

- El tipo de llegada del acceso W - occidental (3), demuestra que la cantidad de vehículos que se encuentran estacionados en la fase roja, no logran ser evacuados con la rapidez suficiente, según la tabla 9.13 del HCM 2010, su factor de progresión es 1.0.
- El tipo de llegada del acceso W – oriental (4), demuestra que la cantidad de vehículos que se encuentran estacionados en la fase roja, logran ser evacuados con eficiencia, la mayor parte, durante un solo ciclo semafórico, según la tabla 9.13 del HCM 2010, su factor de progresión es 0.9.

A continuación, se presentan los cálculos para la obtención de los niveles de servicio de cada acceso vehicular, a partir de la Demora uniforme D_{1i} , la demora incremental D_{2i} , la demora total D_i y su ajuste por factor de progresión:

Figura 52. Módulo de nivel de servicio - AC 24 X AK 86..

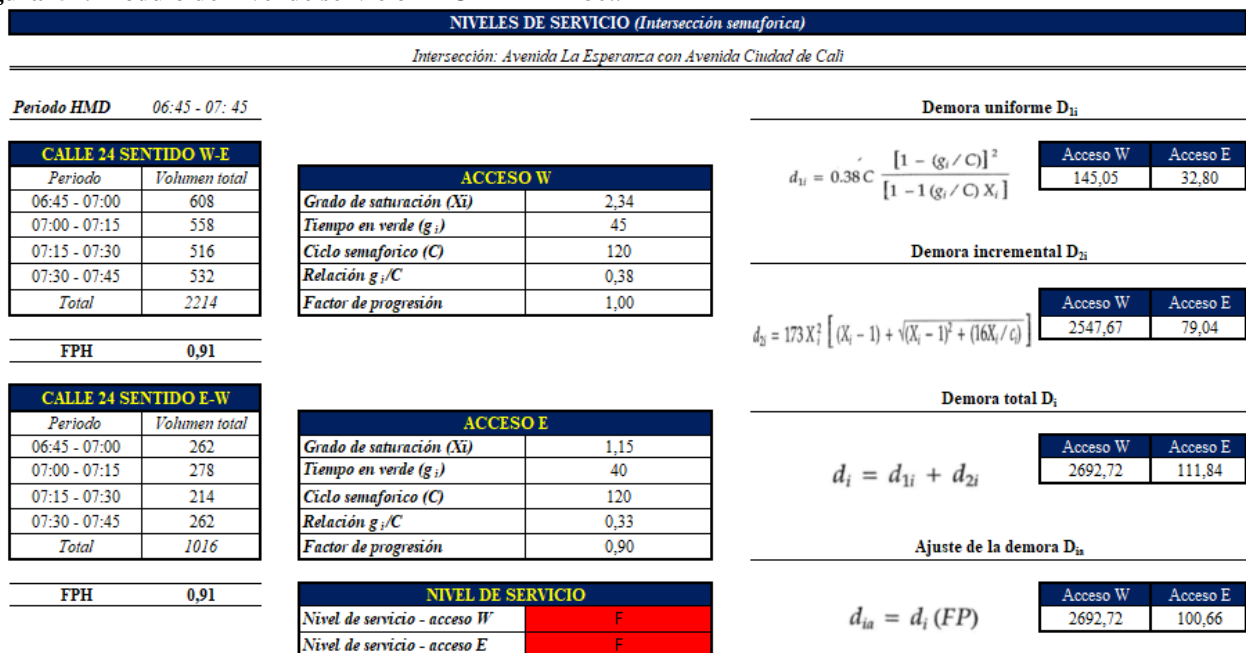


Figura 52. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

Como se observa en los cálculos anteriores, el acceso occidental presenta una demora de 2.692,72 seg/veh, lo que representa un nivel de servicio F, por encima de los 60 seg/veh, esto quiere decir, que los flujos de llegada exceden la capacidad del corredor vial, las demoras son causadas por progresiones pobres y largos ciclos semafóricos, por lo que se da una operación saturada. De igual forma ocurre con el acceso oriental, con una demora de 100,66 seg/veh.

10.2.2 Intersección de la Avenida La Esperanza con Transversal 95A

Como se observa en el Cuadro 13 y el histograma de frecuencias vehiculares de la Figura 53, el flujo vehicular de la HMD de la mañana corresponde a 3.374 veh-mixtos/hora y 3.058 veh-equivalentes/hora, mientras que, en la HMD de la tarde, el volumen vehicular corresponde a 3.762 veh-mixtos/hora y 3.553 veh-equivalentes/hora. Adicionalmente, se evidencia una dinámica constante a lo largo del aforo efectuado, además, la mayor parte del tránsito motorizado que circula por este corredor, son vehículos livianos, lo que resulta coherente teniendo en cuenta que la mayor parte del suelo lateral a la vía corresponde al desarrollo progresivo de unidades de vivienda residencial. De igual forma, se evidencia la circulación de vehículos pesados, lo cual es indicio del desarrollo de diferentes actividades económicas en la localidad. Esto guarda relación con la información tomada en el punto anterior, pues no varía mucho la composición ni el comportamiento durante las 12 horas de aforo.

Cuadro 13. Volumen vehicular horario – Avenida Calle 24 con Transversal 95A.

