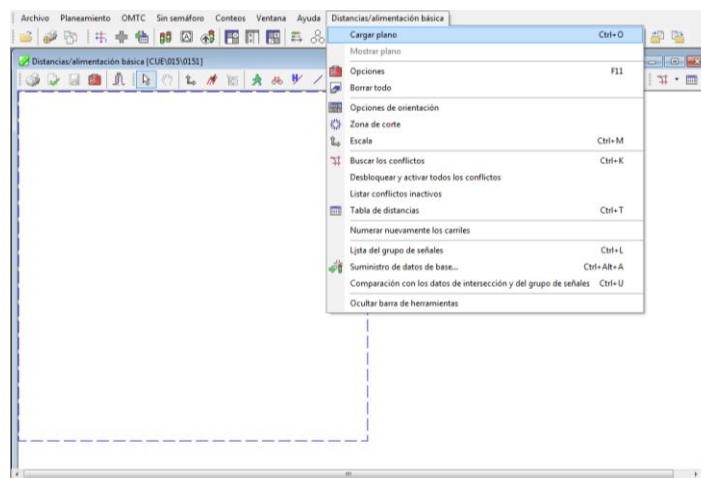




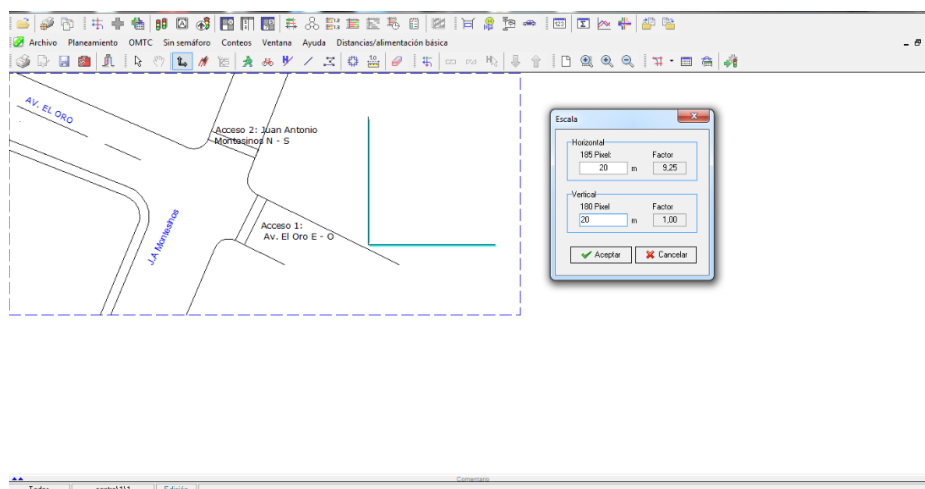
En la parte izquierda aparece el icono de la intersección y de la variante, la cual le habilitamos para poder trabajar en la misma, queda de la siguiente manera (👉) damos un clic en Aceptar. Nos aparece la siguiente ventana:



Antes de cargar el plano de la intersección vamos a AUTO CAD y a lado de la intersección creamos dos líneas de dimensión conocida, una horizontal y una vertical. Y lo guardamos en versión jpg, luego vamos a planeamiento distancias/alimentación básica y cargamos el plano.

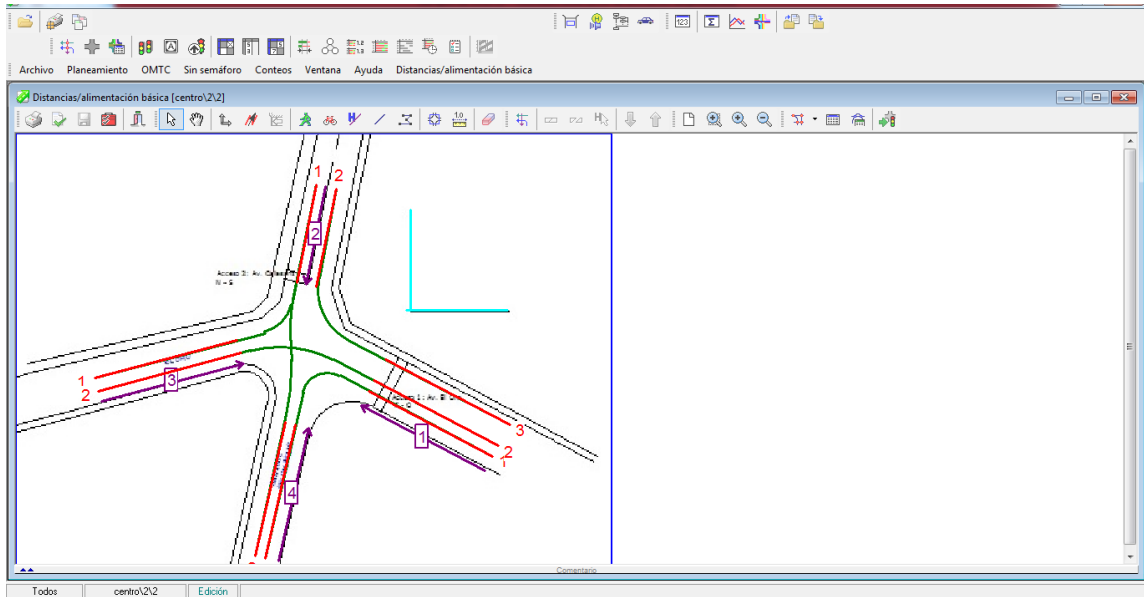


Las líneas horizontal y vertical dibujadas anteriormente nos servirán para trazar una escala, luego de cargado el plano damos clic en introducir escala  e introducimos primeramente la escala horizontal y posteriormente la vertical y digitamos las dimensiones conocidas de las líneas.

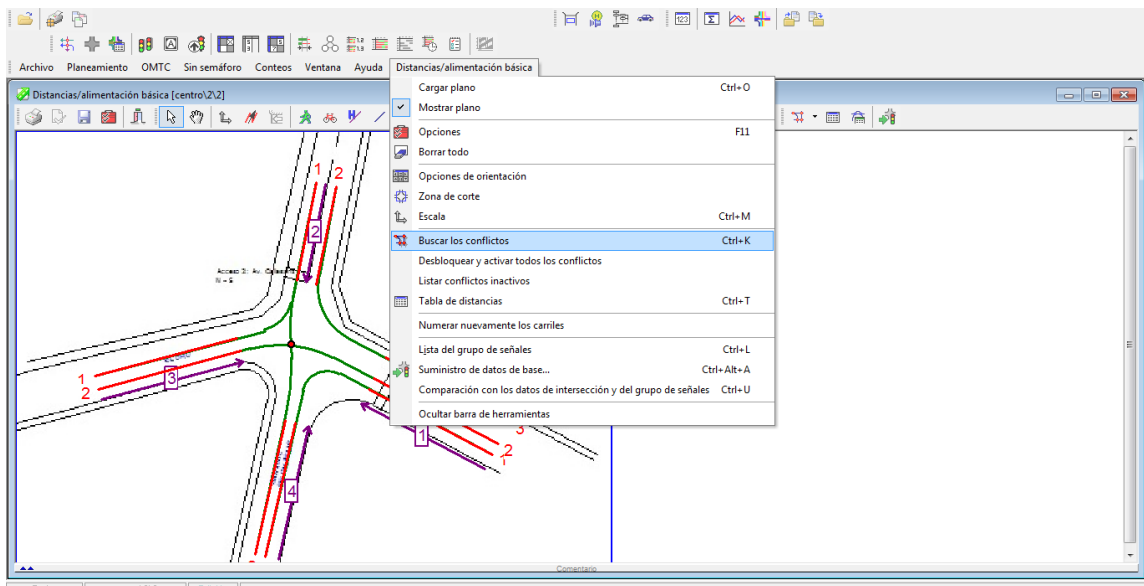


Luego de eso ingresamos los brazos de la intersección con el siguiente eje de brazos de intersección , para las vías que son doble sentido colocamos los brazos en la mitad, cuando estén creados los brazos creamos los carriles, debemos señalar primeramente el brazo y luego crear el carril, cada línea representa un nuevo carril, luego vamos a Distancia/Alimentación básica y enumeramos nuevamente los carriles.

Luego creamos las líneas de recorrido de acuerdo a los sentidos de circulación de las intersecciones estudiadas. Señalamos primero de donde viene y luego a donde va.



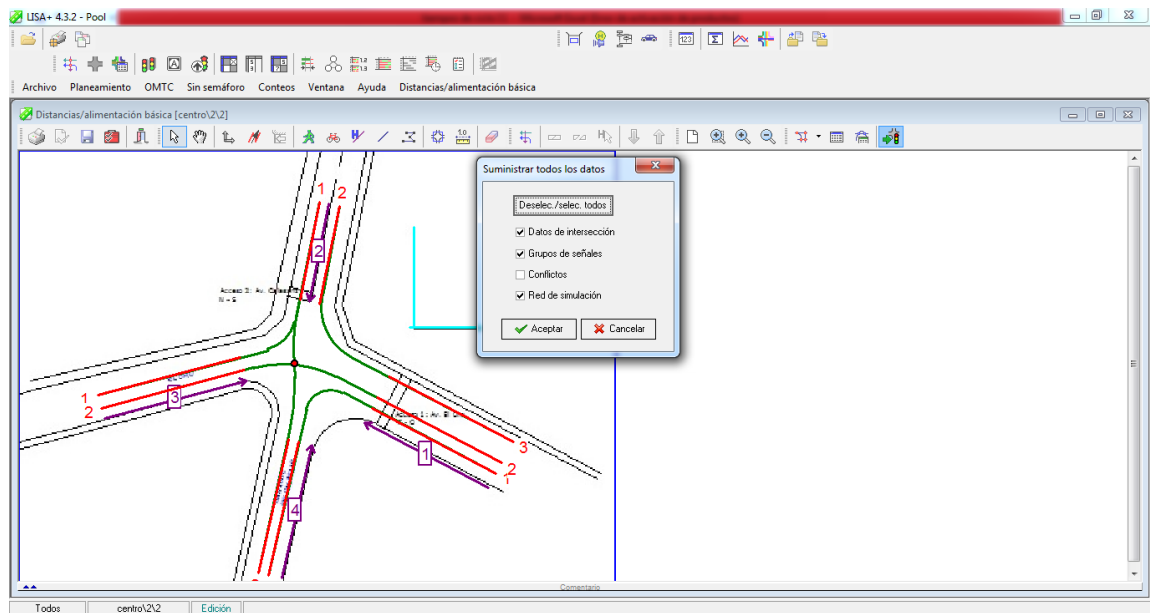
Vamos a distancia/alimentación básica y buscamos los conflictos.



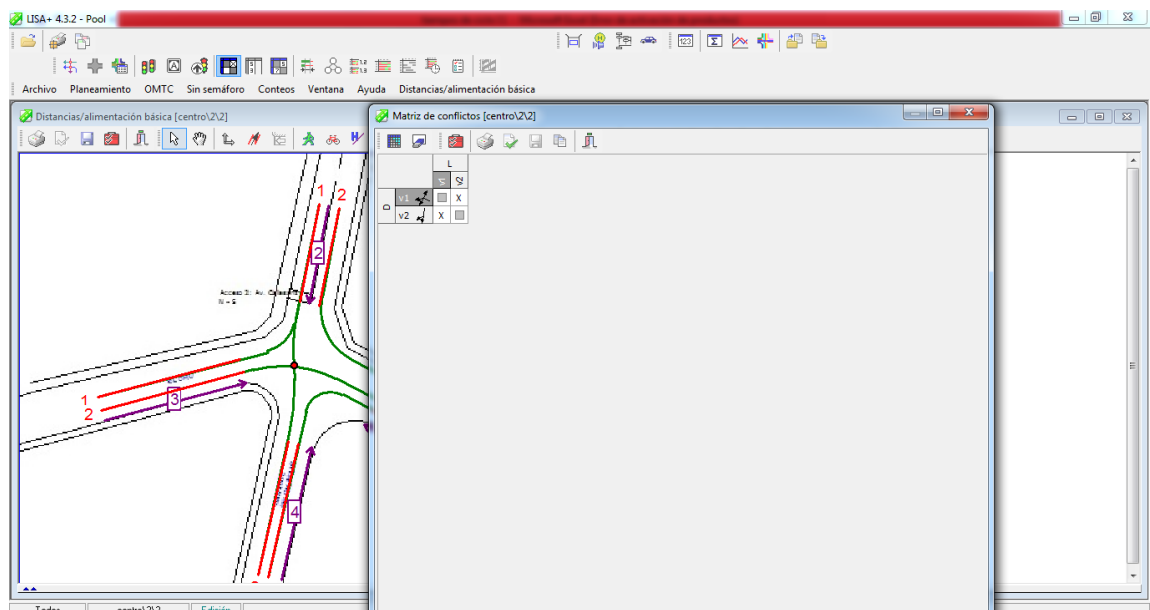
Una vez que aparecen los conflictos bloqueamos y desactivamos los puntos de conflictos repetidos dando doble clic sobre el punto.

Para dar los grupos de señales señalamos las líneas de recorrido y creamos los grupos de carriles V1 y V2.

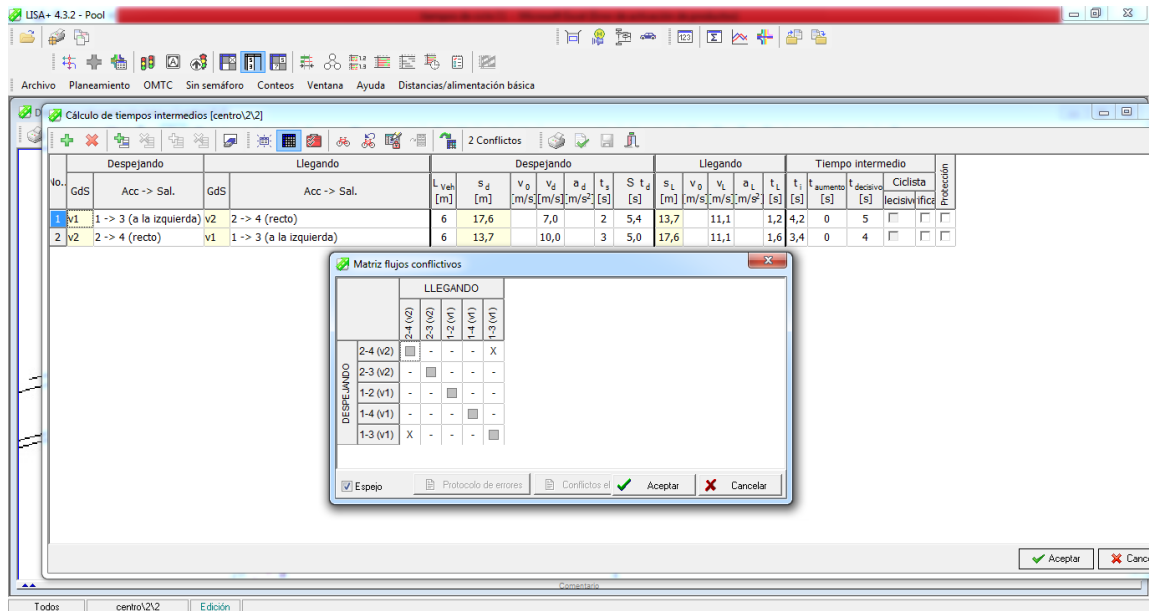
Luego damos clic en “suministrar datos a la base” para poder modificar la matriz de conflictos.



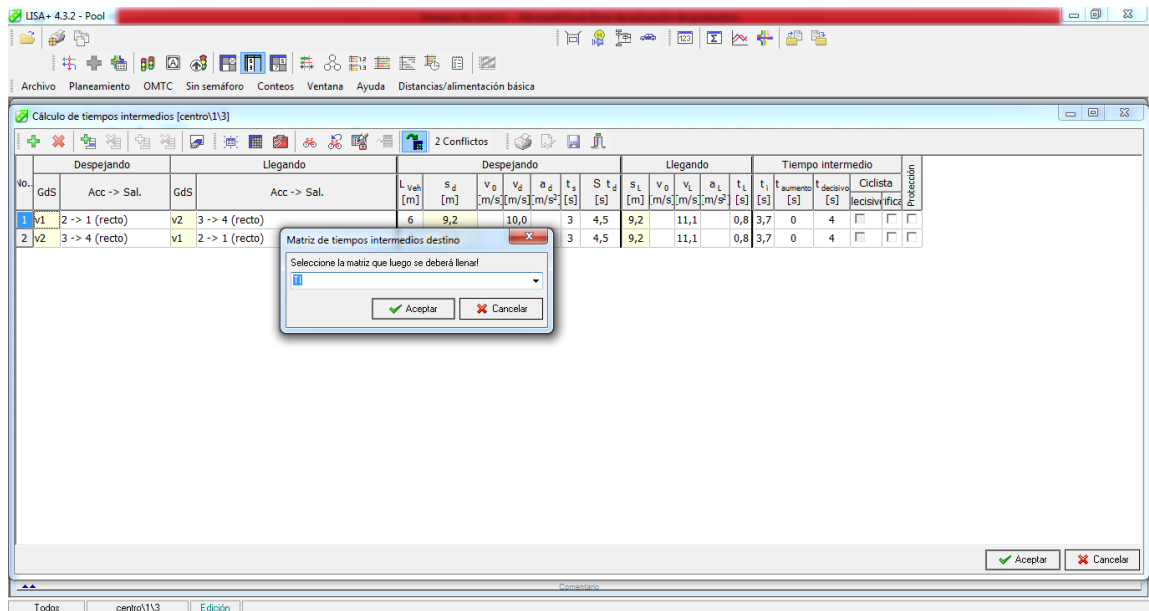
Para crear la matriz de conflictos lo realizamos de la siguiente manera y la llenamos de acuerdo al análisis de los puntos de conflicto.



Luego calculamos la matriz de tiempos intermedios y analizamos el conflicto.



En este caso el análisis se hará para un punto de conflicto analizando V1 con V2 y V2 con V1 y escoge automáticamente el tiempo intermedio.



Para ingresar los datos de la intersección que se van a considerar en el cálculo vamos a “planeamiento” “datos de evaluación”, ingresamos los datos de los flujos de la hora pico los cuales obtuvimos del análisis de tráfico.

| ACCESO 1 |         |           |
|----------|---------|-----------|
| frontal  | derecha | izquierda |
| 33       | 54      | 82        |
|          |         |           |
| ACCESO 2 |         |           |
| frontal  | derecha | izquierda |
| 78       | 18      | 0         |

Tabla 3.3: Flujos hora de máxima demanda intersección 3.

Datos de evaluación [CUE\015\0151]

Demanda: Demanda estándar

Parametros de evaluación

| Veh | Hacia brazo | 4 | 3 | 2 | 1 |
|-----|-------------|---|---|---|---|
| 4   |             |   |   |   |   |
| 3   |             |   |   |   |   |

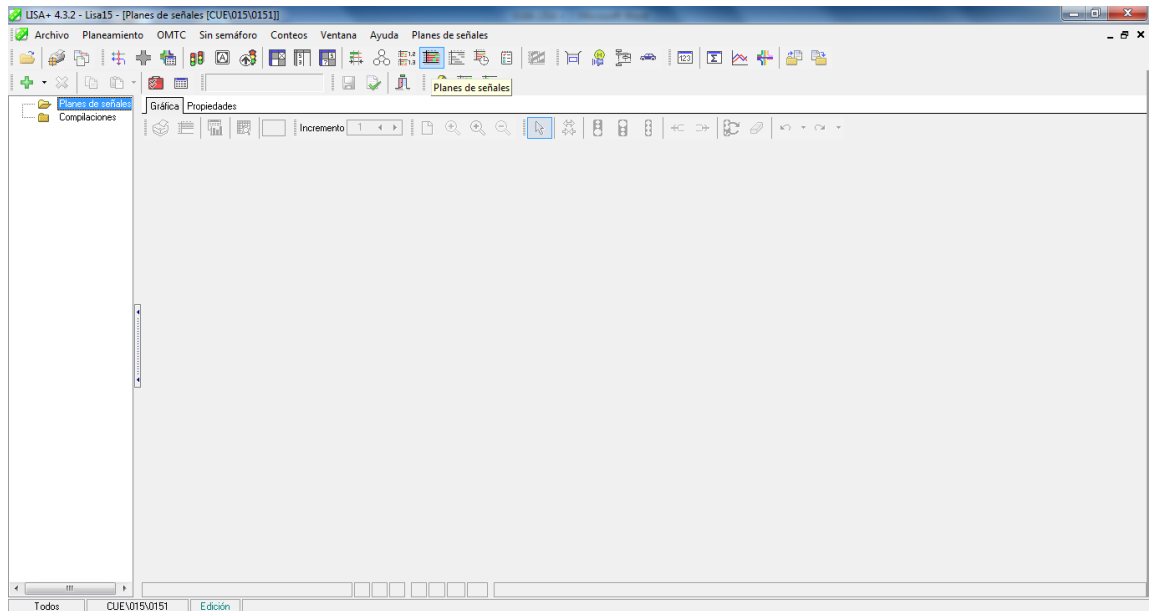
Distribución de vehículos

| de vehículos | Cantidad | Porcentaje % |
|--------------|----------|--------------|
| Auto         |          |              |
| Moto         |          |              |
| Camión       |          |              |
| Remolcador   |          |              |
| Otros        |          |              |
| <b>Total</b> | 100      | 100%         |

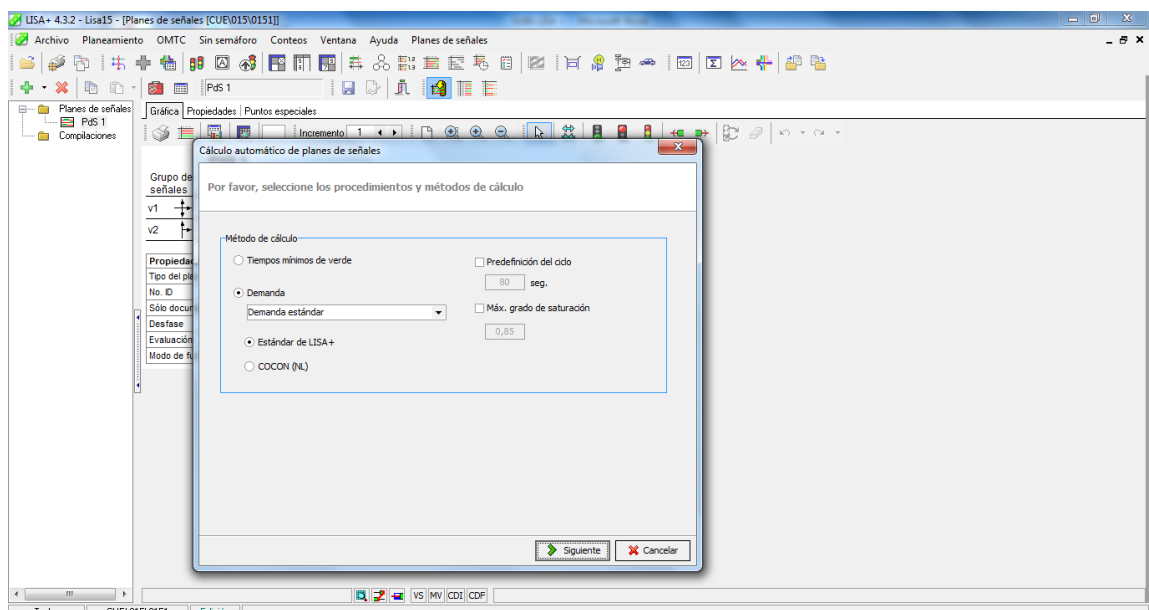
Procentaje de TPe

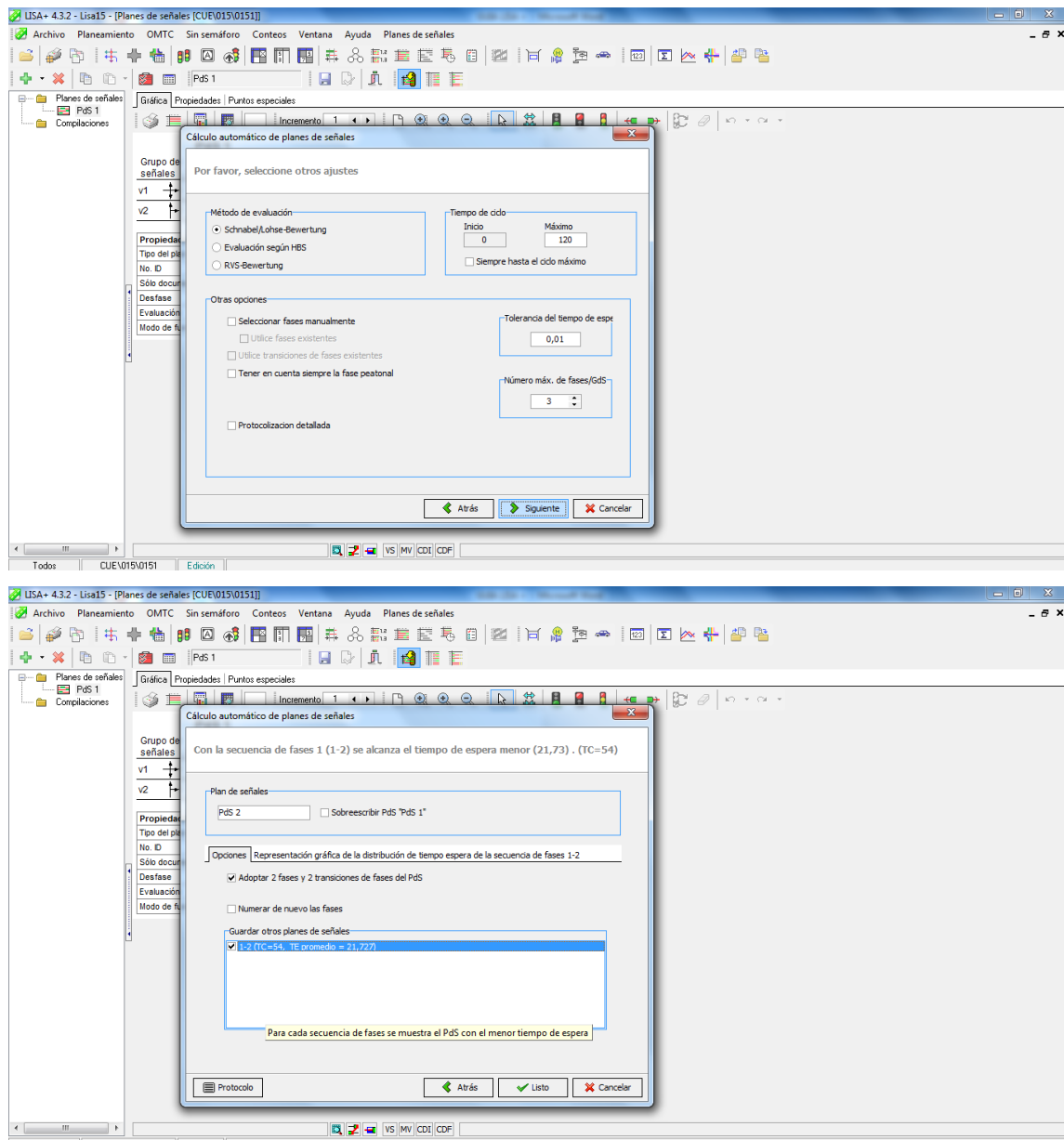
Aceptar Cancelar

Para crear el plan de señales hacemos clic en “plan de señales” y nos aparecerá la siguiente ventana.



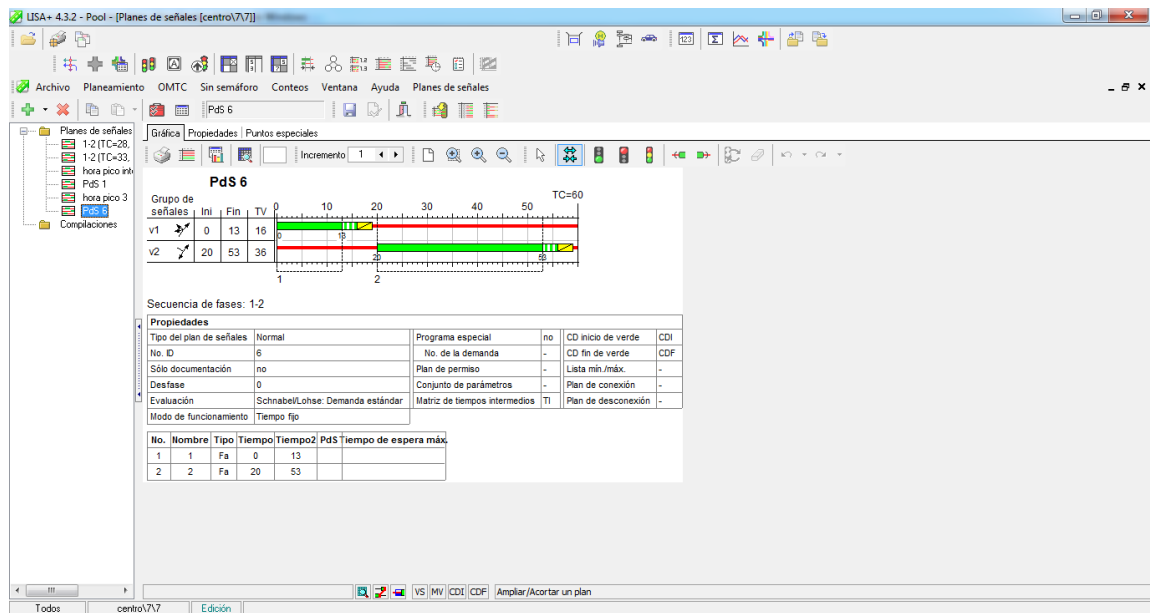
“cálculo automático de plan de señales” y seleccionamos las condiciones en las que vamos a calcular el plan de señales.





Tendremos como resultado en siguiente cuadro que nos servirá posteriormente para el cálculo del nivel de servicio considerando semaforización





## 3.1.4.3 Plan de señales optimizadas de las seis intersecciones

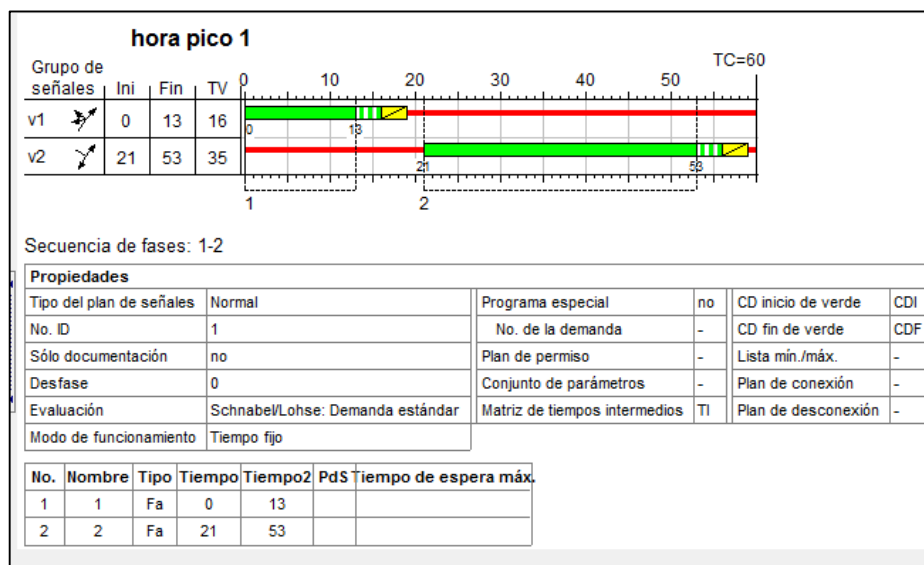


Figura 3.7: Intersección Calle Azuay y Avenida el Oro.

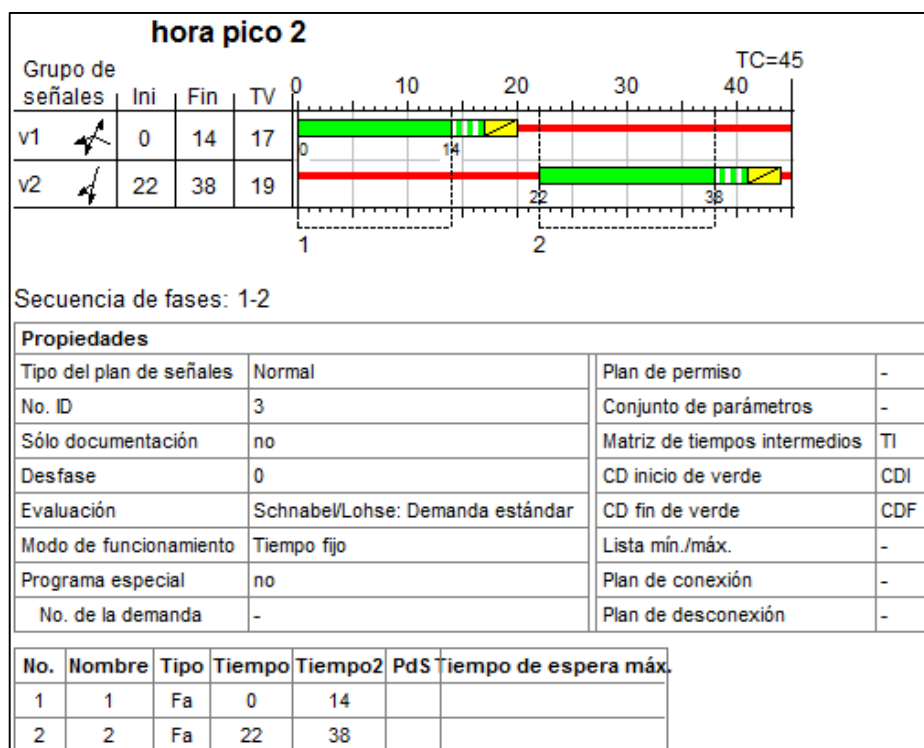


Figura 3.8: Intersección Avenida el Oro y Juan Antonio Montesinos

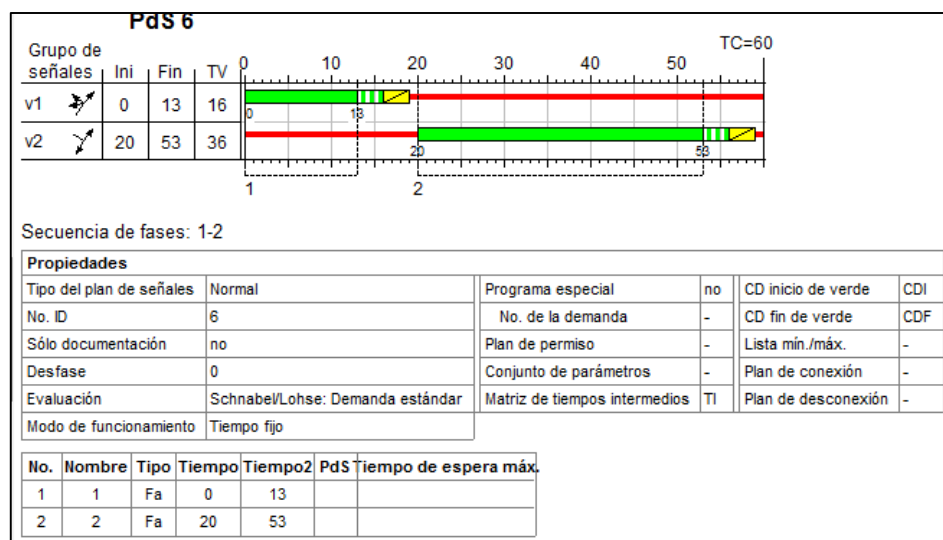


Figura 3.9: Intersección Avenida el Oro y Calasanz.

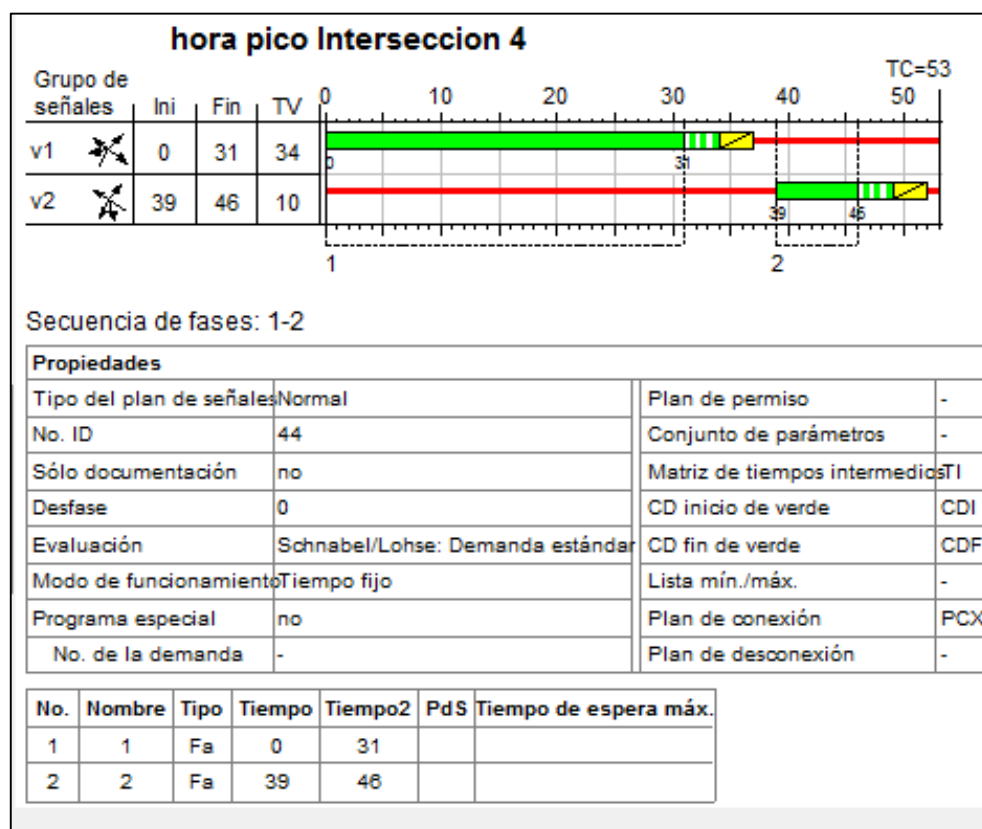


Figura 3.10: Intersección Panamericana y 10 de Marzo.

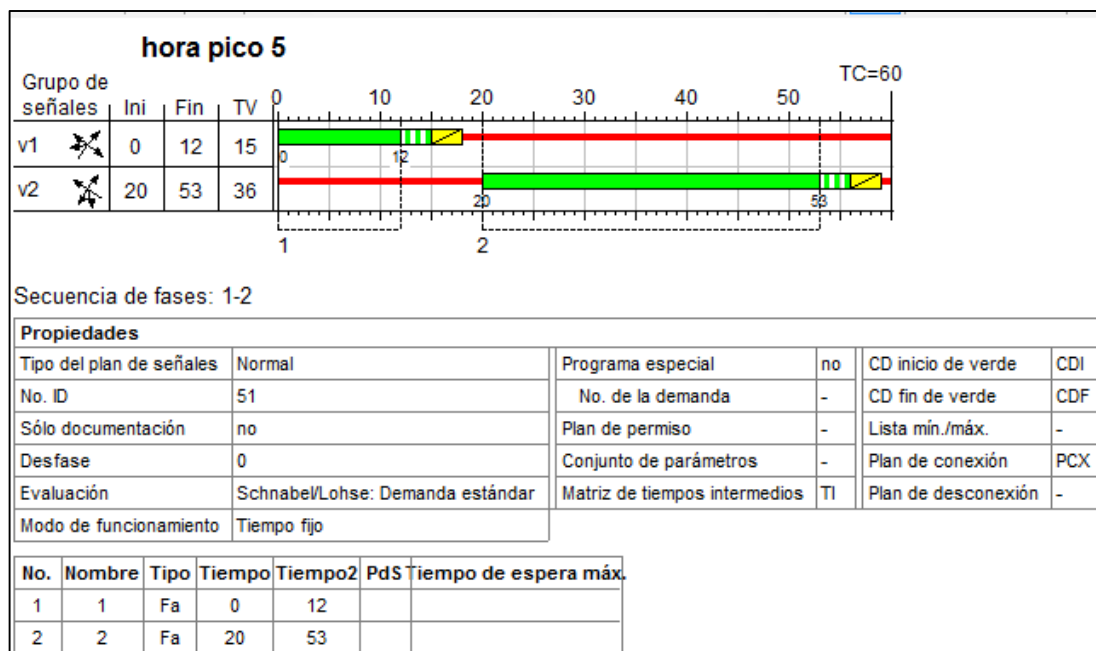


Figura 3.11: Intersección Azuay y 10 de Marzo.