| VOLUMEN HORARIO TOTAL | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|-------|-----------|--------|-----|-------------------|----------------|-------------|-----|-----|-------|----|-----|---------|---------------|
| HORARIO | MOTO | AUTO | COLECTIVO | BUSETA | BUS | COLECTIVO ESCOLAR | BUSETA ESCOLAR | BUS ESCOLAR | C2P | C2G | C3-C4 | C5 | >C5 | TOTALES | TOTALES EQUI. |
| 6:00:00 a. m. | 1.440 | 1.548 | 9 | - | 66 | 6 | - | 2 | 60 | 94 | 5 | 2 | 1 | 3233 | 2839 |
| 6:15:00 a. m. | 1.473 | 1.607 | 15 | 2 | 73 | 8 | - | 5 | 64 | 118 | 8 | 2 | 2 | 3377 | 3035 |
| 6:30:00 a. m. | 1.497 | 1.592 | 16 | 3 | 68 | 8 | - | 6 | 47 | 123 | 12 | 2 | 1 | 3375 | 3005 |
| 6:45:00 a. m. | 1.459 | 1.599 | 21 | 4 | 68 | 20 | - | 8 | 34 | 140 | 18 | 2 | 1 | 3374 | 3058 |
| 7:00:00 a. m. | 1.334 | 1.436 | 22 | 4 | 51 | 22 | - | 8 | 23 | 148 | 19 | 2 | 2 | 3071 | 2802 |
| 7:15:00 a. m. | 1.241 | 1.494 | 18 | 2 | 49 | 21 | - | 4 | 26 | 150 | 22 | 2 | 3 | 3032 | 2810 |
| 7:30:00 a. m. | 1.068 | 1.626 | 19 | 1 | 54 | 22 | - | 3 | 49 | 134 | 22 | 2 | 5 | 3005 | 2888 |
| 7:45:00 a. m. | 905 | 1.741 | 20 | - | 51 | 8 | - | 1 | 70 | 132 | 21 | 1 | 5 | 2955 | 2926 |
| 8:00:00 a. m. | 843 | 1.901 | 22 | - | 68 | 5 | - | 2 | 90 | 129 | 21 | 1 | 5 | 3087 | 3132 |
| 8:15:00 a. m. | 814 | 1.861 | 26 | 4 | 59 | 6 | - | 1 | 83 | 132 | 18 | 1 | 5 | 3010 | 3058 |
| 8:30:00 a. m. | 798 | 1.775 | 30 | 9 | 60 | 4 | - | 2 | 81 | 143 | 16 | - | 4 | 2922 | 2994 |
| 8:45:00 a. m. | 827 | 1.647 | 29 | 9 | 58 | 4 | - | 2 | 72 | 137 | 9 | - | 6 | 2800 | 2825 |
| 9:00:00 a. m. | 794 | 1.581 | 31 | 10 | 52 | 3 | - | 1 | 68 | 140 | 5 | - | 5 | 2690 | 2717 |
| 9:15:00 a. m. | 736 | 1.531 | 27 | 12 | 50 | 1 | - | 1 | 80 | 132 | 2 | - | 3 | 2575 | 2624 |
| 9:30:00 a. m. | 726 | 1.602 | 27 | 7 | 52 | 1 | - | - | 76 | 151 | 3 | 2 | 3 | 2650 | 2727 |
| 9:45:00 a. m. | 684 | 1.674 | 26 | 7 | 58 | 1 | - | - | 91 | 165 | 12 | 4 | 2 | 2724 | 2885 |
| 10:00:00 a. m. | 683 | 1.744 | 23 | 7 | 54 | - | - | - | 101 | 170 | 20 | 6 | 2 | 2810 | 3001 |
| 10:15:00 a. m. | 681 | 1.875 | 24 | 1 | 65 | 2 | - | - | 101 | 175 | 25 | 7 | 3 | 2959 | 3177 |
| 10:30:00 a. m. | 682 | 1.927 | 18 | 1 | 63 | 3 | - | - | 102 | 176 | 34 | 7 | 6 | 3019 | 3251 |
| 10:45:00 a. m. | 694 | 2.010 | 17 | 1 | 63 | 3 | - | 1 | 98 | 176 | 29 | 7 | 5 | 3104 | 3315 |
| 11:00:00 a. m. | 705 | 2.046 | 20 | - | 64 | 3 | - | 1 | 88 | 172 | 30 | 6 | 6 | 3141 | 3330 |
| 11:15:00 a. m. | 733 | 2.035 | 18 | - | 55 | 1 | - | 2 | 91 | 175 | 30 | 7 | 8 | 3155 | 3331 |
| 11:30:00 a. m. | 738 | 1.956 | 22 | - | 52 | 2 | - | 4 | 96 | 177 | 23 | 7 | 7 | 3084 | 3260 |
| 11:45:00 a. m. | 752 | 1.930 | 20 | - | 51 | 4 | - | 4 | 86 | 178 | 28 | 6 | 12 | 3071 | 3239 |
| 12:00:00 p. m. | 775 | 1.873 | 19 | - | 47 | 4 | - | 4 | 85 | 171 | 27 | 5 | 13 | 3023 | 3161 |
| 12:15:00 p. m. | 762 | 1.792 | 18 | - | 45 | 5 | - | 3 | 71 | 164 | 25 | 3 | 10 | 2898 | 2998 |
| 12:30:00 p. m. | 775 | 1.846 | 15 | - | 43 | 5 | - | 3 | 62 | 149 | 22 | 1 | 7 | 2928 | 2968 |
| 12:45:00 p. m. | 792 | 1.830 | 14 | - | 37 | 4 | - | 4 | 54 | 136 | 13 | - | 2 | 2886 | 2857 |
| 1:00:00 p. m. | 800 | 1.851 | 12 | - | 40 | 6 | - | 6 | 52 | 146 | 11 | 1 | 1 | 2926 | 2907 |
| 1:15:00 p. m. | 816 | 1.917 | 11 | - | 40 | 7 | - | 6 | 72 | 145 | 19 | 3 | 4 | 3040 | 3061 |
| 1:30:00 p. m. | 856 | 1.948 | 12 | - | 47 | 8 | - | 4 | 76 | 145 | 25 | 4 | 4 | 3129 | 3153 |
| 1:45:00 p. m. | 913 | 2.030 | 18 | - | 50 | 17 | - | 2 | 112 | 144 | 29 | 5 | 5 | 3325 | 3398 |
| 2:00:00 p. m. | 874 | 1.883 | 17 | - | 47 | 20 | 1 | 1 | 118 | 126 | 29 | 8 | 5 | 3129 | 3207 |
| 2:15:00 p. m. | 856 | 1.774 | 20 | - | 49 | 33 | 1 | 1 | 109 | 121 | 27 | 8 | 3 | 3002 | 3080 |
| 2:30:00 p. m. | 793 | 1.646 | 21 | - | 47 | 36 | 1 | 1 | 122 | 133 | 30 | 9 | 7 | 2846 | 3007 |
| 2:45:00 p. m. | 739 | 1.539 | 16 | - | 48 | 28 | 1 | 3 | 105 | 132 | 39 | 11 | 9 | 2670 | 2841 |
| 3:00:00 p. m. | 799 | 1.560 | 18 | 5 | 48 | 27 | 1 | 8 | 97 | 146 | 36 | 8 | 10 | 2763 | 2916 |
| 3:15:00 p. m. | 835 | 1.593 | 20 | 5 | 47 | 18 | 1 | 14 | 101 | 158 | 39 | 9 | 11 | 2851 | 3016 |
| 3:30:00 p. m. | 964 | 1.659 | 21 | 5 | 46 | 15 | 1 | 21 | 89 | 159 | 29 | 8 | 9 | 3026 | 3094 |
| 3:45:00 p. m. | 1.005 | 1.686 | 23 | 5 | 42 | 15 | 1 | 28 | 68 | 157 | 18 | 5 | 6 | 3059 | 3052 |
| 4:00:00 p. m. | 1.081 | 1.786 | 23 | - | 51 | 15 | - | 31 | 79 | 164 | 18 | 4 | 4 | 3256 | 3239 |
| 4:15:00 p. m. | 1.138 | 1.778 | 19 | - | 56 | 16 | - | 31 | 74 | 142 | 11 | 1 | 5 | 3271 | 3174 |
| 4:30:00 p. m. | 1.266 | 1.768 | 19 | - | 58 | 18 | - | 35 | 67 | 148 | 12 | 1 | 5 | 3397 | 3244 |
| 4:45:00 p. m. | 1.458 | 1.762 | 20 | - | 60 | 22 | - | 31 | 69 | 157 | 16 | 3 | 7 | 3605 | 3387 |
| 5:00:00 p. m. | 1.578 | 1.753 | 20 | - | 57 | 26 | - | 30 | 59 | 208 | 17 | 6 | 8 | 3762 | 3553 |
| 5:15:00 p. m. | 1.297 | 1.334 | 17 | - | 41 | 19 | - | 24 | 40 | 186 | 12 | 6 | 5 | 2981 | 2807 |
| 5:30:00 p. m. | 869 | 910 | 11 | - | 27 | 14 | - | 13 | 27 | 136 | 10 | 5 | 3 | 2025 | 1927 |
| 5:45:00 p. m. | 423 | 449 | 5 | - | 15 | 8 | - | 8 | 16 | 96 | 4 | 3 | 1 | 1028 | 1033 |