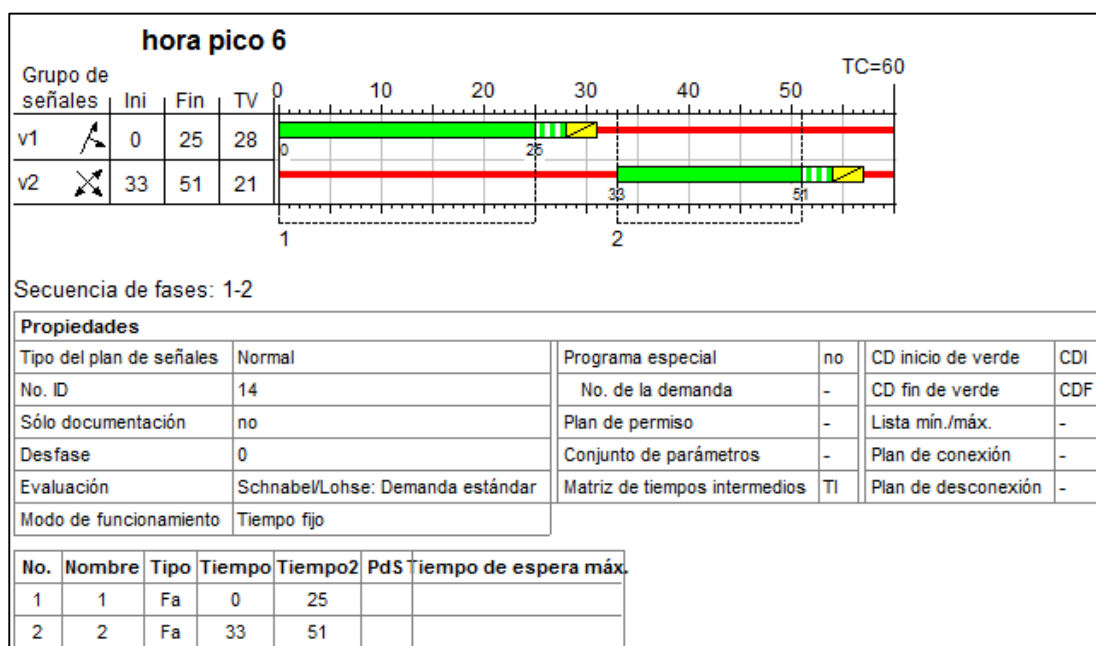


Figura 3.12: Intersección Loja y 10 de Marzo.

Tabla 3.4: Tiempos semafóricos optimizados

| OPTIMIZACIÓN   |                 |       |           |                 |       |           |                 |
|----------------|-----------------|-------|-----------|-----------------|-------|-----------|-----------------|
|                | FASE A          |       |           | FASE B          |       |           | tiempo de ciclo |
|                | tiempo de verde | ámbar | todo rojo | tiempo de verde | ámbar | todo rojo |                 |
| Intersección 1 | 16              | 3     | 2         | 35              | 3     | 1         | 60              |
| Intersección 2 | 17              | 3     | 2         | 19              | 3     | 1         | 45              |
| Intersección 3 | 16              | 3     | 1         | 36              | 3     | 1         | 60              |
| Intersección 4 | 34              | 3     | 2         | 10              | 3     | 1         | 53              |
| Intersección 5 | 15              | 3     | 2         | 36              | 3     | 1         | 60              |
| Intersección 6 | 28              | 3     | 2         | 21              | 3     | 3         | 60              |

Fuente: Elaboración propia

### 3.2 Cálculo de niveles de servicio de las intersecciones

#### 3.2.1 Nivel de servicio intersecciones no semaforizadas

Para el cálculo de nivel de servicio de la intersección hemos utilizado en software Aisum 8.1, en el cual se ha hecho una modelación microscópica, debidamente fundamentada en el Highway Manual Capacity 2000.

##### 3.2.1.1 Trazado de la red

Para el trazado de la red se ha utilizado el plano actualizado del centro urbano de Saraguro, proporcionado por el departamento de Obras Públicas del Gobierno Autónomo Descentralizado Intercultural de Saraguro, ingresando sus características geométricas y las velocidades de circulación además los datos obtenidos en el análisis de tráfico.

Se hizo una calibración del modelo mediante los aforos, obteniendo resultados del GEN menor de 5 y un nivel de confiabilidad del 95%.

#### 3.2.2 Nivel de servicio de la situación actual

A continuación se detalla el cálculo de niveles de servicio de la situación actual de las seis intersecciones.

## INTERSECCIÓN AVENIDA EL ORO Y AZUAY

Los datos ingresados para la simulación microscópica son los siguientes, correspondientes a la hora de máxima demanda:

Tabla 3.5: Flujo Vehicular y composición hora de máxima demanda Intersección 1

| ACCESO 1 |             |             |               | TOTA  | PORCENTAJE  |             |               |
|----------|-------------|-------------|---------------|-------|-------------|-------------|---------------|
|          | FRONTA<br>L | DERECH<br>A | IZQUIERD<br>A | L     | FRONTA<br>L | DERECH<br>A | IZQUIERD<br>A |
| LIVIANOS | 64          | 54          | 0             | 117   | 54,26%      | 45,74%      | 0,00%         |
| BUSES    | 5           | 3           | 0             | 7     | 65,22%      | 34,78%      | 0,00%         |
| CAMIONES | 5           | 2           | 0             | 7     | 76,74%      | 23,26%      | 0,00%         |
|          |             |             |               | 132   |             |             |               |
| ACCESO 2 |             |             |               | TOTAL | PORCENTAJE  |             |               |
|          | FRONTA<br>L | DERECH<br>A | IZQUIERD<br>A |       | FRONTA<br>L | DERECH<br>A | IZQUIERD<br>A |
| LIVIANOS | 0           | 113         | 98            | 211   | 0,00%       | 53,52%      | 46,48%        |
| BUSES    | 0           | 6           | 17            | 23    | 0,00%       | 25,69%      | 74,31%        |
| CAMIONES | 0           | 0           | 1             | 1     | 0,00%       | 22,22%      | 77,78%        |
|          |             |             |               | 235   |             |             |               |
| ACCESO 3 |             |             |               | TOTAL | PORCENTAJE  |             |               |
|          | FRONTA<br>L | DERECH<br>A | IZQUIERD<br>A |       | FRONTA<br>L | DERECH<br>A | IZQUIERD<br>A |
| LIVIANOS | 57          | 0           | 55            | 112   | 51,08%      | 0,00%       | 48,92%        |
| BUSES    | 5           | 0           | 1             | 6     | 86,49%      | 0,00%       | 13,51%        |
| CAMIONES | 2           | 0           | 0             | 2     | 84,62%      | 0,00%       | 15,38%        |
|          |             |             |               | 120   |             |             |               |

Tabla 3.6: Flujo Vehicular y composición hora de máxima demanda Intersección 2.

| ACCESO 1     |             |             |               | TOTA | PORCENTAJE  |             |           |
|--------------|-------------|-------------|---------------|------|-------------|-------------|-----------|
|              | FRONT<br>AL | DERECH<br>A | IZQUIER<br>DA | L    | FRONT<br>AL | DERECH<br>A | IZQUIERDA |
| LIVIANO<br>S | 167         | 0           | 35            | 201  | 82,80%      | 0,00%       | 17,20%    |
| BUSES        | 2           | 0           | 0             | 2    | 100,00%     | 0,00%       | 0,00%     |
| CAMIONES     | 3           | 0           | 3             | 6    | 47,37%      | 0,00%       | 52,63%    |
|              |             |             |               | 209  |             |             |           |
| ACCESO 2     |             |             |               | TOTA | PORCENTAJE  |             |           |
|              | FRONT<br>AL | DERECH<br>A | IZQUIER<br>DA | L    | FRONT<br>AL | DERECH<br>A | IZQUIERDA |

|                 |    |    |   |     |        |        |       |
|-----------------|----|----|---|-----|--------|--------|-------|
| <b>LIVIANOS</b> | 88 | 81 | 0 | 169 | 51,81% | 48,19% | 0,00% |
| <b>BUSES</b>    | 1  | 0  | 0 | 1   | 77,78% | 22,22% | 0,00% |
| <b>CAMIONES</b> | 3  | 13 | 0 | 16  | 20,59% | 79,41% | 0,00% |
|                 |    |    |   | 187 |        |        |       |

Tabla 3.7: Flujo vehicular y composición hora de máxima demanda Intersección 3

|                 | ACCESO 1 |         |           | TOTAL | PORCENTAJE |         |           |
|-----------------|----------|---------|-----------|-------|------------|---------|-----------|
|                 | FRONTAL  | DERECHA | IZQUIERDA |       | FRONTAL    | DERECHA | IZQUIERDA |
| <b>LIVIANOS</b> | 24       | 50      | 87        | 161   | 14,80%     | 31,30%  | 53,90%    |
| <b>BUSES</b>    | 2        | 3       | 0         | 5     | 35,71%     | 57,14%  | 7,14%     |
| <b>CAMIONES</b> | 4        | 4       | 5         | 14    | 30,95%     | 28,57%  | 40,48%    |
|                 |          |         |           | 179   |            |         |           |
|                 | ACCESO 2 |         |           | TOTAL | PORCENTAJE |         |           |
|                 | FRONTAL  | DERECHA | IZQUIERDA |       | FRONTAL    | DERECHA | IZQUIERDA |
| <b>LIVIANOS</b> | 61       | 14      | 0         | 75    | 81,37%     | 18,63%  | 0,00%     |
| <b>BUSES</b>    | 4        | 1       | 0         | 5     | 73,53%     | 26,47%  | 0,00%     |
| <b>CAMIONES</b> | 11       | 3       | 0         | 14    | 80,95%     | 19,05%  | 0,00%     |
|                 |          |         |           | 94    |            |         |           |

Tabla 3.8: Flujo vehicular y composición hora de máxima demanda intersección 4

|                 | ACCESO 1 |         |           | TOTAL | PORCENTAJE |         |           |
|-----------------|----------|---------|-----------|-------|------------|---------|-----------|
|                 | FRONTAL  | DERECHA | IZQUIERDA |       | FRONTAL    | DERECHA | IZQUIERDA |
| <b>LIVIANOS</b> | 80       | 26      | 6         | 112   | 71,47%     | 23,49%  | 5,04%     |
| <b>BUSES</b>    | 2        | 1       | 0         | 3     | 66,67%     | 33,33%  | 0,00%     |
| <b>CAMIONES</b> | 36       | 2       | 1         | 39    | 91,43%     | 5,71%   | 2,86%     |
|                 |          |         |           | 155   |            |         |           |
|                 | ACCESO 2 |         |           | TOTAL | PORCENTAJE |         |           |
|                 | FRONTAL  | DERECHA | IZQUIERDA |       | FRONTAL    | DERECHA | IZQUIERDA |
| <b>LIVIANOS</b> | 7        | 89      | 18        | 114   | 6,36%      | 77,68%  | 15,96%    |
| <b>BUSES</b>    | 0        | 2       | 0         | 2     | 0,00%      | 100,00% | 0,00%     |
| <b>CAMIONES</b> | 0        | 3       | 0         | 3     | 0,00%      | 100,00% | 0,00%     |

| ES       |         |         |           |       |            |         |           |
|----------|---------|---------|-----------|-------|------------|---------|-----------|
| 120      |         |         |           |       |            |         |           |
| ACCESO 3 |         |         |           | TOTAL | PORCENTAJE |         |           |
|          | FRONTAL | DERECHA | IZQUIERDA |       | FRONTAL    | DERECHA | IZQUIERDA |
| LIVIANOS | 85      | 10      | 21        | 116   | 72,82%     | 8,74%   | 18,45%    |
| BUSES    | 0       | 0       | 4         | 4     | 0,00%      | 0,00%   | 100,00%   |
| CAMIONES | 43      | 0       | 2         | 45    | 95,00%     | 0,00%   | 5,00%     |
| 165      |         |         |           |       |            |         |           |
| ACCESO 4 |         |         |           | TOTAL | PORCENTAJE |         |           |
|          | FRONTAL | DERECHA | IZQUIERDA |       | FRONTAL    | DERECHA | IZQUIERDA |
| LIVIANOS | 17      | 5       | 13        | 35    | 48,86%     | 15,07%  | 36,07%    |
| BUSES    | 0       | 0       | 0         | 0     | 0%         | 0%      | 0%        |
| CAMIONES | 1       | 1       | 0         | 2     | 50,00%     | 50,00%  | 0,00%     |
| 38       |         |         |           |       |            |         |           |

Tabla 3.9: Flujo vehicular y composición hora de máxima demanda Intersección 5

| ACCESO 1 |         |         |           | TOTAL | PORCENTAJE |         |           |
|----------|---------|---------|-----------|-------|------------|---------|-----------|
|          | FRONTAL | DERECHA | IZQUIERDA |       | FRONTAL    | DERECHA | IZQUIERDA |
| LIVIANOS | 44      | 53      | 81        | 177   | 24,55%     | 29,91%  | 45,55%    |
| BUSES    | 0       | 0       | 5         | 5     | 0,00%      | 0,00%   | 100,00%   |
| CAMIONES | 1       | 1       | 1         | 3     | 50,00%     | 22,22%  | 27,78%    |
| 185      |         |         |           |       |            |         |           |
| ACCESO 2 |         |         |           | TOTAL | PORCENTAJE |         |           |
|          | FRONTAL | DERECHA | IZQUIERDA |       | FRONTAL    | DERECHA | IZQUIERDA |
| LIVIANOS | 24      | 3       | 24        | 51    | 46,50%     | 6,69%   | 46,82%    |
| BUSES    | 0       | 0       | 0         | 0     | 0,00%      | 0,00%   | 100,00%   |
| CAMIONES | 2       | 0       | 1         | 3     | 78,95%     | 0,00%   | 21,05%    |
| 54       |         |         |           |       |            |         |           |
| ACCESO 3 |         |         |           | TOTAL | PORCENTAJE |         |           |
|          | FRONTAL | DERECHA | IZQUIERDA |       | FRONTAL    | DERECHA | IZQUIERDA |
| LIVIANOS | 29      | 9       | 5         | 43    | 67,42%     | 20,22%  | 12,36%    |
| BUSES    | 1       | 0       | 0         | 1     | 100,00%    | 0,00%   | 0,00%     |
| CAMIONES | 1       | 0       | 0         | 1     | 77,78%     | 22,22%  | 0,00%     |



|          |        |        |          |      |            |         |           |
|----------|--------|--------|----------|------|------------|---------|-----------|
| 46       |        |        |          |      |            |         |           |
| ACCESO 4 |        |        |          | TOTA | PORCENTAJE |         |           |
|          | FRONTA | DERECH | IZQUIERD | L    | FRONTA     | DERECH  | IZQUIERDA |
|          | L      | A      | A        |      | L          | A       |           |
| LIVIANOS | 28     | 51     | 10       | 89   | 31,83%     | 56,78%  | 11,39%    |
| BUSES    | 0      | 4      | 0        | 4    | 0,00%      | 100,00% | 0,00%     |
| CAMIONES | 1      | 3      | 1        | 4    | 19,23%     | 61,54%  | 19,23%    |
| 97       |        |        |          |      |            |         |           |

**Tabla 3.10: Flujo vehicular y composición hora de máxima demanda intersección 6**

| ACCESO 1 |         |         |           | TOTAL | PORCENTAJE |         |           |
|----------|---------|---------|-----------|-------|------------|---------|-----------|
|          | FRONTAL | DERECHA | IZQUIERDA | L     | FRONTAL    | DERECHA | IZQUIERDA |
| LIVIANOS | 39      | 16      | 0         | 55    | 70,88%     | 29,12%  | 0,00%     |
| BUSES    | 2       | 1       | 0         | 2     | 66,67%     | 33,33%  | 0,00%     |
| CAMIONES | 1       | 1       | 0         | 2     | 41,67%     | 58,33%  | 0,00%     |
|          |         |         |           | 59    |            |         |           |
| ACCESO 2 |         |         |           | TOTAL | PORCENTAJE |         |           |
|          | FRONTAL | DERECHA | IZQUIERDA | L     | FRONTAL    | DERECHA | IZQUIERDA |
| LIVIANOS | 24      | 7       | 13        | 44    | 55,56%     | 15,19%  | 29,26%    |
| BUSES    | 0       | 0       | 0         | 0     | 0%         | 0%      | 0%        |
| CAMIONES | 2       | 0       | 0         | 3     | 93,75%     | 6,25%   | 0,00%     |
|          |         |         |           | 46    |            |         |           |
| ACCESO 3 |         |         |           | TOTAL | PORCENTAJE |         |           |
|          | FRONTAL | DERECHA | IZQUIERDA | L     | FRONTAL    | DERECHA | IZQUIERDA |
| LIVIANOS | 0       | 30      | 55        | 85    | 0,00%      | 35,54%  | 64,46%    |
| BUSES    | 0       | 0       | 0         | 0     | 0%         | 0%      | 0%        |
| CAMIONES | 0       | 0       | 4         | 4     | 0,00%      | 0,00%   | 100,00%   |
|          |         |         |           | 89    |            |         |           |

Tabla 3.11: Velocidades de circulación hora de máxima demanda intersección 1

| hora        | ACCESO 1      |       |           |           |           |            |                | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-------|-----------|-----------|-----------|------------|----------------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s)     | t3(s)     | t4(s)     | t promedio | V(m/s)         | V(km/h)            |
| 8h45-9h45   | 20            | 4,84  | 4,32<br>5 | 4,78<br>5 | 4,39<br>5 | 4,58625    | 4,3608612<br>7 | 15,70              |
| 13h00-14h00 | 20            | 4,17  | 4,95<br>5 | 4,62<br>5 | 3,62<br>5 | 4,3425     | 4,6056419<br>1 | 16,58              |

| hora        | ACCESO 2      |           |           |           |       |            |                | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-------|------------|----------------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s)     | t2(s)     | t3(s)     | t4(s) | t promedio | V(m/s)         | V(km/h)            |
| 8h45-9h45   | 20            | 3,86      | 4,09<br>5 | 4,34<br>5 | 5,41  | 4,4275     | 4,5172219<br>1 | 16,26              |
| 13h00-14h00 | 20            | 3,89<br>5 | 3,80<br>5 | 4,84      | 4,12  | 4,165      | 4,8019207<br>7 | 17,29              |

| hora        | ACCESO 3      |       |       |       |       |            |        | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|--------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s) | V(km/h)            |
| 8h45-9h45   | 20            | 3,90  | 4,01  | 3,21  | 4,86  | 3,99       | 5,01   | 18,03              |
| 13h00-14h00 | 20            | 3,68  | 2,90  | 3,67  | 4,40  | 3,66       | 5,46   | 19,67              |

Tabla 3.12: Velocidades de circulación Intersección 2

| hora        | ACCESO 1      |           |           |           |           |            |                | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|----------------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s)     | t2(s)     | t3(s)     | t4(s)     | t promedio | V(m/s)         | V(km/h)            |
| 9h15-10h15  | 20            | 4,71<br>5 | 4,60<br>5 | 4,17<br>5 | 4,23<br>5 | 4,4325     | 4,5121263<br>4 | 16,24              |
| 12h00-13h00 | 20            | 3,89<br>5 | 3,94<br>5 | 4,5       | 3,83      | 4,0425     | 4,9474335<br>2 | 17,81              |

| hora        | ACCESO 2      |           |           |       |       |            |                | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-----------|-----------|-------|-------|------------|----------------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s)     | t2(s)     | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s)         | V(km/h)            |
| 9h15-10h15  | 20            | 3,43<br>5 | 3,38<br>5 | 3,84  | 3,98  | 3,66       | 5,4644808<br>7 | 19,67              |
| 12h00-13h00 | 20            | 3,39<br>5 | 3,30<br>5 | 4,19  | 4,12  | 3,7525     | 5,3297801<br>5 | 19,19              |