Nota. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

Figura 53. Histograma de frecuencias vehiculares horarios – AC 24 X TV 95A.

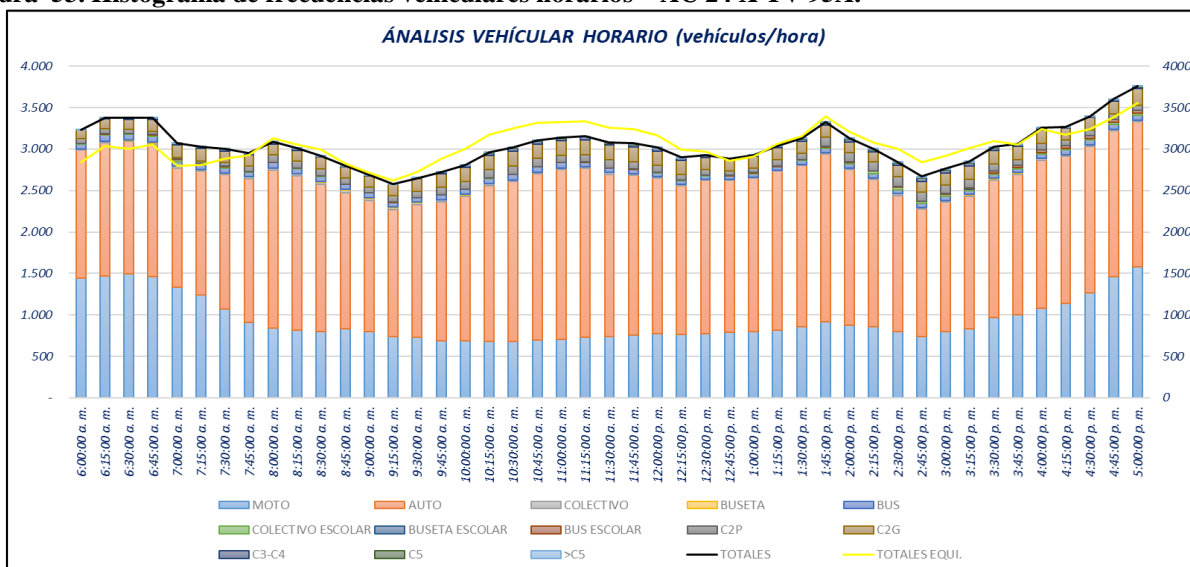


Figura 53. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

Por otra parte, en el Cuadro 14 y en la Figura 54 se presenta el resumen del aforo de 12 horas, respecto a los volúmenes vehiculares discriminados por tipología (Autos, motos buses y camiones). Se observa que el automóvil es el medio de transporte más utilizado por las personas, ya que representa el 56.82% del tránsito motorizado, seguido por el uso de la moto con un 31.73%. De igual forma, se tiene un 3.09% correspondiente al tránsito de buses, donde más del 80% es del servicio público TPC. Por último, se cuenta el tránsito de vehículos pesados, que representan un 8.36% del tránsito total aforado, lo que demuestra el desarrollo de diferentes actividades económicas en la localidad de Fontibón.

Cuadro 14. TPD actual 12 horas - AC 24 X TV 95A.

| TPD ACTUAL (12 horas) | | | | |
|-----------------------|--------|-------|----------|--------------|
| Motos | Autos | Buses | Camiones | Total |
| 11706 | 20962 | 1141 | 3083 | 36892 |
| 31,73% | 56,82% | 3,09% | 8,36% | 100% |

Nota. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

Figura 54. Composición vehicular - AC 24 X TV 95A.

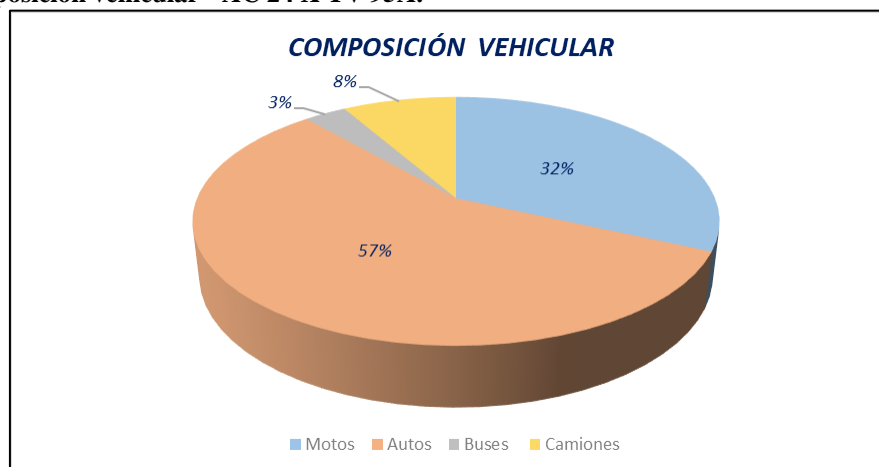


Figura 54. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

En el Cuadro 15 se presentan los volúmenes vehiculares direccionales correspondientes a la HMD, donde se evidencia claramente, que el corredor vial de la Avenida La Esperanza presenta mayor dinámica en sentido occidente – oriente, pues su flujo vehicular duplica el tránsito en sentido oriente – occidente, tanto para la mañana como para la tarde.