Tabla 3.13: Velocidades de circulación Intersección 3

| hora       | ACCESO 1      |           |           |           |           |            |                | Velocidad promedio |
|------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|----------------|--------------------|
|            | distancia (m) | t1(s)     | t2(s)     | t3(s)     | t4(s)     | t promedio | V(m/s)         | V(km/h)            |
| 9h00-10h00 | 20            | 4,71<br>5 | 4,60<br>5 | 4,17<br>5 | 4,23<br>5 | 4,4325     | 4,5121263<br>4 | 16,24              |

|                    |                  |           |           |       |       |               |                |                           |
|--------------------|------------------|-----------|-----------|-------|-------|---------------|----------------|---------------------------|
| <b>12h15-13h15</b> | 20               | 3,89<br>5 | 3,94<br>5 | 4,5   | 3,83  | 4,0425        | 4,9474335<br>2 | 17,81                     |
| <b>hora</b>        | <b>ACCESO 2</b>  |           |           |       |       |               |                | <b>Velocidad promedio</b> |
|                    | distancia<br>(m) | t1(s)     | t2(s)     | t3(s) | t4(s) | t<br>promedio | V(m/s)         | V(km/h)                   |
| <b>9h00-10h00</b>  | 20               | 3,43<br>5 | 3,38<br>5 | 3,84  | 3,98  | 3,66          | 5,4644808<br>7 | 19,67                     |
| <b>12h15-13h15</b> | 20               | 3,39<br>5 | 3,30<br>5 | 4,19  | 4,12  | 3,7525        | 5,3297801<br>5 | 19,19                     |

Tabla 3.14: Velocidades de circulación Intersección 4

|                    |                  |           |           |           |           |               |                |                           |
|--------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|----------------|---------------------------|
| <b>hora</b>        | <b>ACCESO 1</b>  |           |           |           |           |               |                | <b>Velocidad promedio</b> |
|                    | distancia<br>(m) | t1(s)     | t2(s)     | t3(s)     | t4(s)     | t<br>promedio | V(m/s)         | V(km/h)                   |
| <b>11h15-12h15</b> | 20               | 0,50<br>5 | 0,39<br>5 | 0,83      | 1,11<br>5 | 0,71125       | 28,119507<br>9 | 101,23                    |
| <b>13h45-14h45</b> | 20               | 0,77<br>5 | 1,11<br>5 | 1,39<br>5 | 0,91      | 1,04625       | 19,115890<br>1 | 68,82                     |
| <b>hora</b>        | <b>ACCESO 2</b>  |           |           |           |           |               |                | <b>Velocidad promedio</b> |
|                    | distancia<br>(m) | t1(s)     | t2(s)     | t3(s)     | t4(s)     | t<br>promedio | V(m/s)         | V(km/h)                   |
| <b>11h15-12h15</b> | 20               | 3,36<br>5 | 3,09<br>5 | 3,34<br>5 | 4,91      | 3,6775        | 5,4384772<br>3 | 19,58                     |
| <b>13h45-14h45</b> | 20               | 3,39<br>5 | 3,30<br>5 | 2,95      | 4,12      | 3,4425        | 5,8097313      | 20,92                     |
| <b>hora</b>        | <b>ACCESO 3</b>  |           |           |           |           |               |                | <b>Velocidad promedio</b> |
|                    | distancia<br>(m) | t1(s)     | t2(s)     | t3(s)     | t4(s)     | t<br>promedio | V(m/s)         | V(km/h)                   |
| <b>11h15-12h15</b> | 20               | 0,90      | 1,12      | 0,93      | 0,77      | 0,93          | 21,59          | 77,73                     |
| <b>13h45-14h45</b> | 20               | 0,50      | 0,66      | 0,93      | 1,05      | 0,78          | 25,52          | 91,87                     |
| <b>hora</b>        | <b>ACCESO 4</b>  |           |           |           |           |               |                | <b>Velocidad promedio</b> |
|                    | distancia<br>(m) | t1(s)     | t2(s)     | t3(s)     | t4(s)     | t<br>promedio | V(m/s)         | V(km/h)                   |
| <b>11h15-12h15</b> | 20               | 4,01      | 4,39      | 4,72      | 4,50      | 4,40          | 4,55           | 16,37                     |
| <b>13h45-14h45</b> | 20               | 4,34      | 4,22      | 4,05      | 3,95      | 4,14          | 4,84           | 17,42                     |

Tabla 3.15: Velocidades de circulación Intersección 5

| hora        | ACCESO 1      |       |       |       |       |            |            |         | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|------------|---------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s)     | V(km/h) | 15,10              |
| 9h30-10h30  | 20            | 4,905 | 5,115 | 4,48  | 4,54  | 4,76       | 4,20168067 | 15,13   |                    |
| 13h00-14h00 | 20            | 4,415 | 5,02  | 5,01  | 4,67  | 4,77875    | 4,18519487 | 15,07   |                    |

| hora        | ACCESO 2      |       |       |       |       |            |            |         | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|------------|---------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s)     | V(km/h) | 17,12              |
| 9h30-10h30  | 20            | 4,36  | 4,095 | 4,555 | 4,895 | 4,47625    | 4,46802569 | 16,08   |                    |
| 13h00-14h00 | 20            | 4,115 | 3,815 | 3,805 | 4,12  | 3,96375    | 5,0457269  | 18,16   |                    |

| hora        | ACCESO 3      |       |       |       |       |            |        |         | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|--------|---------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s) | V(km/h) | 18,85              |
| 9h30-10h30  | 20            | 3,90  | 4,01  | 3,21  | 4,86  | 3,99       | 5,01   | 18,03   |                    |
| 13h00-14h00 | 20            | 3,68  | 2,90  | 3,67  | 4,40  | 3,66       | 5,46   | 19,67   |                    |

| hora        | ACCESO 4      |       |       |       |       |            |        |         | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|--------|---------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s) | V(km/h) | 21,91              |
| 9h30-10h30  | 20            | 3,34  | 3,10  | 2,90  | 3,49  | 3,21       | 6,24   | 22,46   |                    |
| 13h00-14h00 | 20            | 3,71  | 3,00  | 3,44  | 3,35  | 3,37       | 5,93   | 21,36   |                    |

Tabla 3.16: Velocidades de circulación Intersección 6

| hora        | ACCESO 1      |       |       |       |       |            |            |         | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|------------|---------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s)     | V(km/h) | 17,03              |
| 11h45-12h45 | 20            | 4,715 | 4,605 | 4,175 | 4,235 | 4,4325     | 4,51212634 | 16,24   |                    |
| 17h45-18h45 | 20            | 3,895 | 3,945 | 4,5   | 3,83  | 4,0425     | 4,94743352 | 17,81   |                    |

| hora        | ACCESO 2      |       |       |       |       |            |            |         | Velocidad promedio |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|------------|---------|--------------------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s)     | V(km/h) | 19,43              |
| 11h45-12h45 | 20            | 3,435 | 3,385 | 3,845 | 3,985 | 3,66       | 5,46448087 | 19,67   |                    |
| 17h45-18h45 | 20            | 3,395 | 3,305 | 4,195 | 4,125 | 3,7525     | 5,32978015 | 19,19   |                    |

| hora        | ACCESO 3      |       |       |       |       |            |           | Velocidad promedio |       |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------|-----------|--------------------|-------|
|             | distancia (m) | t1(s) | t2(s) | t3(s) | t4(s) | t promedio | V(m/s)    | V(km/h)            | 18,53 |
| 11h45-12h45 | 20            | 3,56  | 3,45  | 3,65  | 3,45  | 3,55       | 5,6338028 | 20,28              |       |
| 17h45-18h45 | 20            | 4,1   | 4,16  | 4,78  | 4,13  | 4,2925     | 4,6592894 | 16,77              |       |

Fuente: Elaboración propia

La calibración dio como resultado los siguientes valores de GEN

Tabla 3.17: Datos de Calibración Intersección 1

| Objeto  | Flujo - CALIBRACION EA HP - Todo | Flujo - Replicación 403 - Todo | Diferencia Absoluta | Diferencia Relativa (%) | GEH      |
|---------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------------|----------|
| 591: D3 | 120                              | 122                            | 2                   | 1,66667                 | 0,181818 |
| 590: D2 | 235                              | 221                            | -14                 | -5,95745                | 0,927173 |
| 589: D1 | 152                              | 160                            | 8                   | 5,26316                 | 0,640513 |
| Media   | 169                              | 167,667                        | -1,33333            | -0,788955               | 0,583168 |

Fuente: Elaboración propia Aimsun 8.1

Tabla 3.18: Datos de Calibración Intersección 2

| Objeto  | Flujo - CALIBRACION EA HP - Todo | Flujo - Replicación 403 - Todo | Diferencia Absoluta | Diferencia Relativa (%) | GEH      |
|---------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------------|----------|
| 701: D1 | 209                              | 212                            | 3                   | 1,43541                 | 0,206774 |
| 700: D2 | 187                              | 194                            | 7                   | 3,74332                 | 0,507166 |
| Media   | 198                              | 203                            | 5                   | 2,52525                 | 0,35697  |

Fuente: Elaboración propia-Aimsun 8.1

Tabla 3.19: Datos de Calibración Intersección 3

| Objeto  | Flujo - CALIBRACION EA HP - Todo | Flujo - Replicación 403 - Todo | Diferencia Absoluta | Diferencia Relativa (%) | GEH      |
|---------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------------|----------|
| 720: D2 | 94                               | 95                             | 1                   | 1,06383                 | 0,102869 |
| 718: D1 | 179                              | 161                            | -18                 | -10,0559                | 1,38054  |
| Media   | 136,5                            | 128                            | -8,5                | -6,22711                | 0,741703 |

Fuente: Elaboración propia – Aimsun 8.1

Tabla 3.20: Datos de Calibración Intersección 4

| Objeto  | Flujo -<br>CALIBRACION<br>EA HP - Todo | Flujo - Replicación<br>403 - Todo | Diferencia<br>Absoluta | Diferencia<br>Relativa<br>(%) | GEH      |
|---------|----------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|-------------------------------|----------|
| 750: D4 | 38                                     | 38                                | 0                      | 0                             | 0        |
| 749: D3 | 165                                    | 162                               | -3                     | -1,81818                      | 0,234619 |
| 748: D2 | 120                                    | 135                               | 15                     | 12,5                          | 1,32842  |
| 747: D1 | 155                                    | 158                               | 3                      | 1,93548                       | 0,239808 |
| Media   | 119,5                                  | 123,25                            | 3,75                   | 3,13808                       | 0,450712 |

Fuente: Elaboración propia– Aimsun 8.1

Tabla 3.21: Datos de Calibración Intersección 5

| Objeto  | Flujo -<br>CALIBRACION<br>EA HP - Todo | Flujo - Replicación<br>404 - Todo | Diferencia<br>Absoluta | Diferencia<br>Relativa<br>(%) | GEH      |
|---------|----------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|-------------------------------|----------|
| 775: D3 | 38                                     | 34                                | -4                     | -10,5263                      | 0,666667 |
| 774: D4 | 165                                    | 176                               | 11                     | 6,66667                       | 0,842424 |
| 773: D2 | 120                                    | 112                               | -8                     | -6,66667                      | 0,742781 |
| 772: D1 | 155                                    | 143                               | -12                    | -7,74194                      | 0,983078 |
| Media   | 119,5                                  | 116,25                            | -3,25                  | -2,71967                      | 0,808737 |

Fuente: Elaboración propia– Aimsun 8.1

Tabla 3.22: Datos de Calibración Intersección 6

| Objeto  | Flujo -<br>CALIBRACION<br>EA HP - Todo | Flujo - Replicación<br>403 - Todo | Diferencia<br>Absoluta | Diferencia Relativa<br>(%) | GEH      |
|---------|----------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|----------------------------|----------|
| 591: D3 | 89                                     | 85                                | 4                      | 10,5263                    | 0,66667  |
| 590: D2 | 46                                     | 45                                | 1                      | 1,06383                    | 0,102869 |
| 589: D1 | 59                                     | 57                                | 2                      | 1,66667                    | 0,181818 |
| Media   | 194                                    | 187                               | 7                      | 3,74332                    | 0,507166 |

Fuente: Elaboración propia– Aimsun 8.1

Los parámetros de ingeniería de tránsito se determinaron con el escenario de cinco replicaciones que representan cinco maneras diferentes de operación de la intersección. Los resultados que se presentan a continuación son el resultado de la media de esas cinco replicaciones.

**Tabla 3.22: Parámetros de Ingeniería de Tránsito del Estado Actual Intersección 1**

| <b>Serie Temporal</b>                    | <b>Valor</b> | <b>Desviación Estándar</b> | <b>Unidades</b> |
|------------------------------------------|--------------|----------------------------|-----------------|
| <b>Cola Media - Todo</b>                 | 0,83         | ND                         | veh             |
| <b>Cola Media - Coche</b>                | 0,81         | ND                         | veh             |
| <b>Cola Media - Camión</b>               | 0            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Media - Bus</b>                  | 0,01         | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Máxima - Todo</b>        | 11           | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Máxima - Coche</b>       | 7            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Máxima - Camión</b>      | 1            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Máxima - Bus</b>         | 4            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Media - Todo</b>         | 1,11         | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Media - Coche</b>        | 0,78         | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Media - Camión</b>       | 0,01         | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Media - Bus</b>          | 0,32         | ND                         | veh             |
| <b>Contaje de Entrada - Todo</b>         | 503          | ND                         | veh             |
| <b>Contaje de Entrada - Coche</b>        | 462          | ND                         | veh             |
| <b>Contaje de Entrada - Camión</b>       | 5            | ND                         | veh             |
| <b>Contaje de Entrada - Bus</b>          | 36           | ND                         | veh             |
| <b>Densidad - Todo</b>                   | 10,11        | ND                         | veh/km          |
| <b>Densidad - Coche</b>                  | 9,48         | ND                         | veh/km          |
| <b>Densidad - Camión</b>                 | 0,08         | ND                         | veh/km          |
| <b>Densidad - Bus</b>                    | 0,54         | ND                         | veh/km          |
| <b>Distancia Total de Viaje - Todo</b>   | 43,01        | ND                         | km              |
| <b>Distancia Total de Viaje - Coche</b>  | 39,97        | ND                         | km              |
| <b>Distancia Total de Viaje - Camión</b> | 0,4          | ND                         | km              |
| <b>Distancia Total de Viaje - Bus</b>    | 2,63         | ND                         | km              |
| <b>Flujo - Todo</b>                      | 505          | ND                         | veh/h           |
| <b>Flujo - Coche</b>                     | 464          | ND                         | veh/h           |
| <b>Flujo - Camión</b>                    | 5            | ND                         | veh/h           |
| <b>Flujo - Bus</b>                       | 36           | ND                         | veh/h           |
| <b>Flujo de Entrada - Todo</b>           | 503          | ND                         | veh/h           |
| <b>Flujo de Entrada - Coche</b>          | 462          | ND                         | veh/h           |
| <b>Flujo de Entrada - Camión</b>         | 5            | ND                         | veh/h           |
| <b>Flujo de Entrada - Bus</b>            | 36           | ND                         | veh/h           |
| <b>Giros Perdidos - Todo</b>             | 0            | ND                         |                 |

|                                                   |         |        |          |
|---------------------------------------------------|---------|--------|----------|
| <b>Giros Perdidos - Coche</b>                     | 0       | ND     |          |
| <b>Giros Perdidos - Camión</b>                    | 0       | ND     |          |
| <b>Giros Perdidos - Bus</b>                       | 0       | ND     |          |
| <b>Número de Cambios de Carril - Todo</b>         | 0       | ND     | #/km     |
| <b>Número de Cambios de Carril - Coche</b>        | 0       | ND     | #/km     |
| <b>Número de Cambios de Carril - Camión</b>       | 0       | ND     | #/km     |
| <b>Número de Cambios de Carril - Bus</b>          | 0       | ND     | #/km     |
| <b>Número de Paradas - Todo</b>                   | 16,77   | ND     | #/veh/km |
| <b>Número de Paradas - Coche</b>                  | 17,99   | ND     | #/veh/km |
| <b>Número de Paradas - Camión</b>                 | 15,99   | ND     | #/veh/km |
| <b>Número de Paradas - Bus</b>                    | 1,2     | ND     | #/veh/km |
| <b>Número Total de Cambios de Carril – Todo</b>   | 0       | ND     |          |
| <b>Número Total de Cambios de Carril – Coche</b>  | 0       | ND     |          |
| <b>Número Total de Cambios de Carril – Camión</b> | 0       | ND     |          |
| <b>Número Total de Cambios de Carril - Bus</b>    | 0       | ND     |          |
| <b>Número Total de Paradas - Todo</b>             | 2689,92 | ND     |          |
| <b>Número Total de Paradas - Coche</b>            | 2650,83 | ND     |          |
| <b>Número Total de Paradas - Camión</b>           | 25,39   | ND     |          |
| <b>Número Total de Paradas - Bus</b>              | 13,7    | ND     |          |
| <b>Tiempo de Demora - Todo</b>                    | 76,19   | 291,78 | seg/km   |
| <b>Tiempo de Demora - Coche</b>                   | 81,36   | 303,02 | seg/km   |
| <b>Tiempo de Demora - Camión</b>                  | 35,77   | 33,23  | seg/km   |
| <b>Tiempo de Demora - Bus</b>                     | 15,17   | 82,16  | seg/km   |
| <b>Tiempo de Espera en Cola Virtual - Todo</b>    | 7,86    | 38,03  | sec      |
| <b>Tiempo de Espera en Cola Virtual - Coche</b>   | 6,01    | 33,23  | sec      |
| <b>Tiempo de Espera en Cola Virtual – Camión</b>  | 9       | 16,87  | sec      |
| <b>Tiempo de Espera en Cola Virtual - Bus</b>     | 31,64   | 74,56  | sec      |
| <b>Tiempo de Parada - Todo</b>                    | 76,82   | 293,78 | seg/km   |
| <b>Tiempo de Parada - Coche</b>                   | 82,21   | 305,05 | seg/km   |
| <b>Tiempo de Parada - Camión</b>                  | 31,59   | 52,29  | seg/km   |
| <b>Tiempo de Parada - Bus</b>                     | 13,7    | 82,18  | seg/km   |
| <b>Tiempo de Viaje - Todo</b>                     | 268,57  | 291,2  | seg/km   |
| <b>Tiempo de Viaje - Coche</b>                    | 271,49  | 302,82 | seg/km   |
| <b>Tiempo de Viaje - Camión</b>                   | 237,49  | 40,46  | seg/km   |
| <b>Tiempo de Viaje - Bus</b>                      | 235,24  | 80,52  | seg/km   |
| <b>Tiempo Total de Viaje - Todo</b>               | 3,21    | ND     | h        |
| <b>Tiempo Total de Viaje - Coche</b>              | 3,01    | ND     | h        |
| <b>Tiempo Total de Viaje - Camión</b>             | 0,03    | ND     | h        |
| <b>Tiempo Total de Viaje - Bus</b>                | 0,17    | ND     | h        |



|                                                 |       |      |      |
|-------------------------------------------------|-------|------|------|
| <b>Vehículos Dentro - Todo</b>                  | 1     | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Dentro - Coche</b>                 | 1     | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Dentro - Camión</b>                | 0     | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Dentro - Bus</b>                   | 0     | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Esperando para Entrar - Todo</b>   | 2     | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Esperando para Entrar - Coche</b>  | 2     | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Esperando para Entrar - Camión</b> | 0     | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Esperando para Entrar - Bus</b>    | 0     | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Fuera - Todo</b>                   | 505   | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Fuera - Coche</b>                  | 464   | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Fuera - Camión</b>                 | 5     | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Fuera - Bus</b>                    | 36    | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Dentro - Todo</b>         | 0     | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Dentro - Coche</b>        | 0     | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Dentro - Camión</b>       | 0     | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Dentro - Bus</b>          | 0     | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Fuera - Todo</b>          | 0     | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Fuera - Coche</b>         | 0     | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Fuera - Camión</b>        | 0     | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Fuera - Bus</b>           | 0     | ND   | veh  |
| <b>Velocidad - Todo</b>                         | 15,66 | 3,55 | km/h |
| <b>Velocidad - Coche</b>                        | 15,64 | 3,65 | km/h |
| <b>Velocidad - Camión</b>                       | 15,47 | 2,31 | km/h |
| <b>Velocidad - Bus</b>                          | 15,95 | 2,02 | km/h |
| <b>Velocidad Harmónica - Todo</b>               | 13,4  | 5,5  | km/h |
| <b>Velocidad Harmónica - Coche</b>              | 13,26 | 5,62 | km/h |
| <b>Velocidad Harmónica - Camión</b>             | 15,16 | 2,17 | km/h |
| <b>Velocidad Harmónica - Bus</b>                | 15,3  | 3,15 | km/h |