Cuadro 15. Cargas vehiculares por movimiento en la HMD (mañana y tarde) - AC 24 X TV 95A.

| HMD/MOV | 3 | 4 | 9(1) | 9(2) | 9(3) | 9(4) | Total |
|---------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Mañana | 1845 | 1038 | 202 | 220 | 13 | 56 | 3374 |
| Tarde | 2023 | 930 | 606 | 182 | 7 | 14 | 3762 |

Nota. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

A continuación, se presenta el análisis de capacidad y niveles de servicio teniendo en cuenta que corresponde a una intersección semaforizada, para la cual se recurrió a la metodología propuesta en el Highway Capacity Manual HCM 2010 y en el libro de Rafael Cal & Mayor *Ingeniería de tránsito Fundamentos y aplicaciones*, como se presentó en el Cuadro 8.

1. Módulo de entrada: Este módulo describe las características más relevantes de la intersección vial, en este caso, de los accesos del corredor vial en estudio (este y oeste). Las variables que se deben considerar en los cálculos de capacidad y niveles de servicio son, el porcentaje de camiones o vehículos pesados por acceso, el factor hora pico FHP, la programación de las fases semafóricas (Duración del ciclo semafórico, Tiempo en verde, ámbar y rojo), la pendiente y consideraciones generales (observaciones), como se presenta a continuación:

Figura 55. Modulo de entrada - AC 24 X TV 95A.

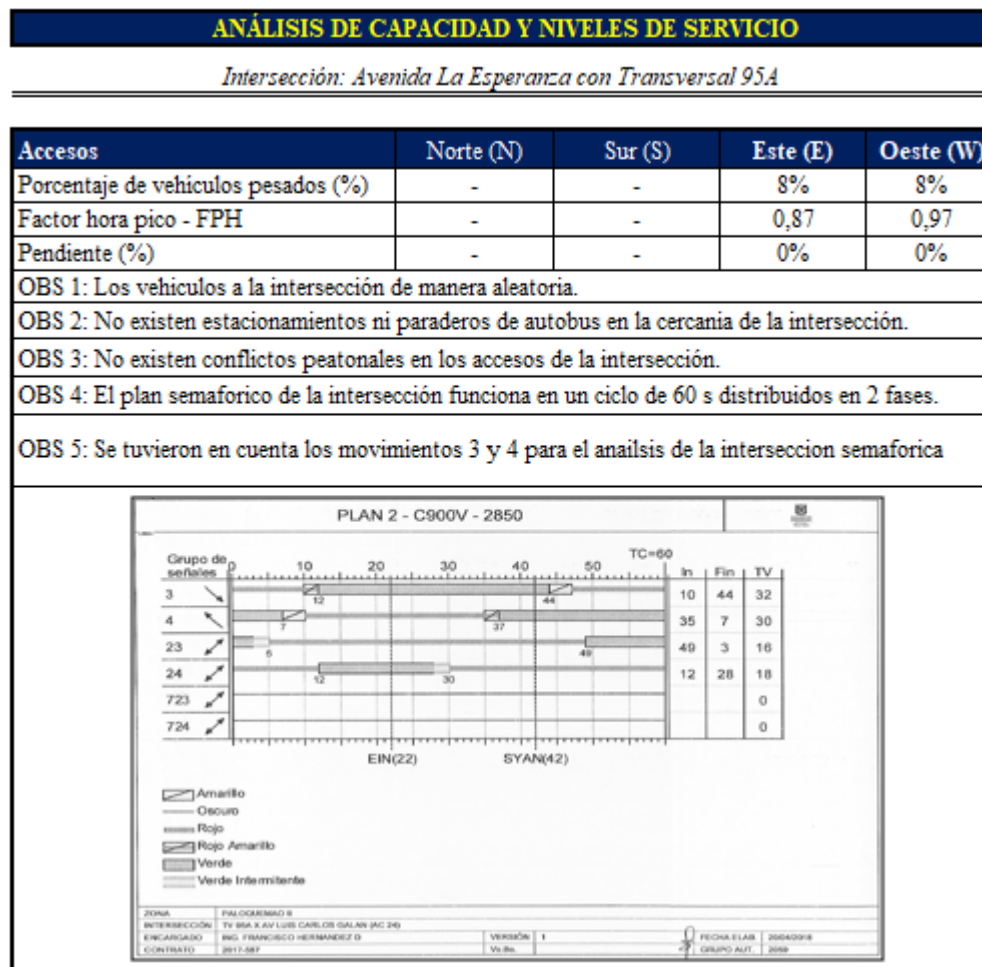


Figura 55. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

2. Módulo de flujo de saturación: El flujo de saturación representa la tasa máxima de flujo, en un acceso o grupo de carriles que pueda pasar a través de una intersección bajo condiciones prevalecientes del tránsito y asumiendo un 100% del tiempo en verde. Para su cálculo se deben evaluar los diez factores de ajuste que se presentan en la metodología propuesta en el Cuadro 8, y los cuales fueron estimados según las tablas de correlación del Highway Capacity Manual HCM 2010 – Capítulo 9, (ver Apéndice 14.9).