Fuente: Elaboración Propia-Aimsun 8.1

Tabla 3.23: Parámetros de la Ingeniería de Tránsito Estado Actual Intersección 2

| <b>Serie Temporal</b>               | <b>Valor</b> | <b>Desviación Estándar</b> | <b>Unidades</b> |
|-------------------------------------|--------------|----------------------------|-----------------|
| <b>Cola Media - Todo</b>            | 0,26         | ND                         | veh             |
| <b>Cola Media - Coche</b>           | 0,23         | ND                         | veh             |
| <b>Cola Media - Camión</b>          | 0            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Media - Bus</b>             | 0,03         | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Máxima - Todo</b>   | 2            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Máxima - Coche</b>  | 2            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Máxima - Camión</b> | 0            | ND                         | veh             |

|                                                   |        |    |          |
|---------------------------------------------------|--------|----|----------|
| <b>Cola Virtual Máxima - Bus</b>                  | 1      | ND | veh      |
| <b>Cola Virtual Media - Todo</b>                  | 0,02   | ND | veh      |
| <b>Cola Virtual Media - Coche</b>                 | 0,02   | ND | veh      |
| <b>Cola Virtual Media - Camión</b>                | 0      | ND | veh      |
| <b>Cola Virtual Media - Bus</b>                   | 0      | ND | veh      |
| <b>Contaje de Entrada - Todo</b>                  | 395    | ND | veh      |
| <b>Contaje de Entrada - Coche</b>                 | 368    | ND | veh      |
| <b>Contaje de Entrada - Camión</b>                | 2      | ND | veh      |
| <b>Contaje de Entrada - Bus</b>                   | 25     | ND | veh      |
| <b>Densidad - Todo</b>                            | 5,08   | ND | veh/km   |
| <b>Densidad - Coche</b>                           | 4,6    | ND | veh/km   |
| <b>Densidad - Camión</b>                          | 0,03   | ND | veh/km   |
| <b>Densidad - Bus</b>                             | 0,45   | ND | veh/km   |
| <b>Distancia Total de Viaje - Todo</b>            | 16,6   | ND | km       |
| <b>Distancia Total de Viaje - Coche</b>           | 15,49  | ND | km       |
| <b>Distancia Total de Viaje - Camión</b>          | 0,09   | ND | km       |
| <b>Distancia Total de Viaje - Bus</b>             | 1,02   | ND | km       |
| <b>Flujo - Todo</b>                               | 394    | ND | veh/h    |
| <b>Flujo - Coche</b>                              | 367    | ND | veh/h    |
| <b>Flujo - Camión</b>                             | 2      | ND | veh/h    |
| <b>Flujo - Bus</b>                                | 25     | ND | veh/h    |
| <b>Flujo de Entrada - Todo</b>                    | 395    | ND | veh/h    |
| <b>Flujo de Entrada - Coche</b>                   | 368    | ND | veh/h    |
| <b>Flujo de Entrada - Camión</b>                  | 2      | ND | veh/h    |
| <b>Flujo de Entrada - Bus</b>                     | 25     | ND | veh/h    |
| <b>Giros Perdidos - Todo</b>                      | 17     | ND |          |
| <b>Giros Perdidos - Coche</b>                     | 17     | ND |          |
| <b>Giros Perdidos - Camión</b>                    | 0      | ND |          |
| <b>Giros Perdidos - Bus</b>                       | 0      | ND |          |
| <b>Número de Cambios de Carril - Todo</b>         | 340,56 | ND | #/km     |
| <b>Número de Cambios de Carril - Coche</b>        | 328,61 | ND | #/km     |
| <b>Número de Cambios de Carril - Camión</b>       | 0      | ND | #/km     |
| <b>Número de Cambios de Carril - Bus</b>          | 11,95  | ND | #/km     |
| <b>Número de Paradas - Todo</b>                   | 76,56  | ND | #/veh/km |
| <b>Número de Paradas - Coche</b>                  | 75,35  | ND | #/veh/km |
| <b>Número de Paradas - Camión</b>                 | 84,54  | ND | #/veh/km |
| <b>Número de Paradas - Bus</b>                    | 93,63  | ND | #/veh/km |
| <b>Número Total de Cambios de Carril - Todo</b>   | 57     | ND |          |
| <b>Número Total de Cambios de Carril - Coche</b>  | 55     | ND |          |
| <b>Número Total de Cambios de Carril - Camión</b> | 0      | ND |          |

|                                                  |         |        |        |
|--------------------------------------------------|---------|--------|--------|
| <b>Número Total de Cambios de Carril - Bus</b>   | 2       | ND     |        |
| <b>Número Total de Paradas - Todo</b>            | 5048,62 | ND     |        |
| <b>Número Total de Paradas - Coche</b>           | 4628,56 | ND     |        |
| <b>Número Total de Paradas - Camión</b>          | 28,3    | ND     |        |
| <b>Número Total de Paradas - Bus</b>             | 391,76  | ND     |        |
| <b>Tiempo de Demora - Todo</b>                   | 73,97   | 82,28  | seg/km |
| <b>Tiempo de Demora - Coche</b>                  | 69,49   | 77,22  | seg/km |
| <b>Tiempo de Demora - Camión</b>                 | 86,95   | 122,97 | seg/km |
| <b>Tiempo de Demora - Bus</b>                    | 138,73  | 120,87 | seg/km |
| <b>Tiempo de Espera en Cola Virtual - Todo</b>   | 0,2     | 0,97   | sec    |
| <b>Tiempo de Espera en Cola Virtual - Coche</b>  | 0,2     | 1      | sec    |
| <b>Tiempo de Espera en Cola Virtual - Camión</b> | 0       | 0      | sec    |
| <b>Tiempo de Espera en Cola Virtual - Bus</b>    | 0,2     | 0,52   | sec    |
| <b>Tiempo de Parada - Todo</b>                   | 77,58   | 93,45  | seg/km |
| <b>Tiempo de Parada - Coche</b>                  | 72,89   | 88,2   | seg/km |
| <b>Tiempo de Parada - Camión</b>                 | 101,87  | 144,07 | seg/km |
| <b>Tiempo de Parada - Bus</b>                    | 144,4   | 135,94 | seg/km |
| <b>Tiempo de Viaje - Todo</b>                    | 200,95  | 134,21 | seg/km |
| <b>Tiempo de Viaje - Coche</b>                   | 195,45  | 130,31 | seg/km |
| <b>Tiempo de Viaje - Camión</b>                  | 219,53  | 213,41 | seg/km |
| <b>Tiempo de Viaje - Bus</b>                     | 280,19  | 164,48 | seg/km |
| <b>Tiempo Total de Viaje - Todo</b>              | 0,85    | ND     | h      |
| <b>Tiempo Total de Viaje - Coche</b>             | 0,77    | ND     | h      |
| <b>Tiempo Total de Viaje - Camión</b>            | 0       | ND     | h      |
| <b>Tiempo Total de Viaje - Bus</b>               | 0,08    | ND     | h      |
| <b>Vehículos Dentro - Todo</b>                   | 1       | ND     | veh    |
| <b>Vehículos Dentro - Coche</b>                  | 1       | ND     | veh    |
| <b>Vehículos Dentro - Camión</b>                 | 0       | ND     | veh    |
| <b>Vehículos Dentro - Bus</b>                    | 0       | ND     | veh    |
| <b>Vehículos Esperando para Entrar - Todo</b>    | 0       | ND     | veh    |
| <b>Vehículos Esperando para Entrar - Coche</b>   | 0       | ND     | veh    |
| <b>Vehículos Esperando para Entrar - Camión</b>  | 0       | ND     | veh    |
| <b>Vehículos Esperando para Entrar - Bus</b>     | 0       | ND     | veh    |
| <b>Vehículos Fuera - Todo</b>                    | 394     | ND     | veh    |
| <b>Vehículos Fuera - Coche</b>                   | 367     | ND     | veh    |
| <b>Vehículos Fuera - Camión</b>                  | 2       | ND     | veh    |
| <b>Vehículos Fuera - Bus</b>                     | 25      | ND     | veh    |

|                                           |       |       |      |
|-------------------------------------------|-------|-------|------|
| <b>Vehículos Perdidos Dentro - Todo</b>   | 0     | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Dentro - Coche</b>  | 0     | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Dentro - Camión</b> | 0     | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Dentro - Bus</b>    | 0     | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Fuera - Todo</b>    | 0     | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Fuera - Coche</b>   | 0     | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Fuera - Camión</b>  | 0     | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Fuera - Bus</b>     | 0     | ND    | veh  |
| <b>Velocidad - Todo</b>                   | 30,05 | 19,34 | km/h |
| <b>Velocidad - Coche</b>                  | 30,6  | 19,38 | km/h |
| <b>Velocidad - Camión</b>                 | 31,09 | 30,22 | km/h |
| <b>Velocidad - Bus</b>                    | 21,78 | 16,86 | km/h |
| <b>Velocidad Harmónica - Todo</b>         | 17,91 | 14,74 | km/h |
| <b>Velocidad Harmónica - Coche</b>        | 18,42 | 14,98 | km/h |
| <b>Velocidad Harmónica - Camión</b>       | 16,4  | 15,52 | km/h |
| <b>Velocidad Harmónica - Bus</b>          | 12,85 | 10,71 | km/h |

Fuente: Elaboración Propia-Aimsun 8.1

Tabla 3.24: Parámetros de la Ingeniería de Tránsito Estado Actual Intersección 3

| <b>Serie Temporal</b>               | <b>Valor</b> | <b>Desviación Estándar</b> | <b>Unidades</b> |
|-------------------------------------|--------------|----------------------------|-----------------|
| <b>Cola Media - Todo</b>            | 0,19         | ND                         | veh             |
| <b>Cola Media - Coche</b>           | 0,15         | ND                         | veh             |
| <b>Cola Media - Camión</b>          | 0,02         | ND                         | veh             |
| <b>Cola Media - Bus</b>             | 0,01         | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Máxima - Todo</b>   | 1            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Máxima - Coche</b>  | 1            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Máxima - Camión</b> | 1            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Máxima - Bus</b>    | 0            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Media - Todo</b>    | 0            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Media - Coche</b>   | 0            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Media - Camión</b>  | 0            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Media - Bus</b>     | 0            | ND                         | veh             |
| <b>Contaje de Entrada - Todo</b>    | 255          | ND                         | veh             |
| <b>Contaje de Entrada - Coche</b>   | 221          | ND                         | veh             |
| <b>Contaje de Entrada - Camión</b>  | 23           | ND                         | veh             |
| <b>Contaje de Entrada - Bus</b>     | 11           | ND                         | veh             |
| <b>Densidad - Todo</b>              | 3,21         | ND                         | veh/km          |
| <b>Densidad - Coche</b>             | 2,71         | ND                         | veh/km          |
| <b>Densidad - Camión</b>            | 0,32         | ND                         | veh/km          |
| <b>Densidad - Bus</b>               | 0,18         | ND                         | veh/km          |

|                                                   |         |       |          |
|---------------------------------------------------|---------|-------|----------|
| <b>Distancia Total de Viaje - Todo</b>            | 17,76   | ND    | km       |
| <b>Distancia Total de Viaje - Coche</b>           | 15,4    | ND    | km       |
| <b>Distancia Total de Viaje - Camión</b>          | 1,58    | ND    | km       |
| <b>Distancia Total de Viaje - Bus</b>             | 0,78    | ND    | km       |
| <b>Flujo - Todo</b>                               | 256     | ND    | veh/h    |
| <b>Flujo - Coche</b>                              | 222     | ND    | veh/h    |
| <b>Flujo - Camión</b>                             | 23      | ND    | veh/h    |
| <b>Flujo - Bus</b>                                | 11      | ND    | veh/h    |
| <b>Flujo de Entrada - Todo</b>                    | 255     | ND    | veh/h    |
| <b>Flujo de Entrada - Coche</b>                   | 221     | ND    | veh/h    |
| <b>Flujo de Entrada - Camión</b>                  | 23      | ND    | veh/h    |
| <b>Flujo de Entrada - Bus</b>                     | 11      | ND    | veh/h    |
| <b>Giros Perdidos - Todo</b>                      | 0       | ND    |          |
| <b>Giros Perdidos - Coche</b>                     | 0       | ND    |          |
| <b>Giros Perdidos - Camión</b>                    | 0       | ND    |          |
| <b>Giros Perdidos - Bus</b>                       | 0       | ND    |          |
| <b>Número de Cambios de Carril - Todo</b>         | 38,04   | ND    | #/km     |
| <b>Número de Cambios de Carril - Coche</b>        | 34,87   | ND    | #/km     |
| <b>Número de Cambios de Carril - Camión</b>       | 0       | ND    | #/km     |
| <b>Número de Cambios de Carril - Bus</b>          | 3,17    | ND    | #/km     |
| <b>Número de Paradas - Todo</b>                   | 29,13   | ND    | #/veh/km |
| <b>Número de Paradas - Coche</b>                  | 28,8    | ND    | #/veh/km |
| <b>Número de Paradas - Camión</b>                 | 30,65   | ND    | #/veh/km |
| <b>Número de Paradas - Bus</b>                    | 32,69   | ND    | #/veh/km |
| <b>Número Total de Cambios de Carril - Todo</b>   | 12      | ND    |          |
| <b>Número Total de Cambios de Carril - Coche</b>  | 11      | ND    |          |
| <b>Número Total de Cambios de Carril - Camión</b> | 0       | ND    |          |
| <b>Número Total de Cambios de Carril - Bus</b>    | 1       | ND    |          |
| <b>Número Total de Paradas - Todo</b>             | 2353,09 | ND    |          |
| <b>Número Total de Paradas - Coche</b>            | 2017,24 | ND    |          |
| <b>Número Total de Paradas - Camión</b>           | 222,4   | ND    |          |
| <b>Número Total de Paradas - Bus</b>              | 113,45  | ND    |          |
| <b>Tiempo de Demora - Todo</b>                    | 55,47   | 37,11 | seg/km   |
| <b>Tiempo de Demora - Coche</b>                   | 51,25   | 33,8  | seg/km   |
| <b>Tiempo de Demora - Camión</b>                  | 83,76   | 46,8  | seg/km   |
| <b>Tiempo de Demora - Bus</b>                     | 81,4    | 45,61 | seg/km   |
| <b>Tiempo de Espera en Cola Virtual - Todo</b>    | 0,06    | 0,36  | sec      |
| <b>Tiempo de Espera en Cola Virtual - Coche</b>   | 0,07    | 0,38  | sec      |

|                                                  |        |       |        |
|--------------------------------------------------|--------|-------|--------|
| <b>Tiempo de Espera en Cola Virtual - Camión</b> | 0,06   | 0,26  | sec    |
| <b>Tiempo de Espera en Cola Virtual - Bus</b>    | 0      | 0     | sec    |
| <b>Tiempo de Parada - Todo</b>                   | 48,37  | 40,82 | seg/km |
| <b>Tiempo de Parada - Coche</b>                  | 44,43  | 37,22 | seg/km |
| <b>Tiempo de Parada - Camión</b>                 | 70,09  | 53,23 | seg/km |
| <b>Tiempo de Parada - Bus</b>                    | 82,51  | 54,13 | seg/km |
| <b>Tiempo de Viaje - Todo</b>                    | 205,83 | 54,8  | seg/km |
| <b>Tiempo de Viaje - Coche</b>                   | 200,13 | 51,54 | seg/km |
| <b>Tiempo de Viaje - Camión</b>                  | 233,45 | 60,19 | seg/km |
| <b>Tiempo de Viaje - Bus</b>                     | 263,1  | 61,83 | seg/km |
| <b>Tiempo Total de Viaje - Todo</b>              | 1,01   | ND    | h      |
| <b>Tiempo Total de Viaje - Coche</b>             | 0,85   | ND    | h      |
| <b>Tiempo Total de Viaje - Camión</b>            | 0,1    | ND    | h      |
| <b>Tiempo Total de Viaje - Bus</b>               | 0,06   | ND    | h      |
| <b>Vehículos Dentro - Todo</b>                   | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Dentro - Coche</b>                  | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Dentro - Camión</b>                 | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Dentro - Bus</b>                    | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Esperando para Entrar - Todo</b>    | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Esperando para Entrar - Coche</b>   | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Esperando para Entrar - Camión</b>  | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Esperando para Entrar - Bus</b>     | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Fuera - Todo</b>                    | 256    | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Fuera - Coche</b>                   | 222    | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Fuera - Camión</b>                  | 23     | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Fuera - Bus</b>                     | 11     | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Perdidos Dentro - Todo</b>          | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Perdidos Dentro - Coche</b>         | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Perdidos Dentro - Camión</b>        | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Perdidos Dentro - Bus</b>           | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Perdidos Fuera - Todo</b>           | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Perdidos Fuera - Coche</b>          | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Perdidos Fuera - Camión</b>         | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Perdidos Fuera - Bus</b>            | 0      | ND    | veh    |
| <b>Velocidad - Todo</b>                          | 19     | 5,86  | km/h   |
| <b>Velocidad - Coche</b>                         | 19,46  | 5,85  | km/h   |
| <b>Velocidad - Camión</b>                        | 16,69  | 5,2   | km/h   |
| <b>Velocidad - Bus</b>                           | 14,67  | 4,68  | km/h   |
| <b>Velocidad Harmónica - Todo</b>                | 17,49  | 5,15  | km/h   |

|                                     |       |      |      |
|-------------------------------------|-------|------|------|
| <b>Velocidad Harmónica - Coche</b>  | 17,99 | 5,14 | km/h |
| <b>Velocidad Harmónica - Camión</b> | 15,42 | 4,43 | km/h |
| <b>Velocidad Harmónica - Bus</b>    | 13,68 | 3,68 | km/h |

Fuente: Elaboración Propia-Aimsun 8.1

Tabla 3.25: Parámetros de la Ingeniería de Tránsito Estado Actual Intersección 4

| <b>Serie Temporal</b>                    | <b>Valor</b> | <b>Desviación Estándar</b> | <b>Unidades</b> |
|------------------------------------------|--------------|----------------------------|-----------------|
| <b>Cola Media - Todo</b>                 | 0,23         | ND                         | veh             |
| <b>Cola Media - Coche</b>                | 0,21         | ND                         | veh             |
| <b>Cola Media - Camión</b>               | 0,01         | ND                         | veh             |
| <b>Cola Media - Bus</b>                  | 0            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Máxima - Todo</b>        | 1            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Máxima - Coche</b>       | 1            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Máxima - Camión</b>      | 1            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Máxima - Bus</b>         | 1            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Media - Todo</b>         | 0            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Media - Coche</b>        | 0            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Media - Camión</b>       | 0            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Media - Bus</b>          | 0            | ND                         | veh             |
| <b>Contaje de Entrada - Todo</b>         | 499          | ND                         | veh             |
| <b>Contaje de Entrada - Coche</b>        | 385          | ND                         | veh             |
| <b>Contaje de Entrada - Camión</b>       | 98           | ND                         | veh             |
| <b>Contaje de Entrada - Bus</b>          | 16           | ND                         | veh             |
| <b>Densidad - Todo</b>                   | 3,24         | ND                         | veh/km          |
| <b>Densidad - Coche</b>                  | 2,73         | ND                         | veh/km          |
| <b>Densidad - Camión</b>                 | 0,42         | ND                         | veh/km          |
| <b>Densidad - Bus</b>                    | 0,09         | ND                         | veh/km          |
| <b>Distancia Total de Viaje - Todo</b>   | 39,95        | ND                         | km              |
| <b>Distancia Total de Viaje - Coche</b>  | 30,18        | ND                         | km              |
| <b>Distancia Total de Viaje - Camión</b> | 8,39         | ND                         | km              |
| <b>Distancia Total de Viaje - Bus</b>    | 1,38         | ND                         | km              |
| <b>Flujo - Todo</b>                      | 497          | ND                         | veh/h           |
| <b>Flujo - Coche</b>                     | 384          | ND                         | veh/h           |
| <b>Flujo - Camión</b>                    | 97           | ND                         | veh/h           |
| <b>Flujo - Bus</b>                       | 16           | ND                         | veh/h           |
| <b>Flujo de Entrada - Todo</b>           | 499          | ND                         | veh/h           |
| <b>Flujo de Entrada - Coche</b>          | 385          | ND                         | veh/h           |
| <b>Flujo de Entrada - Camión</b>         | 98           | ND                         | veh/h           |
| <b>Flujo de Entrada - Bus</b>            | 16           | ND                         | veh/h           |
| <b>Giros Perdidos - Todo</b>             | 0            | ND                         |                 |