Figura 56. Modulo de flujo de saturación - AC 24 X TV 95A.

| Flujo de saturación S | |
|--|---------|
| <i>Intersección: Avenida La Esperanza con Transversal 95A - Acceso W</i> | |
| <i>Flujo de saturación ideal - recomendado HCM 2010</i> | 1900 |
| <i>Factor de ajuste por anchura de carril</i> | 1,01 |
| <i>Factor de ajuste por vehiculos pesados</i> | 0,96 |
| <i>Factor de ajuste por inclinación de la rasante</i> | 1,00 |
| <i>Factor de ajuste por estacionamiento</i> | 1,00 |
| <i>Factor de ajuste por bloqueo en paradas de autobuses</i> | 1,00 |
| <i>Factor de ajuste por tipo de área</i> | 0,90 |
| <i>Factor de ajuste por giros a la derecha</i> | 1,00 |
| <i>Factor de ajuste por giros a la izquierda</i> | 1,00 |
| <i>Numero de carriles</i> | 2,00 |
| $s = s_0 (N) (f_A) (f_{VP}) (f_P) (f_E) (f_B) (f_L) (f_{VD}) (f_{VI})$ | 3316,00 |
| <i>Intersección: Avenida La Esperanza con Transversal 95A - Acceso E</i> | |
| <i>Flujo de saturación ideal - recomendado HCM 2010</i> | 1900 |
| <i>Factor de ajuste por anchura de carril</i> | 1,02 |
| <i>Factor de ajuste por vehiculos pesados</i> | 0,96 |
| <i>Factor de ajuste por inclinación de la rasante</i> | 1,00 |
| <i>Factor de ajuste por estacionamiento</i> | 1,00 |
| <i>Factor de ajuste por bloqueo en paradas de autobuses</i> | 1,00 |
| <i>Factor de ajuste por tipo de área</i> | 0,90 |
| <i>Factor de ajuste por giros a la derecha</i> | 1,00 |
| <i>Factor de ajuste por giros a la izquierda</i> | 1,00 |
| <i>Numero de carriles</i> | 2,00 |
| $s = s_0 (N) (f_A) (f_{VP}) (f_P) (f_E) (f_B) (f_L) (f_{VD}) (f_{VI})$ | 3349,00 |

Figura 56. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

El acceso occidental presenta un flujo de saturación de 3.316 veh-mixtos/hora, mientras que el acceso oriental un flujo de saturación de 3.349 veh-mixtos/hora, esto quiere decir que, en el escenario más crítico, los accesos se saturarían con el flujo vehicular calculado. Su flujo es mayor al de la intersección anterior, dado que el ciclo semafórico es corto y es usado para el paso peatonal.

- 3. Módulo de ajuste de volúmenes y de análisis de capacidad:** El ajuste de volúmenes afecta el volumen vehicular direccional de la HMD en función de la tasa de flujo V_p , que depende del factor horario de máxima demanda FHP (Vol/F_{HMD}), el número de carriles y el factor de ubicación U_i , como se presenta en la metodología propuesta en el Cuadro 8.
- El cálculo de capacidad (C) tiene como resultado, el número de vehículos que el acceso puede cargar con óptimos niveles de servicio, y se encuentra en función del flujo de saturación, y la relación entre los tiempos en verde y del ciclo semafórico g_i/C .
 - El grado de saturación (v/c), es un indicador que evalúa la relación oferta/demanda del acceso, en función del flujo ajustado V_i , el grado de saturación y la relación entre los tiempos en verde y del ciclo semafórico g_i/C .
 - La relación de flujo (v/s), es un indicador que representa la relación entre el flujo ajustado V_i y el flujo de saturación, si es próximo a 1, la operación actual del acceso se encuentra saturada, y entre más cercano a 0, menor congestión.
 - El grado de saturación crítico (X_c) tiene en cuenta la totalidad de movimientos que se puedan presentar por acceso, además del tiempo perdido por fase semafórica (L), que hace referencia al tiempo en rojo y de transición por fase semafórica.

Figura 57. Módulo de ajuste de volúmenes y de análisis de capacidad - AC 24 X TV 95A.

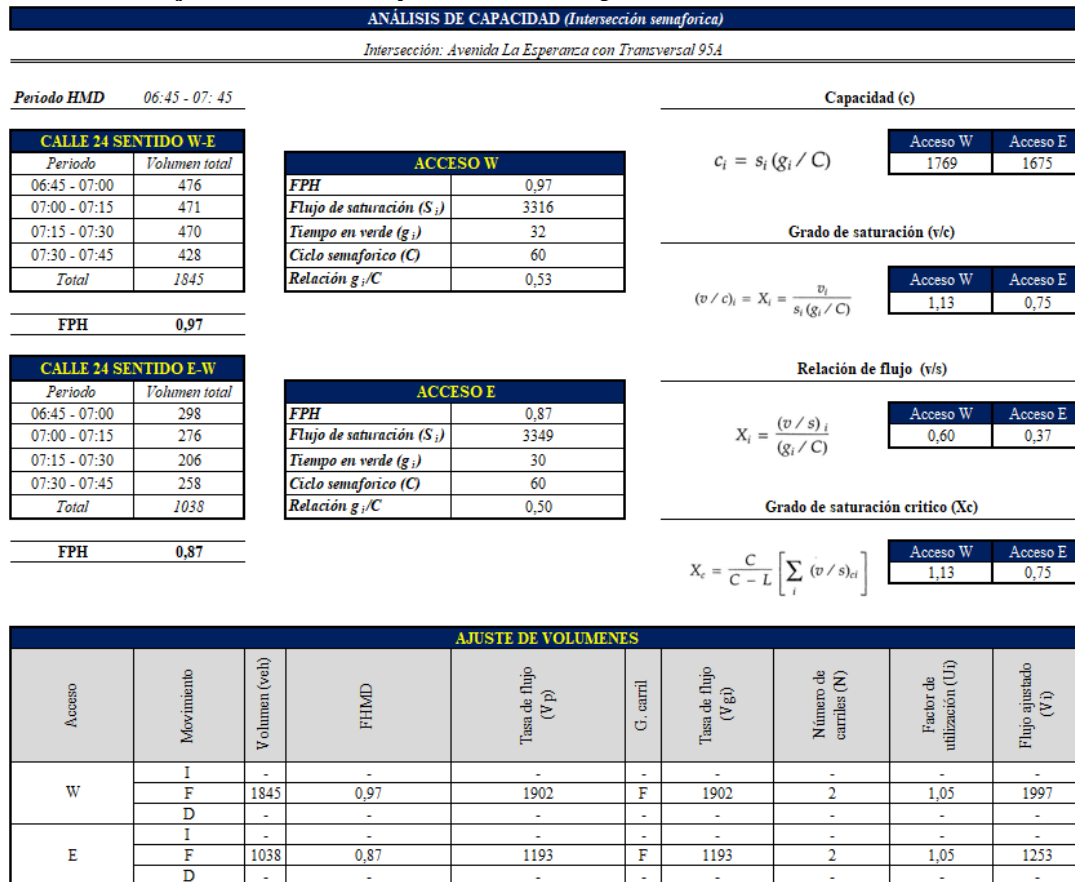


Figura 57. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

- El cálculo de capacidad muestra que el acceso occidental puede operar con buenos niveles de servicio con un flujo de 1.769 veh-mixtos/hora, mientras que el acceso oriental con un total de 1.675 veh-mixtos/hora
- La estimación del grado de saturación muestra el acceso occidental está operando al 113% de su capacidad, mientras que el acceso oriental funciona al 75% de su capacidad.
- En la relación de flujo se evidencia que el corredor en ambos sentidos viales, es poco probable que se sature, por lo que no se presenta congestión.
- Puesto a que los movimientos vehiculares de ambos accesos son compartidos, el grado de saturación X y el grado de saturación crítico Xc, son iguales.

4. Módulo de nivel de servicio: El nivel de servicio es un indicador que permite evaluar la calidad del flujo vehicular que circula sobre el acceso, respecto al tiempo perdido, el gasto del combustible y la incomodidad. Para su cálculo se debe tener conocimiento previo del tipo de semáforo que opera (predeterminado, accionado o semiaccionado), e implica haber hecho una valoración previa de la cantidad de vehículos que circulan durante la fase verde y la cantidad de vehículos estacionados en la fase roja. De esta forma, mediante la relación de columna R_c , se evalúa el tipo de llegada, entre más cercano a la 5, mejor operatividad del corredor, sin colas ni demoras importantes para quienes llegan en la fase roja, y si es próximo a 1, quiere decir que el usuario demora bastante en cruzar el acceso desde su llegada.

Figura 58. Factor de progresión - AC 24 X TV 95A.

| FACTOR DE PROGRESIÓN - ACCESO W | | FACTOR DE PROGRESIÓN - ACCESO E | |
|--|--------|--|--------|
| Tipo de semáforo: Predeterminado o de tiempo fijo | | Tipo de semáforo: Predeterminado o de tiempo fijo | |
| Número de vehículos contados en la fase roja | 61 | Número de vehículos contados en la fase roja | 67 |
| Número de vehículos contados en movimiento que pasan la fase verde | 38 | Número de vehículos contados en movimiento que pasan la fase verde | 31 |
| Porcentaje vehículos en verde - PTV | 62,30% | Porcentaje vehículos en verde - PTV | 46,27% |
| Porcentaje vehículos en verde - PTV | 62,30% | Porcentaje vehículos en verde - PTV | 46,27% |
| Porcentaje ciclo verde al ciclo semaforico - PTV | 53,33% | Porcentaje ciclo verde al ciclo semaforico - PTV | 50,00% |
| Relación de columna R_c | 1,17 | Relación de columna R_c | 0,93 |
| Tipo de llegada | 4 | Tipo de llegada | 3 |
| Relación V_i/c | | Relación V_i/c | |
| Flujo ajustado (V_i) | 1997 | Flujo ajustado (V_i) | 1253 |
| Capacidad (c) | 1769 | Capacidad (c) | 1675 |
| | 1,13 | | 0,75 |
| Factor de progresión | 0,9 | Factor de progresión | 1,00 |
| * Para esta intersección se realizó el análisis de flujo vehicular en su ciclo semaforico de 60s | | * Para esta intersección se realizó el análisis de flujo vehicular en su ciclo semaforico de 60s | |
| * El conjunto de semaforos funciona semiaccionado | | * El conjunto de semaforos funciona semiaccionado | |

Figura 58. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

- El tipo de llegada del acceso W - occidental (4), demuestra que la cantidad de vehículos que se encuentran estacionados en la fase roja, logran ser evacuados con eficiencia, la mayor parte, durante un solo ciclo semafórico, según la tabla 9.13 del HCM 2010, su factor de progresión es 1.0.
- El tipo de llegada del acceso E - oriental (3), demuestra que la cantidad de vehículos que se encuentran estacionados en la fase roja, no logran ser evacuados con la rapidez suficiente, según la tabla 9.13 del HCM 2010, su factor de progresión es 0.9.

A continuación, se presentan los cálculos para la obtención de los niveles de servicio de cada acceso vehicular, a partir de la Demora uniforme D_{1i} , la demora incremental D_{2i} , la demora total D_i y su ajuste por factor de progresión:

Figura 59. Módulo de nivel de servicio - AC 24 X TV 95A.