|                                                   |         |       |          |
|---------------------------------------------------|---------|-------|----------|
| <b>Giros Perdidos - Coche</b>                     | 0       | ND    |          |
| <b>Giros Perdidos - Camión</b>                    | 0       | ND    |          |
| <b>Giros Perdidos - Bus</b>                       | 0       | ND    |          |
| <b>Número de Cambios de Carril - Todo</b>         | 0       | ND    | #/km     |
| <b>Número de Cambios de Carril - Coche</b>        | 0       | ND    | #/km     |
| <b>Número de Cambios de Carril - Camión</b>       | 0       | ND    | #/km     |
| <b>Número de Cambios de Carril - Bus</b>          | 0       | ND    | #/km     |
| <b>Número de Paradas - Todo</b>                   | 15,5    | ND    | #/veh/km |
| <b>Número de Paradas - Coche</b>                  | 18,9    | ND    | #/veh/km |
| <b>Número de Paradas - Camión</b>                 | 3,75    | ND    | #/veh/km |
| <b>Número de Paradas - Bus</b>                    | 5,12    | ND    | #/veh/km |
| <b>Número Total de Cambios de Carril - Todo</b>   | 0       | ND    |          |
| <b>Número Total de Cambios de Carril - Coche</b>  | 0       | ND    |          |
| <b>Número Total de Cambios de Carril - Camión</b> | 0       | ND    |          |
| <b>Número Total de Cambios de Carril - Bus</b>    | 0       | ND    |          |
| <b>Número Total de Paradas - Todo</b>             | 2544,15 | ND    |          |
| <b>Número Total de Paradas - Coche</b>            | 2396,81 | ND    |          |
| <b>Número Total de Paradas - Camión</b>           | 120,29  | ND    |          |
| <b>Número Total de Paradas - Bus</b>              | 27,06   | ND    |          |
| <b>Tiempo de Demora - Todo</b>                    | 38,28   | 53,29 | seg/km   |
| <b>Tiempo de Demora - Coche</b>                   | 45,04   | 53,57 | seg/km   |
| <b>Tiempo de Demora - Camión</b>                  | 13,45   | 38,66 | seg/km   |
| <b>Tiempo de Demora - Bus</b>                     | 26,53   | 75,95 | seg/km   |
| <b>Tiempo de Espera en Cola Virtual - Todo</b>    | 0,08    | 0,29  | sec      |
| <b>Tiempo de Espera en Cola Virtual - Coche</b>   | 0,07    | 0,23  | sec      |
| <b>Tiempo de Espera en Cola Virtual - Camión</b>  | 0,1     | 0,45  | sec      |
| <b>Tiempo de Espera en Cola Virtual - Bus</b>     | 0,12    | 0,42  | sec      |
| <b>Tiempo de Parada - Todo</b>                    | 28,94   | 43,88 | seg/km   |
| <b>Tiempo de Parada - Coche</b>                   | 34,06   | 43,76 | seg/km   |
| <b>Tiempo de Parada - Camión</b>                  | 9,87    | 34,11 | seg/km   |
| <b>Tiempo de Parada - Bus</b>                     | 21,61   | 65,13 | seg/km   |
| <b>Tiempo de Viaje - Todo</b>                     | 104,96  | 87,42 | seg/km   |
| <b>Tiempo de Viaje - Coche</b>                    | 116,51  | 89,26 | seg/km   |
| <b>Tiempo de Viaje - Camión</b>                   | 63,56   | 61,9  | seg/km   |
| <b>Tiempo de Viaje - Bus</b>                      | 78,85   | 97,59 | seg/km   |
| <b>Tiempo Total de Viaje - Todo</b>               | 1,07    | ND    | h        |
| <b>Tiempo Total de Viaje - Coche</b>              | 0,9     | ND    | h        |



|                                                 |       |       |      |
|-------------------------------------------------|-------|-------|------|
| <b>Tiempo Total de Viaje - Camión</b>           | 0,14  | ND    | h    |
| <b>Tiempo Total de Viaje - Bus</b>              | 0,03  | ND    | h    |
| <b>Vehículos Dentro - Todo</b>                  | 2     | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Dentro - Coche</b>                 | 1     | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Dentro - Camión</b>                | 1     | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Dentro - Bus</b>                   | 0     | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Esperando para Entrar - Todo</b>   | 0     | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Esperando para Entrar - Coche</b>  | 0     | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Esperando para Entrar - Camión</b> | 0     | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Esperando para Entrar - Bus</b>    | 0     | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Fuera - Todo</b>                   | 497   | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Fuera - Coche</b>                  | 384   | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Fuera - Camión</b>                 | 97    | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Fuera - Bus</b>                    | 16    | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Dentro - Todo</b>         | 0     | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Dentro - Coche</b>        | 0     | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Dentro - Camión</b>       | 0     | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Dentro - Bus</b>          | 0     | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Fuera - Todo</b>          | 0     | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Fuera - Coche</b>         | 0     | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Fuera - Camión</b>        | 0     | ND    | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Fuera - Bus</b>           | 0     | ND    | veh  |
| <b>Velocidad - Todo</b>                         | 61,07 | 33,79 | km/h |
| <b>Velocidad - Coche</b>                        | 56,9  | 35,58 | km/h |
| <b>Velocidad - Camión</b>                       | 75,63 | 21,22 | km/h |
| <b>Velocidad - Bus</b>                          | 72,77 | 24,2  | km/h |
| <b>Velocidad Harmónica - Todo</b>               | 34,3  | 30,3  | km/h |
| <b>Velocidad Harmónica - Coche</b>              | 30,9  | 28,34 | km/h |
| <b>Velocidad Harmónica - Camión</b>             | 56,64 | 32,79 | km/h |
| <b>Velocidad Harmónica - Bus</b>                | 45,66 | 35,18 | km/h |

Fuente: Elaboración Propia-Aimsun 8.1

Tabla 3.26: Parámetros de la Ingeniería de Tránsito Estado Actual Intersección 5

| <b>Serie Temporal</b>      | <b>Valor</b> | <b>Desviación Estándar</b> | <b>Unidades</b> |
|----------------------------|--------------|----------------------------|-----------------|
| <b>Cola Media - Todo</b>   | 0,19         | ND                         | veh             |
| <b>Cola Media - Coche</b>  | 0,16         | ND                         | veh             |
| <b>Cola Media - Camión</b> | 0,02         | ND                         | veh             |
| <b>Cola Media - Bus</b>    | 0,01         | ND                         | veh             |

|                                                 |        |    |          |
|-------------------------------------------------|--------|----|----------|
| <b>Cola Virtual Máxima - Todo</b>               | 1      | ND | veh      |
| <b>Cola Virtual Máxima - Coche</b>              | 1      | ND | veh      |
| <b>Cola Virtual Máxima - Camión</b>             | 0      | ND | veh      |
| <b>Cola Virtual Máxima - Bus</b>                | 1      | ND | veh      |
| <b>Cola Virtual Media - Todo</b>                | 0      | ND | veh      |
| <b>Cola Virtual Media - Coche</b>               | 0      | ND | veh      |
| <b>Cola Virtual Media - Camión</b>              | 0      | ND | veh      |
| <b>Cola Virtual Media - Bus</b>                 | 0      | ND | veh      |
| <b>Contaje de Entrada - Todo</b>                | 288    | ND | veh      |
| <b>Contaje de Entrada - Coche</b>               | 263    | ND | veh      |
| <b>Contaje de Entrada - Camión</b>              | 14     | ND | veh      |
| <b>Contaje de Entrada - Bus</b>                 | 11     | ND | veh      |
| <b>Densidad - Todo</b>                          | 4,24   | ND | veh/km   |
| <b>Densidad - Coche</b>                         | 3,77   | ND | veh/km   |
| <b>Densidad - Camión</b>                        | 0,28   | ND | veh/km   |
| <b>Densidad - Bus</b>                           | 0,19   | ND | veh/km   |
| <b>Distancia Total de Viaje - Todo</b>          | 10,05  | ND | km       |
| <b>Distancia Total de Viaje - Coche</b>         | 9,17   | ND | km       |
| <b>Distancia Total de Viaje - Camión</b>        | 0,49   | ND | km       |
| <b>Distancia Total de Viaje - Bus</b>           | 0,39   | ND | km       |
| <b>Flujo - Todo</b>                             | 288    | ND | veh/h    |
| <b>Flujo - Coche</b>                            | 263    | ND | veh/h    |
| <b>Flujo - Camión</b>                           | 14     | ND | veh/h    |
| <b>Flujo - Bus</b>                              | 11     | ND | veh/h    |
| <b>Flujo de Entrada - Todo</b>                  | 288    | ND | veh/h    |
| <b>Flujo de Entrada - Coche</b>                 | 263    | ND | veh/h    |
| <b>Flujo de Entrada - Camión</b>                | 14     | ND | veh/h    |
| <b>Flujo de Entrada - Bus</b>                   | 11     | ND | veh/h    |
| <b>Giros Perdidos - Todo</b>                    | 0      | ND |          |
| <b>Giros Perdidos - Coche</b>                   | 0      | ND |          |
| <b>Giros Perdidos - Camión</b>                  | 0      | ND |          |
| <b>Giros Perdidos - Bus</b>                     | 0      | ND |          |
| <b>Número de Cambios de Carril - Todo</b>       | 0      | ND | #/km     |
| <b>Número de Cambios de Carril - Coche</b>      | 0      | ND | #/km     |
| <b>Número de Cambios de Carril - Camión</b>     | 0      | ND | #/km     |
| <b>Número de Cambios de Carril - Bus</b>        | 0      | ND | #/km     |
| <b>Número de Paradas - Todo</b>                 | 77,19  | ND | #/veh/km |
| <b>Número de Paradas - Coche</b>                | 75,26  | ND | #/veh/km |
| <b>Número de Paradas - Camión</b>               | 125,34 | ND | #/veh/km |
| <b>Número de Paradas - Bus</b>                  | 62,11  | ND | #/veh/km |
| <b>Número Total de Cambios de Carril - Todo</b> | 0      | ND |          |

|                                            |         |        |        |
|--------------------------------------------|---------|--------|--------|
| Número Total de Cambios de Carril - Coche  | 0       | ND     |        |
| Número Total de Cambios de Carril - Camión | 0       | ND     |        |
| Número Total de Cambios de Carril - Bus    | 0       | ND     |        |
| Número Total de Paradas - Todo             | 4039,25 | ND     |        |
| Número Total de Paradas - Coche            | 3596,29 | ND     |        |
| Número Total de Paradas - Camión           | 318,83  | ND     |        |
| Número Total de Paradas - Bus              | 124,14  | ND     |        |
| Tiempo de Demora - Todo                    | 74,99   | 85,42  | seg/km |
| Tiempo de Demora - Coche                   | 69,06   | 77,89  | seg/km |
| Tiempo de Demora - Camión                  | 166,67  | 116,6  | seg/km |
| Tiempo de Demora - Bus                     | 100,05  | 139,32 | seg/km |
| Tiempo de Espera en Cola Virtual - Todo    | 0,1     | 0,38   | sec    |
| Tiempo de Espera en Cola Virtual - Coche   | 0,1     | 0,38   | sec    |
| Tiempo de Espera en Cola Virtual - Camión  | 0       | 0,02   | sec    |
| Tiempo de Espera en Cola Virtual - Bus     | 0,32    | 0,58   | sec    |
| Tiempo de Parada - Todo                    | 84,11   | 102,88 | seg/km |
| Tiempo de Parada - Coche                   | 75,64   | 91,54  | seg/km |
| Tiempo de Parada - Camión                  | 211,76  | 140,96 | seg/km |
| Tiempo de Parada - Bus                     | 124,14  | 178,69 | seg/km |
| Tiempo de Viaje - Todo                     | 277,25  | 86,9   | seg/km |
| Tiempo de Viaje - Coche                    | 270,04  | 78,8   | seg/km |
| Tiempo de Viaje - Camión                   | 378,35  | 118,18 | seg/km |
| Tiempo de Viaje - Bus                      | 320,91  | 134,48 | seg/km |
| Tiempo Total de Viaje - Todo               | 0,77    | ND     | h      |
| Tiempo Total de Viaje - Coche              | 0,68    | ND     | h      |
| Tiempo Total de Viaje - Camión             | 0,05    | ND     | h      |
| Tiempo Total de Viaje - Bus                | 0,03    | ND     | h      |
| Vehículos Dentro - Todo                    | 1       | ND     | veh    |
| Vehículos Dentro - Coche                   | 1       | ND     | veh    |
| Vehículos Dentro - Camión                  | 0       | ND     | veh    |
| Vehículos Dentro - Bus                     | 0       | ND     | veh    |
| Vehículos Esperando para Entrar - Todo     | 0       | ND     | veh    |
| Vehículos Esperando para Entrar - Coche    | 0       | ND     | veh    |
| Vehículos Esperando para Entrar - Camión   | 0       | ND     | veh    |
| Vehículos Esperando para Entrar - Bus      | 0       | ND     | veh    |

|                                           |       |      |      |
|-------------------------------------------|-------|------|------|
| <b>Vehículos Fuera - Todo</b>             | 288   | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Fuera - Coche</b>            | 263   | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Fuera - Camión</b>           | 14    | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Fuera - Bus</b>              | 11    | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Dentro - Todo</b>   | 0     | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Dentro - Coche</b>  | 0     | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Dentro - Camión</b> | 0     | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Dentro - Bus</b>    | 0     | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Fuera - Todo</b>    | 0     | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Fuera - Coche</b>   | 0     | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Fuera - Camión</b>  | 0     | ND   | veh  |
| <b>Vehículos Perdidos Fuera - Bus</b>     | 0     | ND   | veh  |
| <b>Velocidad - Todo</b>                   | 14,15 | 3,9  | km/h |
| <b>Velocidad - Coche</b>                  | 14,4  | 3,8  | km/h |
| <b>Velocidad - Camión</b>                 | 10,5  | 3,65 | km/h |
| <b>Velocidad - Bus</b>                    | 12,8  | 4,22 | km/h |
| <b>Velocidad Harmónica - Todo</b>         | 12,98 | 3,89 | km/h |
| <b>Velocidad Harmónica - Coche</b>        | 13,33 | 3,77 | km/h |
| <b>Velocidad Harmónica - Camión</b>       | 9,52  | 3,06 | km/h |
| <b>Velocidad Harmónica - Bus</b>          | 11,22 | 4,21 | km/h |

Fuente: Elaboración Propia-Aimsun 8.1

Tabla 3.27: Parámetros de la Ingeniería de Tránsito Estado Actual Intersección 6

| <b>Serie Temporal</b>               | <b>Valor</b> | <b>Desviación Estándar</b> | <b>Unidades</b> |
|-------------------------------------|--------------|----------------------------|-----------------|
| <b>Cola Media - Todo</b>            | 0,19         | ND                         | veh             |
| <b>Cola Media - Coche</b>           | 0,15         | ND                         | veh             |
| <b>Cola Media - Camión</b>          | 0,02         | ND                         | veh             |
| <b>Cola Media - Bus</b>             | 0,01         | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Máxima - Todo</b>   | 1            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Máxima - Coche</b>  | 1            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Máxima - Camión</b> | 1            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Máxima - Bus</b>    | 0            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Media - Todo</b>    | 0            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Media - Coche</b>   | 0            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Media - Camión</b>  | 0            | ND                         | veh             |
| <b>Cola Virtual Media - Bus</b>     | 0            | ND                         | veh             |
| <b>Contaje de Entrada - Todo</b>    | 255          | ND                         | veh             |
| <b>Contaje de Entrada - Coche</b>   | 221          | ND                         | veh             |
| <b>Contaje de Entrada - Camión</b>  | 23           | ND                         | veh             |
| <b>Contaje de Entrada - Bus</b>     | 11           | ND                         | veh             |

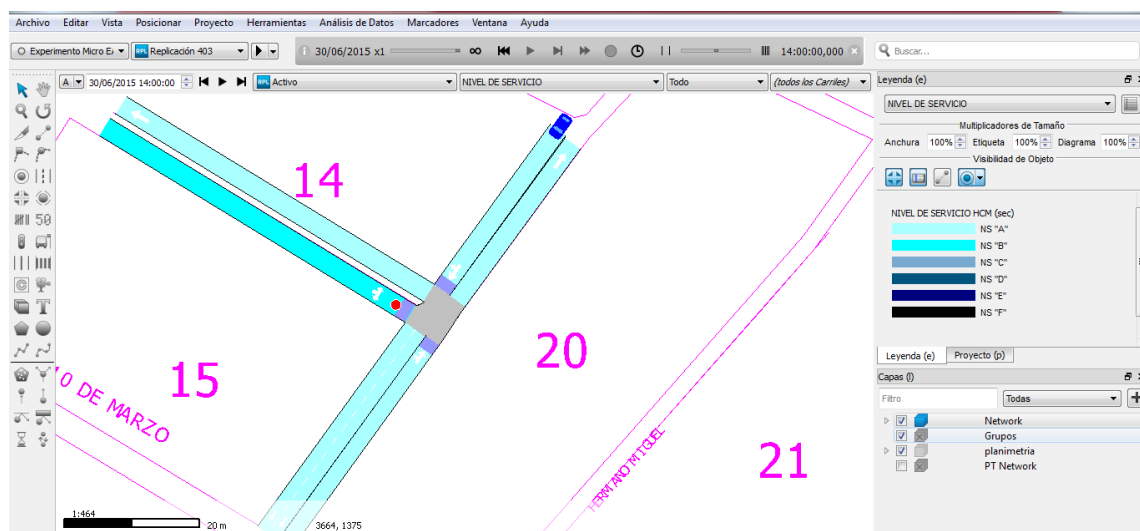
|                                                   |         |       |          |
|---------------------------------------------------|---------|-------|----------|
| <b>Densidad - Todo</b>                            | 3,21    | ND    | veh/km   |
| <b>Densidad - Coche</b>                           | 2,71    | ND    | veh/km   |
| <b>Densidad - Camión</b>                          | 0,32    | ND    | veh/km   |
| <b>Densidad - Bus</b>                             | 0,18    | ND    | veh/km   |
| <b>Distancia Total de Viaje - Todo</b>            | 17,76   | ND    | km       |
| <b>Distancia Total de Viaje - Coche</b>           | 15,4    | ND    | km       |
| <b>Distancia Total de Viaje - Camión</b>          | 1,58    | ND    | km       |
| <b>Distancia Total de Viaje - Bus</b>             | 0,78    | ND    | km       |
| <b>Flujo - Todo</b>                               | 256     | ND    | veh/h    |
| <b>Flujo - Coche</b>                              | 222     | ND    | veh/h    |
| <b>Flujo - Camión</b>                             | 23      | ND    | veh/h    |
| <b>Flujo - Bus</b>                                | 11      | ND    | veh/h    |
| <b>Flujo de Entrada - Todo</b>                    | 255     | ND    | veh/h    |
| <b>Flujo de Entrada - Coche</b>                   | 221     | ND    | veh/h    |
| <b>Flujo de Entrada - Camión</b>                  | 23      | ND    | veh/h    |
| <b>Flujo de Entrada - Bus</b>                     | 11      | ND    | veh/h    |
| <b>Giros Perdidos - Todo</b>                      | 0       | ND    |          |
| <b>Giros Perdidos - Coche</b>                     | 0       | ND    |          |
| <b>Giros Perdidos - Camión</b>                    | 0       | ND    |          |
| <b>Giros Perdidos - Bus</b>                       | 0       | ND    |          |
| <b>Número de Cambios de Carril - Todo</b>         | 38,04   | ND    | #/km     |
| <b>Número de Cambios de Carril - Coche</b>        | 34,87   | ND    | #/km     |
| <b>Número de Cambios de Carril - Camión</b>       | 0       | ND    | #/km     |
| <b>Número de Cambios de Carril - Bus</b>          | 3,17    | ND    | #/km     |
| <b>Número de Paradas - Todo</b>                   | 29,13   | ND    | #/veh/km |
| <b>Número de Paradas - Coche</b>                  | 28,8    | ND    | #/veh/km |
| <b>Número de Paradas - Camión</b>                 | 30,65   | ND    | #/veh/km |
| <b>Número de Paradas - Bus</b>                    | 32,69   | ND    | #/veh/km |
| <b>Número Total de Cambios de Carril - Todo</b>   | 12      | ND    |          |
| <b>Número Total de Cambios de Carril - Coche</b>  | 11      | ND    |          |
| <b>Número Total de Cambios de Carril - Camión</b> | 0       | ND    |          |
| <b>Número Total de Cambios de Carril - Bus</b>    | 1       | ND    |          |
| <b>Número Total de Paradas - Todo</b>             | 2353,09 | ND    |          |
| <b>Número Total de Paradas - Coche</b>            | 2017,24 | ND    |          |
| <b>Número Total de Paradas - Camión</b>           | 222,4   | ND    |          |
| <b>Número Total de Paradas - Bus</b>              | 113,45  | ND    |          |
| <b>Tiempo de Demora - Todo</b>                    | 55,47   | 37,11 | seg/km   |
| <b>Tiempo de Demora - Coche</b>                   | 51,25   | 33,8  | seg/km   |
| <b>Tiempo de Demora - Camión</b>                  | 83,76   | 46,8  | seg/km   |