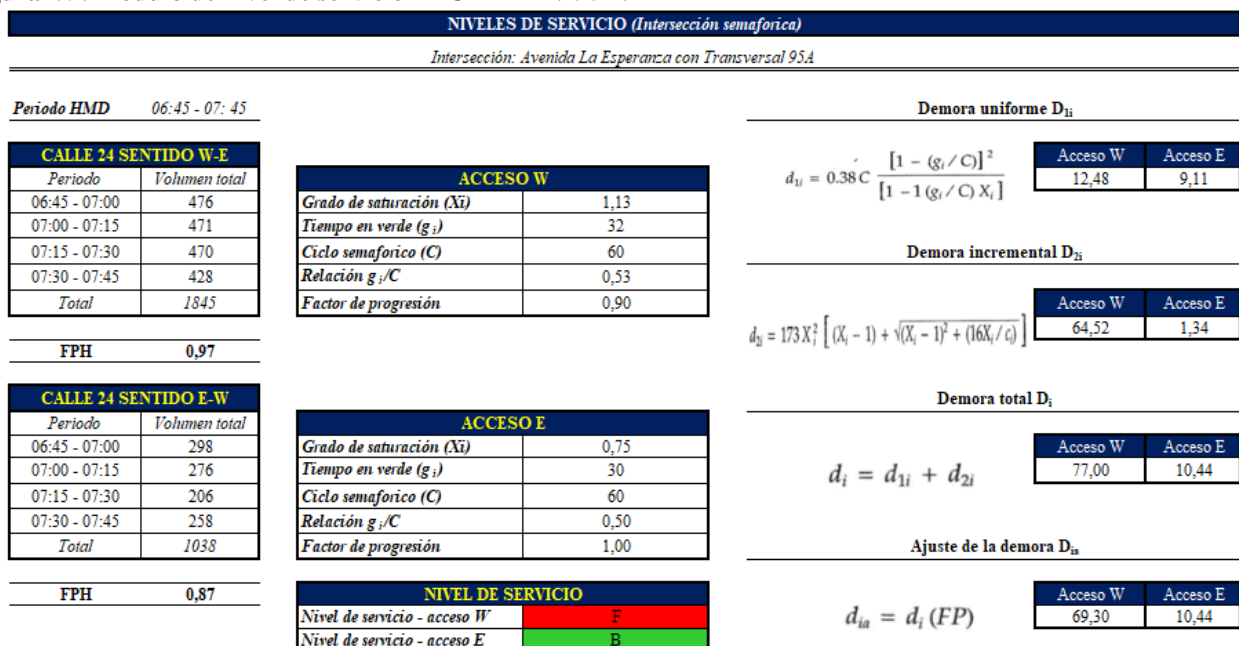


Figura 59. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

Como se observa en los cálculos anteriores, el acceso occidental presenta una demora de 69.30 seg/veh, lo que representa un nivel de servicio F, por encima de los 60 seg/veh, esto quiere decir, que los flujos de llegada exceden la capacidad del corredor vial, las demoras son causadas por progresiones pobres y largos ciclos semafóricos, por lo que se da una operación saturada. Pese a esto, no se compara con el nivel de servicio ofrecido en la intersección anterior, pues la demora de este acceso representa 37 veces la demora del mismo acceso sobre la Av. Ciudad de Cali. Por otra parte, se observa que, en el acceso oriental, la infraestructura está en capacidad de responder ante la demanda vehicular, aun en la HMD. Su nivel de servicio B, representa fluidez en la operación, sin restricciones de velocidad, aunque algunos vehículos comienzan a detenerse.

10.2.3 Intersección de la Avenida La Esperanza con Avenida Carrera 97

Como se observa en el Cuadro 16 y el histograma de frecuencias vehiculares de la Figura 60, el flujo vehicular de la HMD de la mañana corresponde a 4.403 veh-mixtos/hora y 4.227 veh-equivalentes/hora, mientras que, en la HMD de la tarde, el volumen vehicular corresponde a 3.400 veh-mixtos/hora y 3.288 veh-equivalentes/hora. Adicionalmente, se evidencia que la mayor parte del tránsito motorizado que circula por esta importante Avenida, son vehículos de tipo liviano (motos y autos), lo que resulta coherente teniendo en cuenta que la mayor parte del suelo lateral a la vía corresponde al desarrollo progresivo de unidades de vivienda residencial. A diferencia de los aforos anteriores, este no presenta una dinámica constante, su pico se da en la mañana. Al igual que en los puntos anteriores, se identifica alto flujo de vehículos pesados producto de las actividades económicas que se dan en la localidad.

Cuadro 16. Volumen vehicular horario – Avenida Calle 24 con Avenida Carrera 97.