|                                                  |        |       |        |
|--------------------------------------------------|--------|-------|--------|
| <b>Tiempo de Demora - Bus</b>                    | 81,4   | 45,61 | seg/km |
| <b>Tiempo de Espera en Cola Virtual - Todo</b>   | 0,06   | 0,36  | sec    |
| <b>Tiempo de Espera en Cola Virtual - Coche</b>  | 0,07   | 0,38  | sec    |
| <b>Tiempo de Espera en Cola Virtual - Camión</b> | 0,06   | 0,26  | sec    |
| <b>Tiempo de Espera en Cola Virtual - Bus</b>    | 0      | 0     | sec    |
| <b>Tiempo de Parada - Todo</b>                   | 48,37  | 40,82 | seg/km |
| <b>Tiempo de Parada - Coche</b>                  | 44,43  | 37,22 | seg/km |
| <b>Tiempo de Parada - Camión</b>                 | 70,09  | 53,23 | seg/km |
| <b>Tiempo de Parada - Bus</b>                    | 82,51  | 54,13 | seg/km |
| <b>Tiempo de Viaje - Todo</b>                    | 205,83 | 54,8  | seg/km |
| <b>Tiempo de Viaje - Coche</b>                   | 200,13 | 51,54 | seg/km |
| <b>Tiempo de Viaje - Camión</b>                  | 233,45 | 60,19 | seg/km |
| <b>Tiempo de Viaje - Bus</b>                     | 263,1  | 61,83 | seg/km |
| <b>Tiempo Total de Viaje - Todo</b>              | 1,01   | ND    | h      |
| <b>Tiempo Total de Viaje - Coche</b>             | 0,85   | ND    | h      |
| <b>Tiempo Total de Viaje - Camión</b>            | 0,1    | ND    | h      |
| <b>Tiempo Total de Viaje - Bus</b>               | 0,06   | ND    | h      |
| <b>Vehículos Dentro - Todo</b>                   | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Dentro - Coche</b>                  | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Dentro - Camión</b>                 | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Dentro - Bus</b>                    | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Esperando para Entrar - Todo</b>    | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Esperando para Entrar - Coche</b>   | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Esperando para Entrar - Camión</b>  | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Esperando para Entrar - Bus</b>     | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Fuera - Todo</b>                    | 256    | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Fuera - Coche</b>                   | 222    | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Fuera - Camión</b>                  | 23     | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Fuera - Bus</b>                     | 11     | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Perdidos Dentro - Todo</b>          | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Perdidos Dentro - Coche</b>         | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Perdidos Dentro - Camión</b>        | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Perdidos Dentro - Bus</b>           | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Perdidos Fuera - Todo</b>           | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Perdidos Fuera - Coche</b>          | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Perdidos Fuera - Camión</b>         | 0      | ND    | veh    |
| <b>Vehículos Perdidos Fuera - Bus</b>            | 0      | ND    | veh    |

|                                     |       |      |      |
|-------------------------------------|-------|------|------|
| <b>Velocidad - Todo</b>             | 19    | 5,86 | km/h |
| <b>Velocidad - Coche</b>            | 19,46 | 5,85 | km/h |
| <b>Velocidad - Camión</b>           | 16,69 | 5,2  | km/h |
| <b>Velocidad - Bus</b>              | 14,67 | 4,68 | km/h |
| <b>Velocidad Harmónica - Todo</b>   | 17,49 | 5,15 | km/h |
| <b>Velocidad Harmónica - Coche</b>  | 17,99 | 5,14 | km/h |
| <b>Velocidad Harmónica - Camión</b> | 15,42 | 4,43 | km/h |
| <b>Velocidad Harmónica - Bus</b>    | 13,68 | 3,68 | km/h |

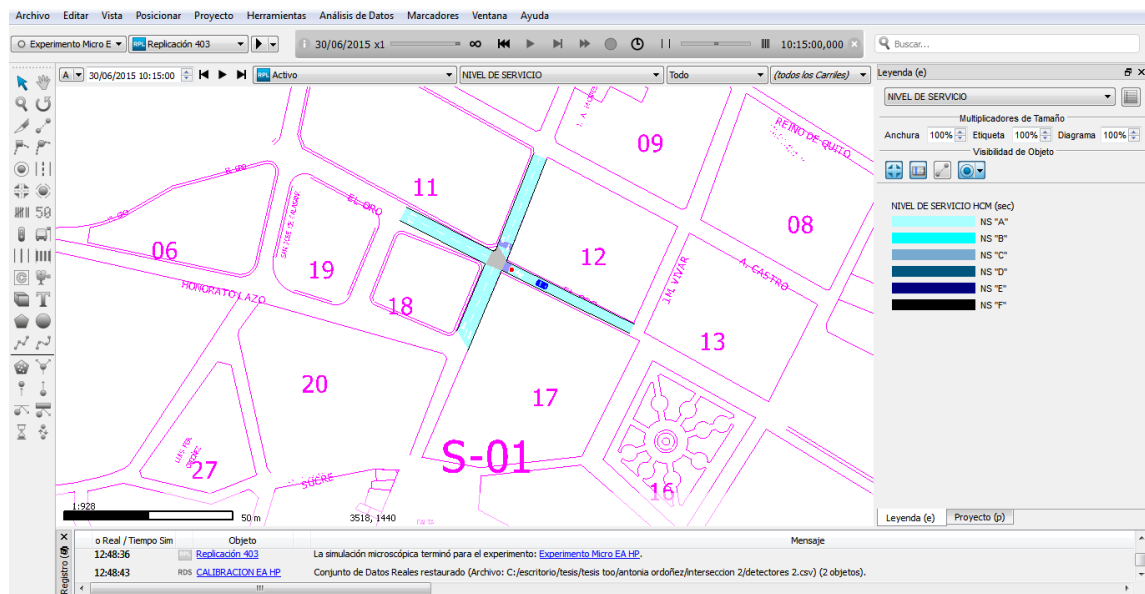
Fuente: Elaboración Propia-Aimsun 8.1

Figura 3.13: Nivel de servicio estado actual intersección 1



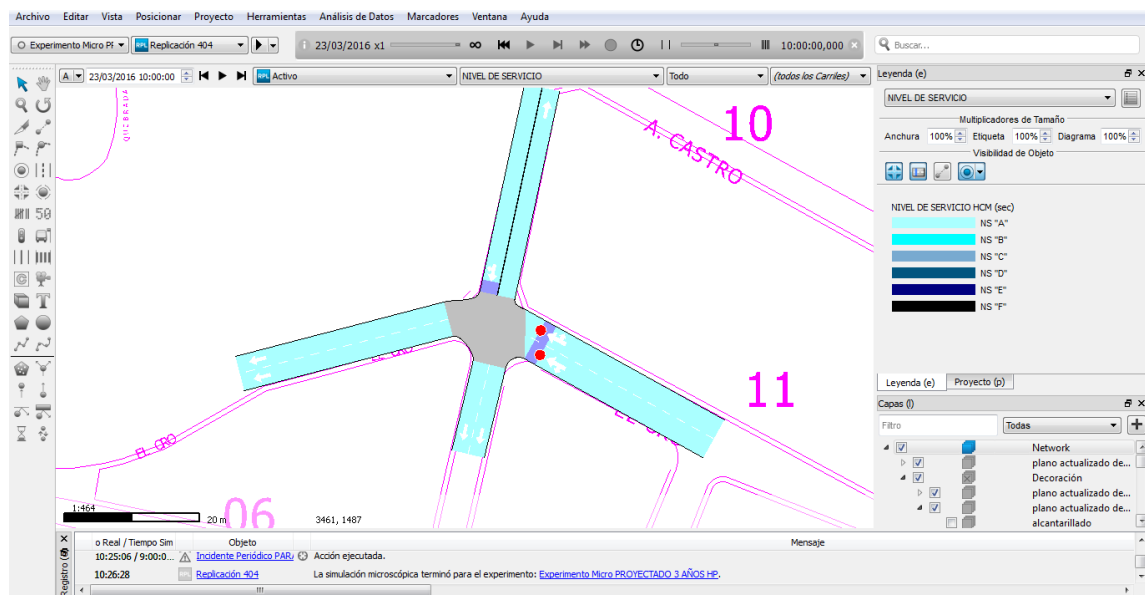
Fuente: Elaboración Propia- Aimsun 8.1

Figura 3.13: Nivel de servicio estado actual intersección 2



Fuente: Elaboración Propia– Aimsun 8.1

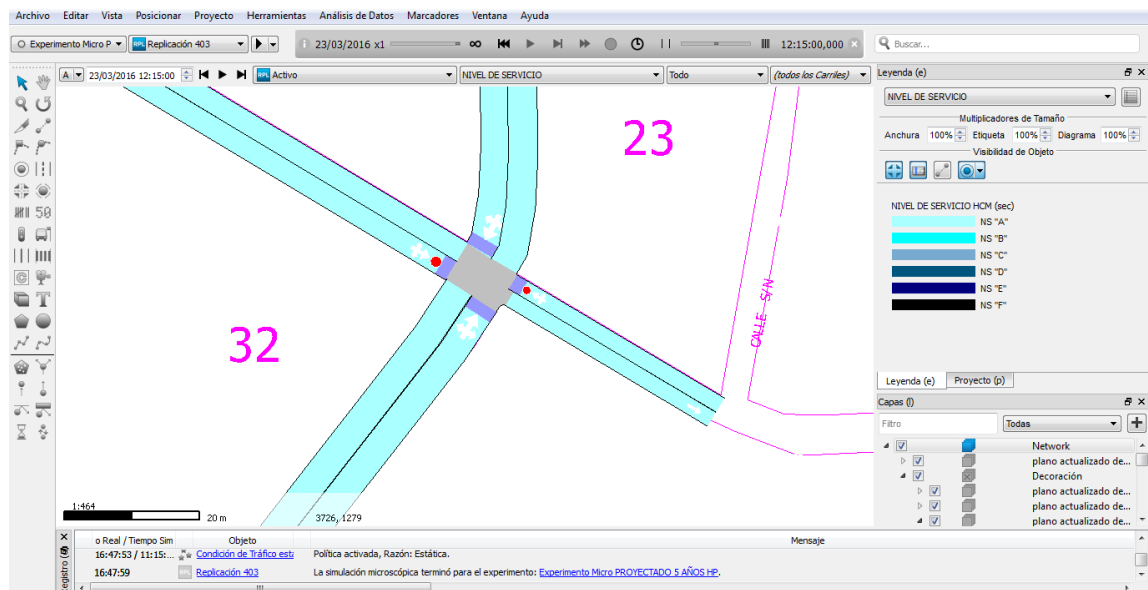
Figura 3.14: Nivel de servicio estado actual intersección 3



Fuente: Elaboración Propia – Aimsun 8.1

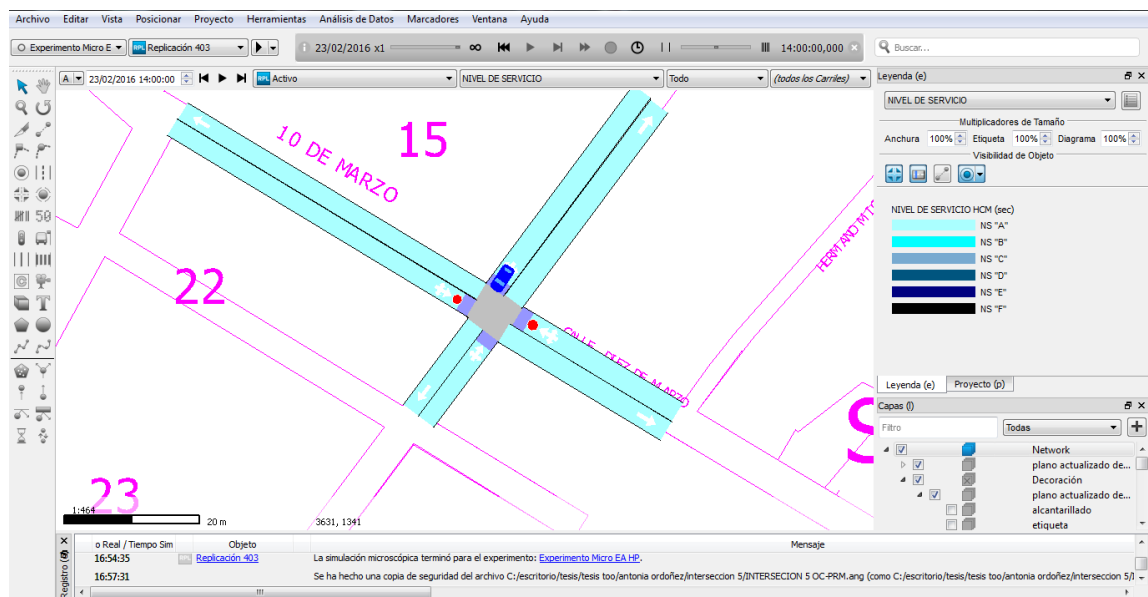


**Figura 3.15: Nivel de servicio estado actual intersección 4**

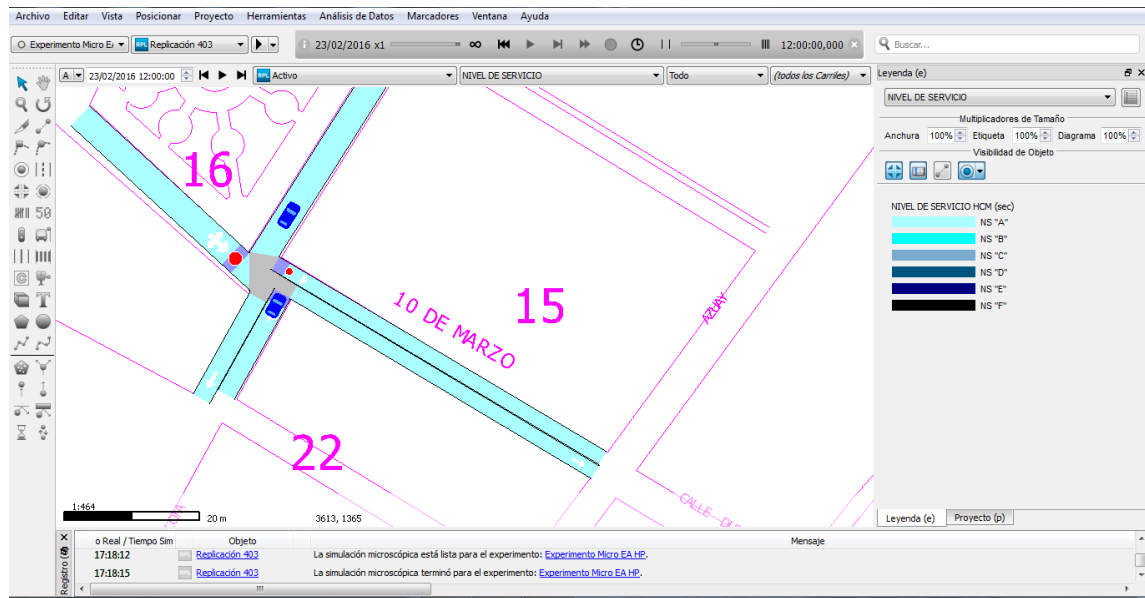


**Fuente: Elaboración Propia– Aimsun 8.1**

**Figura 3.16: Nivel de servicio estado actual intersección 5**



**Fuente: Elaboración Propia– Aimsun 8.1**

**Figura 3.17: Nivel de servicio estado actual intersección 6**

**Fuente: Elaboración Propia– Aimsun 8.1**

Como se dijo anteriormente, el cálculo de niveles de servicio se basa en lo establecido en el HCM 2000.

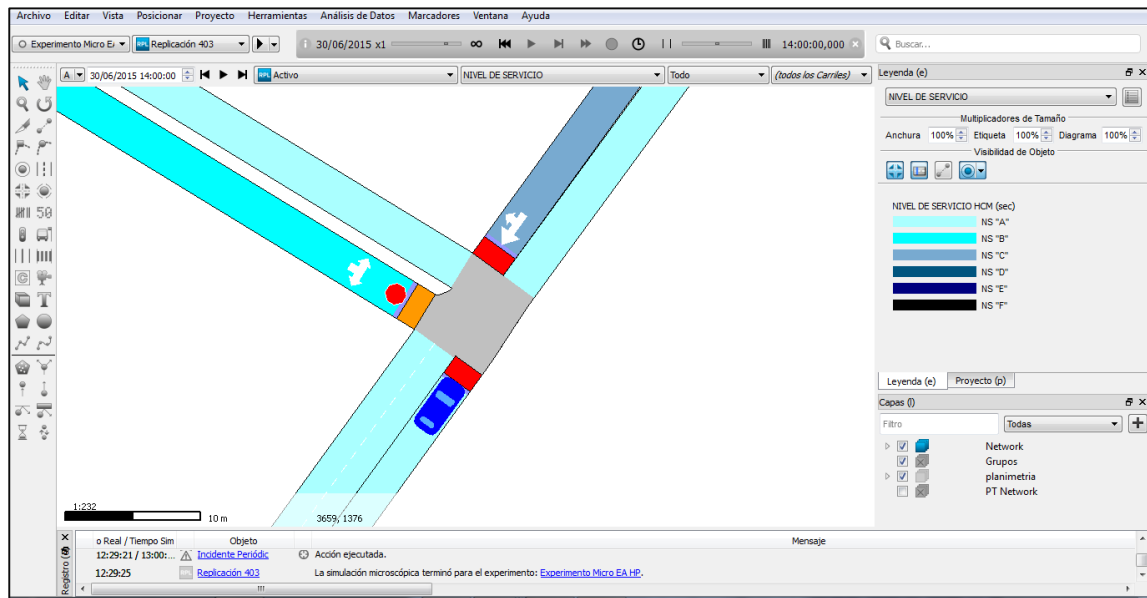
Como podemos constatar, todas las intersecciones tienen nivel de servicio A con excepción de la primera intersección, en la cual el acceso 2 tiene nivel de servicio B, lo cual refleja un estado actual bueno con demoras menores a los 10 segundos.

### 3.2.3 Nivel de servicio con semaforización

Para el cálculo de nivel de servicio de las intersecciones considerando los tiempos óptimos semaforicos obtenidos mediante la herramienta informática LISA+.

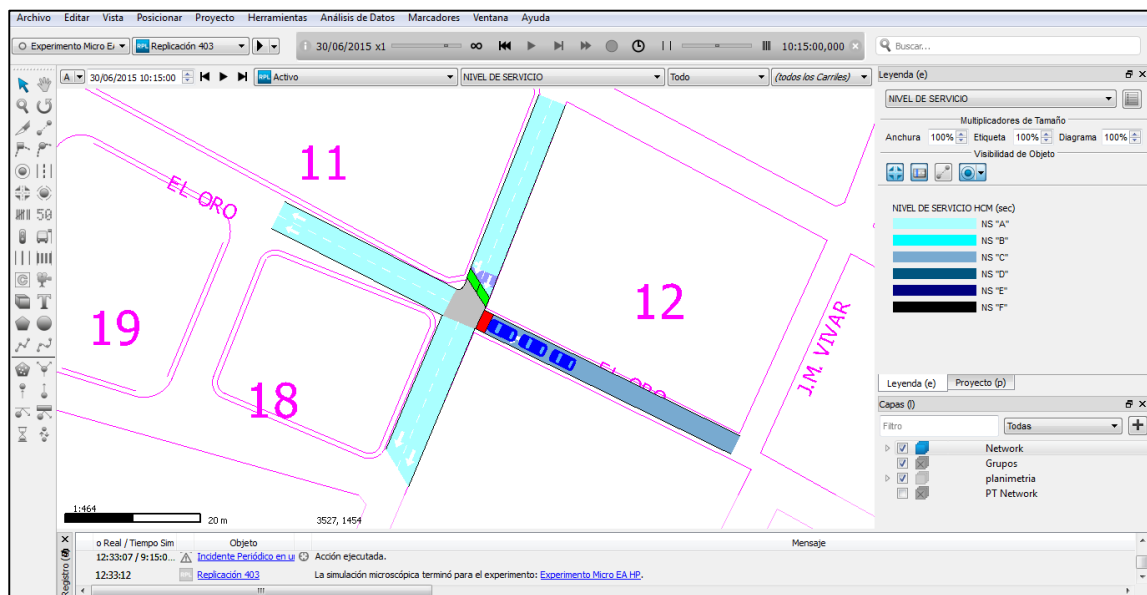
Que nos dio como resultado los siguientes niveles de servicio.

Figura 3.18: Nivel de servicio con semaforización intersección 1



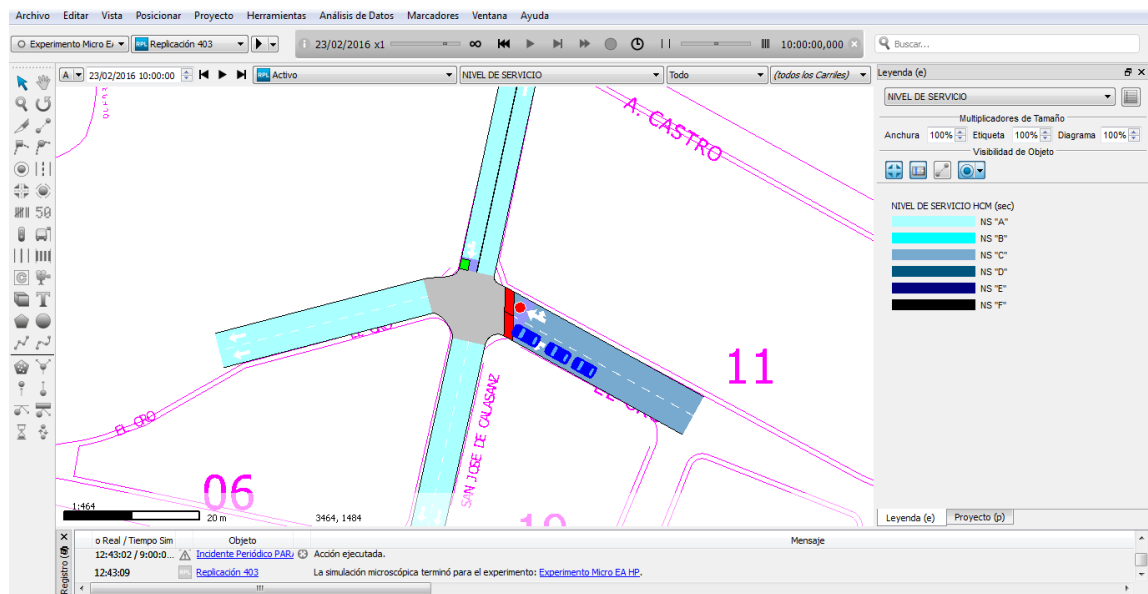
Fuente: Elaboración Propia– Aimsun 8.1

Figura 3.19: Nivel de servicio con semaforización intersección 2



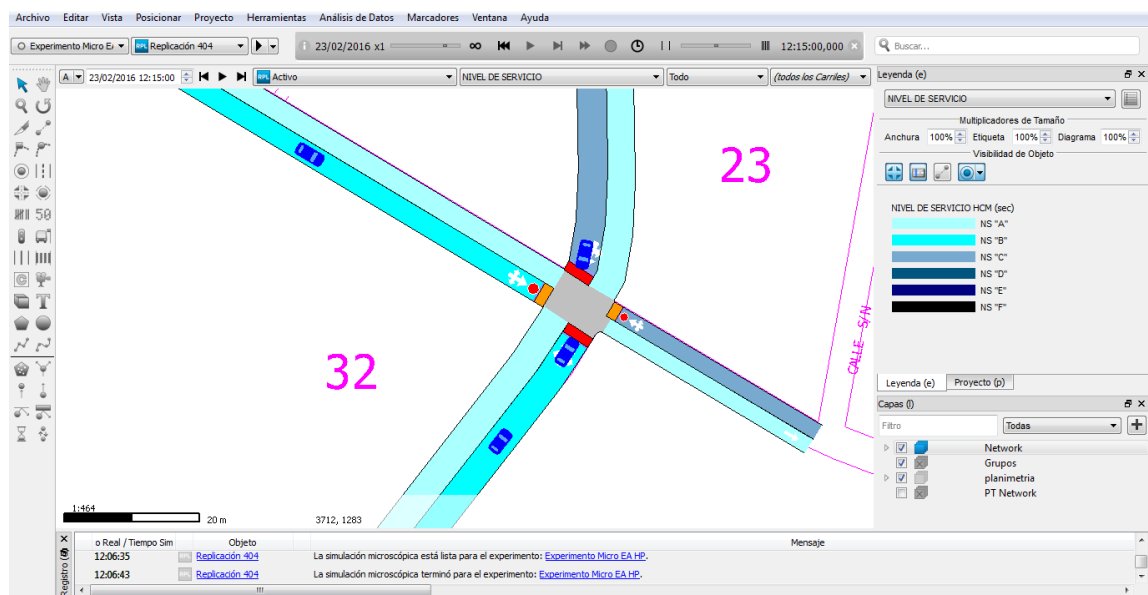
Fuente: Elaboración Propia– Aimsun 8.1

Figura 3.20: Nivel de servicio con semaforización intersección 3



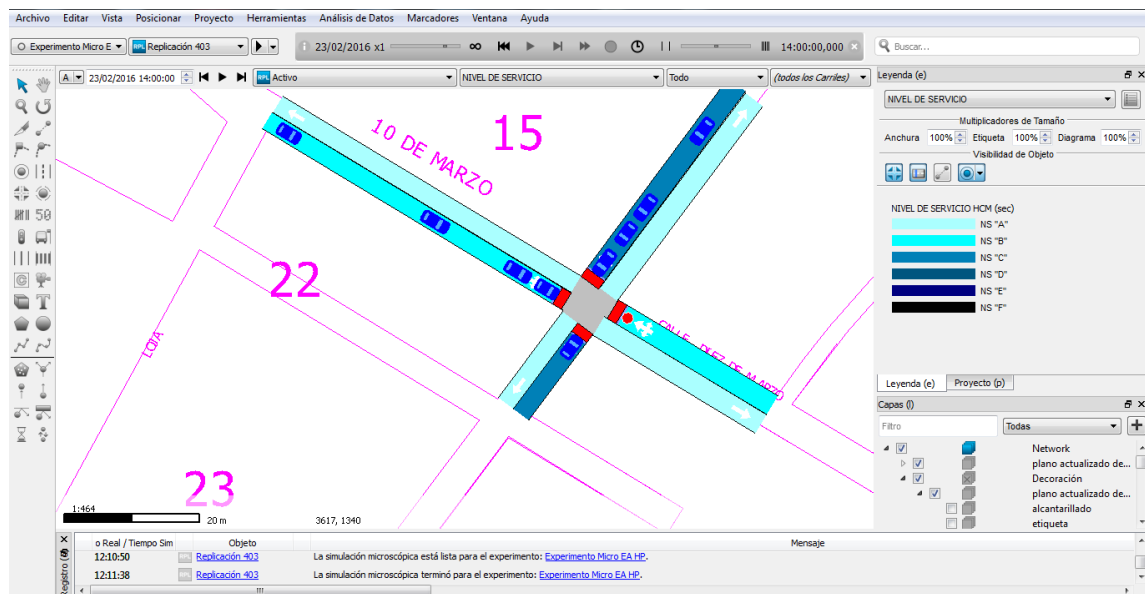
Fuente: Elaboración Propia– Aimsun 8.1

Figura 3.21: Nivel de servicio con semaforización intersección 4



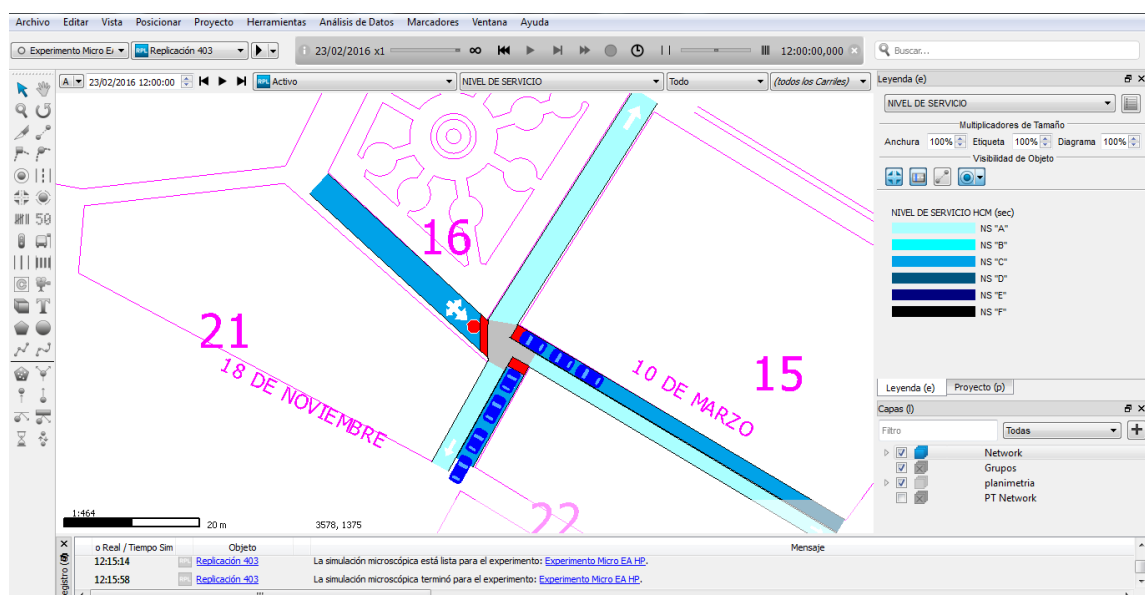
Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.22: Nivel de servicio con semaforización intersección 5



Fuente: Elaboración Propia– Aimsun 8.1

Figura 3.23: Nivel de servicio con semaforización intersección 6



Fuente: Elaboración Propia– Aimsun 8.1

Evidentemente el nivel de servicio disminuyó hasta un nivel de servicio C en algunos accesos, pero siguen estando en el rango de nivel de servicio relativamente bajo, ya que los beneficios que tiene el sistema semafórico para los peatones y conductores es la

seguridad primeramente, ya que no se respetan las señales de tránsito actuales. Por otro lado si bien es cierto los flujos vehiculares no son altos pero son parecidos en la vía principal y secundaria, lo que justifica el uso del sistema semafórico.

### **3.3 Diseño horizontal y vertical de las intersecciones**

Como se dijo anteriormente las señales de tránsito deben transmitir mensajes claros para el tránsito seguro y ordenado de peatones y vehículos. Es evidente la falta de señales horizontales y verticales en el centro urbano de Saraguro, ya que complementado con la falta de conocimiento de los conductores se están dando problemas en cuanto a una movilidad segura.

La señalización debe cumplir con lo dispuesto RTE INEN 004 “SEÑALIZACIÓN VIAL”, con la finalidad de proteger la seguridad y prevenir riesgos y posibles accidentes; los dispositivos de control del tránsito vehicular deben ser efectivos y existir una necesidad para su implementación.

En cuanto al mantenimiento se debe presentar un servicio profesional en la limpieza, de manera que siempre sea legible para el conductor, la constante inspección de su estado nos puede indicar el reemplazo oportuno de la señal de tránsito.

En conclusión, se puede establecer que la correcta señalización garantiza el tránsito de vehículos y peatones en forma normal, sin riesgos ni accidentes, con esto se garantiza una movilidad segura. Recomendando siempre al conductor no hacer caso omiso del dispositivo de control del tránsito.

Dando cumplimiento con el objetivo principal de este trabajo, el diseño horizontal y vertical se fundamenta en el Reglamento Técnico Ecuatoriano de Señalización Vial RTE 004, vigente en el país resumido en el capítulo 2; el detalle de la señalización en el tramo propuesto se adjunta en el capítulo de anexos.

### **3.4 Presupuesto**

El presupuesto detallado a continuación; es un presupuesto referencial, ya que está enfocado en la obra civil y se omite algunos componentes como instalaciones eléctricas, electrónicas y de telecomunicaciones. Los precios unitarios fueron proporcionados por el Arquitecto Marcos Naula encargado de semaforización de la EMOV.

Para el esquema de colocación en cada intersección se tomó como referencia el esquema detallado en el RTE INEN 004 de SEÑALIZACIÓN VIAL.

El análisis de precios unitarios esta detallado en la parte de anexos.

| <b>PRESUPUESTO SEMAFORIZACIÓN Y SEÑALIZACIÓN</b> |                                                                          |                |                 |                        |                     |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|------------------------|---------------------|
| <b>ITEM</b>                                      | <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                       | <b>UNIDAD</b>  | <b>CANTIDAD</b> | <b>PRECIO UNITARIO</b> | <b>PRECIO TOTAL</b> |
| <b>OBRAS PRELIMINARES</b>                        |                                                                          |                |                 |                        |                     |
| <b>1</b>                                         | Excavación a mano                                                        | m <sup>3</sup> | 14,08           | 1,51                   | 21,19               |
| <b>2</b>                                         | Hormigón simple de 180 kg/m <sup>3</sup>                                 | m <sup>3</sup> | 14,08           | 35,39                  | 498,28              |
| <b>3</b>                                         | Cargado de material a mano                                               | m <sup>3</sup> | 14,08           | 0,78                   | 10,96               |
| <b>SEMAFORIZACIÓN</b>                            |                                                                          |                |                 |                        | <b>0</b>            |
| <b>4</b>                                         | Semáforos de policarbonato 3/200 mm tipo led negro con pantalla          | u              | 15              | 711,65                 | 10674,77            |
| <b>5</b>                                         | Semáforos de policarbonato 1/300+2/200 mm tipo led negro con pantalla    | u              | 36              | 692,01                 | 24912,33            |
| <b>6</b>                                         | Semáforos de policarbonato peatonal 2/200 mm (cuadrado dinámico y crono) | u              | 12              | 589,29                 | 7071,42             |
| <b>7</b>                                         | Controladores de Tráfico 8 Grupos                                        | u              | 6               | 2.882,97               | 17297,85            |
| <b>SEÑALIZACIÓN</b>                              |                                                                          |                |                 |                        | <b>0</b>            |
| <b>8</b>                                         | Señales Verticales                                                       | u              | 36              | 145,36                 | 5232,88             |
| <b>9</b>                                         | Pintura Acrílica de Trafico                                              | galones        | 20              | 166,69                 | 3.333,71            |
| <b>10</b>                                        | Señales Verticales de Direccionalidad de vías                            | u              | 24              | 99,36                  | 2384,59             |
|                                                  |                                                                          |                |                 |                        | <b>71437,97</b>     |



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Con los planes de señales del diseño semafórico se da una nueva alternativa que mejora las condiciones de movilidad de los vehículos y peatones de la ciudad de Saraguro.
- Los resultados obtenidos en este trabajo permiten identificar la situación actual, es decir los niveles de servicio de las intersecciones y con base en esto crear alternativas de movilidad.
- En el análisis de tráfico de las seis intersecciones se determinó que en la hora de máxima demanda los volúmenes vehiculares son semejantes en ambos sentidos, lo cual justifica la implementación de un sistema semafórico a tiempo fijo.
- Cabe recalcar que los resultados de este trabajo sirven como base para la programación semafórica de las intersecciones, su aplicación debe hacerse de manera correcta para garantizar la reducción de accidentes y aumentar la seguridad de los peatones y ciclistas.
- Las fases semafóricas óptimas están detalladas para la hora de máxima demanda, para las otras horas se puede considerar el mismo plan de señales.

| OPTIMIZACIÓN          |                 |       |           |                 |       |           |                 |
|-----------------------|-----------------|-------|-----------|-----------------|-------|-----------|-----------------|
|                       | FASE A          |       |           | FASE B          |       |           | tiempo de ciclo |
|                       | tiempo de verde | ámbar | todo rojo | tiempo de verde | ámbar | todo rojo |                 |
| <b>Intersección 1</b> | 16              | 3     | 2         | 35              | 3     | 1         | 60              |
| <b>Intersección 2</b> | 17              | 3     | 2         | 19              | 3     | 1         | 45              |
| <b>Intersección 3</b> | 16              | 3     | 1         | 36              | 3     | 1         | 60              |
| <b>Intersección 4</b> | 34              | 3     | 2         | 10              | 3     | 1         | 53              |
| <b>Intersección 5</b> | 15              | 3     | 2         | 36              | 3     | 1         | 60              |
| <b>Intersección 6</b> | 28              | 3     | 2         | 21              | 3     | 3         | 60              |

- Los niveles de servicio bajan con la implementación de semáforos y se debe considerar que en la intersección 5 y 6 no se implemente un sistema semafórico, ya que la circulación es continua y no hay mayores dificultades.
- Para la intersección Panamericana y 10 de Marzo es urgente la colocación de semáforos, ya que es el acceso de una vía principal a una secundaria, las velocidades de circulación en la vía principal superan los 90 km/h y los moradores de la zona exigen un control, ya que se pone en riesgo la seguridad de los peatones. En las demás intersecciones existen flujos parecidos en los dos sentidos, lo cual justifica la implementación de un sistema semafórico.
- La señalización vertical y horizontal en cada intersección tiene que tener un mantenimiento inmediato para que esté en concordancia con el sistema semafórico. Los planos de señalización están detallados en anexos cumpliendo con la norma INEN 004 de señalización vial.

## Recomendaciones

Para el correcto funcionamiento del sistema semafórico se pueden dar las siguientes recomendaciones para la señalización vertical.

- **Intersección Calle Azuay y El Oro.**

En esta intersección muy comercial los problemas principales son causados por los buses de transporte público que se estacionan y ocupan la mitad del carril de la calle Azuay, por lo que se recomienda reubicarlos en otra zona de menor afluencia tanto vehicular como peatonal, como por ejemplo en la calle Reino de Quito que presta las condiciones geométricas adecuadas para las paradas de transporte público.

Pensando en una solución a largo plazo de tiene que pensar en la implementación de un terminal terrestre para Saraguro, siendo ésta una infraestructura indispensable para mejorar la movilidad, no solo del centro urbano sino del cantón.

- **Intersección El Oro y Juan Antonio Montesinos.**

En esta intersección el principal problema es el estacionamiento en el acceso 2 que se ubica en la calle Juan Antonio Montesinos, ya que al estacionarse en ambos lados se dificulta el tránsito y esto ocasiona demoras, a la vez que es una intersección que se ubica en el Mercado Central y la afluencia de peatones el día domingo es considerable; se pone en riesgo la integridad de los mismos, ya que es la intersección que tiene mayor flujo vehicular según el conteo de tráfico detallado en el capítulo 2, por lo que se recomienda prohibir el estacionamiento en la calle Juan Antonio Montesinos específicamente en el tramo comprendido entre la avenida El Oro y Juan Antonio Castro.

- **Intersección Avenida el Oro y Calasanz**

En esta intersección los flujos son semejantes en ambas direcciones y existe una gran afluencia de buses escolares de lunes a viernes, lo que en la hora de máxima demanda ocasiona demoras, también se debe restringir el estacionamiento de la avenida Calasanz en sentido Sur – Norte con el fin de mejorar el nivel de servicio de la intersección.

- **Intersección Panamericana y 10 de Marzo**

Se debe dar mantenimiento a la señalización horizontal y además de la implementación de semáforos, se debe implementar indispensablemente señales que indiquen la aproximación a semáforo, ya que como se dijo anteriormente por esta vía circulan vehículos a alta velocidad lo cual puede causar accidentes.

- **Intersección Azuay y 10 de Marzo**

Esta intersección no presenta mayores dificultades en términos generales, pero con el fin de mejorar la capacidad de esta intersección, ya que por ella transitan buses, se debe restringir el estacionamiento en ambas direcciones en la calle Azuay en el tramo comprendido entre la avenida el Oro y 10 de Marzo.

- **Intersección Loja y 10 de Marzo**

En esta intersección el principal problema es la parada de taxis existente en la calle 10 de Marzo, ya que ocupa el carril derecho de la calle 10 de Marzo y esto ocasiona conflictos con los vehículos provenientes de la calle Loja, por lo que se recomienda una reubicación.

- En cuanto a la señalización se debe dar mantenimiento a las señales horizontales ya que no existen en algunos accesos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HCM 2000. (2000). *Higway Capacity Manual*. USA: Library of Congress Cataloging in Publication Data.
- Cárdenas Grisales , J., & Y Mayor, R. C. (2007). *Ingeniería del Tránsito*. México: Alfaomega.
- MAITA, AGUIRRE. (2014). EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL Y DISEÑO SEMAFÓRICO DE LA AVENIDA UNIDAD NACIONAL ENTRE AVENIDA MÉXICO Y CALLE DEL BATÁN. CUENCA: UNIVERSIDAD DEL AZUAY.
- México. Subsecretaria de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio. (2003). *Manual Normativo Tomo XII – Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito*. México: SEDESOL
- Reglamento Técnico ecuatoriano INEN 004 “*Señalización Vial*”

## ANEXOS