| VOLUMEN HORARIO TOTAL | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|-------|-----------|--------|-----|-------------------|----------------|-------------|-----|-----|-------|----|-----|---------|---------------|
| HORARIO | MOTO | AUTO | COLECTIVO | BUSETA | BUS | COLECTIVO ESCOLAR | BUSETA ESCOLAR | BUS ESCOLAR | C2P | C2G | C3-C4 | C5 | >C5 | TOTALES | TOTALES EQUI. |
| 6:00:00 a. m. | 1.308 | 2.308 | 40 | 11 | 50 | 13 | 4 | 11 | 100 | 103 | 8 | 3 | - | 3959 | 3755 |
| 6:15:00 a. m. | 1.424 | 2.395 | 48 | 13 | 61 | 12 | 7 | 26 | 117 | 106 | 8 | 2 | - | 4219 | 4024 |
| 6:30:00 a. m. | 1.458 | 2.335 | 47 | 12 | 81 | 8 | 8 | 27 | 111 | 105 | 11 | 2 | - | 4205 | 4003 |
| 6:45:00 a. m. | 1.574 | 2.358 | 48 | 12 | 88 | 12 | 8 | 24 | 137 | 122 | 17 | 3 | - | 4403 | 4227 |
| 7:00:00 a. m. | 1.631 | 2.317 | 42 | 12 | 93 | 15 | 8 | 21 | 144 | 136 | 26 | 4 | 2 | 4451 | 4295 |
| 7:15:00 a. m. | 1.555 | 2.215 | 38 | 12 | 83 | 12 | 8 | 10 | 129 | 149 | 32 | 3 | 3 | 4249 | 4109 |
| 7:30:00 a. m. | 1.399 | 2.190 | 36 | 12 | 63 | 10 | 7 | 15 | 133 | 164 | 32 | 4 | 3 | 4068 | 4016 |
| 7:45:00 a. m. | 1.229 | 2.056 | 40 | 11 | 58 | 6 | 6 | 18 | 126 | 169 | 33 | 4 | 3 | 3759 | 3786 |
| 8:00:00 a. m. | 1.099 | 1.990 | 40 | 9 | 49 | 5 | 5 | 16 | 121 | 161 | 25 | 3 | 1 | 3524 | 3565 |
| 8:15:00 a. m. | 983 | 1.961 | 36 | 7 | 49 | 8 | 2 | 18 | 118 | 147 | 18 | 3 | - | 3350 | 3408 |
| 8:30:00 a. m. | 940 | 1.829 | 38 | 10 | 43 | 8 | 1 | 10 | 121 | 152 | 16 | 2 | - | 3170 | 3247 |
| 8:45:00 a. m. | 901 | 1.781 | 34 | 9 | 47 | 7 | 1 | 7 | 121 | 159 | 9 | - | - | 3076 | 3164 |
| 9:00:00 a. m. | 829 | 1.658 | 36 | 10 | 47 | 5 | - | 7 | 115 | 169 | 19 | 1 | 1 | 2897 | 3045 |
| 9:15:00 a. m. | 774 | 1.547 | 34 | 9 | 49 | 3 | - | 2 | 119 | 183 | 26 | 2 | 1 | 2749 | 2956 |
| 9:30:00 a. m. | 739 | 1.439 | 32 | 5 | 49 | 3 | - | 3 | 116 | 174 | 28 | 4 | 3 | 2595 | 2805 |
| 9:45:00 a. m. | 689 | 1.534 | 28 | 8 | 43 | 2 | - | 3 | 117 | 187 | 38 | 8 | 4 | 2661 | 2932 |
| 10:00:00 a. m. | 632 | 1.365 | 26 | 8 | 44 | 3 | - | 2 | 113 | 194 | 34 | 8 | 3 | 2432 | 2727 |
| 10:15:00 a. m. | 627 | 1.417 | 27 | 7 | 42 | 4 | - | 3 | 109 | 202 | 29 | 8 | 3 | 2478 | 2774 |
| 10:30:00 a. m. | 639 | 1.533 | 25 | 9 | 41 | 6 | 3 | 3 | 108 | 219 | 35 | 6 | 1 | 2628 | 2949 |
| 10:45:00 a. m. | 691 | 1.512 | 21 | 8 | 41 | 6 | 3 | 4 | 125 | 204 | 31 | 3 | - | 2649 | 2931 |
| 11:00:00 a. m. | 720 | 1.737 | 23 | 9 | 44 | 8 | 4 | 4 | 137 | 198 | 36 | 2 | - | 2922 | 3214 |
| 11:15:00 a. m. | 750 | 1.676 | 21 | 11 | 39 | 9 | 5 | 2 | 140 | 174 | 34 | 4 | 1 | 2866 | 3108 |
| 11:30:00 a. m. | 741 | 1.643 | 25 | 11 | 35 | 10 | 3 | 1 | 135 | 168 | 31 | 4 | 1 | 2808 | 3031 |
| 11:45:00 a. m. | 762 | 1.534 | 27 | 11 | 37 | 12 | 5 | - | 121 | 175 | 33 | 7 | 2 | 2726 | 2944 |
| 12:00:00 p. m. | 768 | 1.480 | 28 | 11 | 32 | 12 | 4 | - | 128 | 165 | 29 | 10 | 4 | 2671 | 2878 |
| 12:15:00 p. m. | 735 | 1.459 | 29 | 10 | 30 | 10 | 3 | - | 110 | 153 | 40 | 7 | 3 | 2589 | 2773 |
| 12:30:00 p. m. | 710 | 1.340 | 28 | 10 | 28 | 8 | 4 | - | 95 | 135 | 34 | 7 | 4 | 2403 | 2539 |
| 12:45:00 p. m. | 630 | 1.276 | 30 | 9 | 22 | 8 | 2 | - | 87 | 110 | 29 | 3 | 3 | 2209 | 2313 |
| 1:00:00 p. m. | 604 | 1.242 | 28 | 7 | 24 | 14 | 2 | 1 | 69 | 106 | 25 | 1 | 1 | 2124 | 2201 |
| 1:15:00 p. m. | 608 | 1.305 | 25 | 8 | 29 | 19 | 3 | 2 | 74 | 135 | 17 | 2 | 2 | 2229 | 2356 |
| 1:30:00 p. m. | 695 | 1.471 | 22 | 8 | 35 | 30 | 1 | 2 | 89 | 138 | 24 | 4 | 2 | 2521 | 2657 |
| 1:45:00 p. m. | 741 | 1.555 | 22 | 12 | 38 | 36 | 3 | 2 | 83 | 152 | 35 | 5 | 2 | 2686 | 2844 |
| 2:00:00 p. m. | 743 | 1.562 | 21 | 14 | 35 | 34 | 3 | 3 | 83 | 153 | 37 | 6 | 2 | 2696 | 2856 |
| 2:15:00 p. m. | 845 | 1.389 | 20 | 15 | 34 | 37 | 5 | 2 | 84 | 141 | 41 | 7 | 1 | 2621 | 2723 |
| 2:30:00 p. m. | 792 | 1.302 | 26 | 13 | 36 | 32 | 5 | 2 | 75 | 157 | 36 | 6 | 2 | 2484 | 2616 |
| 2:45:00 p. m. | 827 | 1.285 | 28 | 11 | 46 | 34 | 3 | 2 | 72 | 153 | 39 | 9 | 3 | 2512 | 2637 |
| 3:00:00 p. m. | 868 | 1.312 | 33 | 9 | 50 | 38 | 5 | 4 | 88 | 168 | 38 | 7 | 4 | 2624 | 2787 |
| 3:15:00 p. m. | 808 | 1.460 | 40 | 8 | 48 | 41 | 3 | 9 | 98 | 171 | 41 | 6 | 5 | 2738 | 2965 |
| 3:30:00 p. m. | 875 | 1.443 | 41 | 9 | 51 | 47 | 7 | 12 | 116 | 183 | 43 | 7 | 5 | 2839 | 3100 |
| 3:45:00 p. m. | 893 | 1.467 | 40 | 6 | 41 | 52 | 11 | 14 | 131 | 188 | 31 | 6 | 4 | 2884 | 3142 |
| 4:00:00 p. m. | 952 | 1.487 | 36 | 9 | 45 | 51 | 10 | 10 | 117 | 174 | 31 | 6 | 3 | 2931 | 3113 |
| 4:15:00 p. m. | 1.007 | 1.483 | 34 | 11 | 48 | 44 | 14 | 7 | 117 | 174 | 25 | 5 | 4 | 2973 | 3115 |
| 4:30:00 p. m. | 1.089 | 1.571 | 32 | 14 | 47 | 36 | 13 | 7 | 105 | 152 | 21 | 4 | 2 | 3093 | 3124 |
| 4:45:00 p. m. | 1.221 | 1.631 | 34 | 16 | 50 | 25 | 11 | 6 | 108 | 159 | 22 | 3 | 4 | 3290 | 3266 |
| 5:00:00 p. m. | 1.330 | 1.657 | 35 | 15 | 46 | 20 | 11 | 7 | 103 | 145 | 23 | 3 | 5 | 3400 | 3288 |
| 5:15:00 p. m. | 1.073 | 1.286 | 27 | 11 | 35 | 14 | 6 | 5 | 72 | 102 | 16 | 3 | 3 | 2653 | 2509 |
| 5:30:00 p. m. | 755 | 858 | 18 | 6 | 23 | 9 | 3 | 2 | 49 | 66 | 13 | 2 | 3 | 1807 | 1690 |
| 5:45:00 p. m. | 383 | 430 | 8 | 4 | 13 | 5 | 1 | 1 | 17 | 22 | 7 | - | 1 | 892 | 803 |

Nota. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

Figura 60. Histograma de frecuencias vehiculares horarios – AC 24 X AK 97.

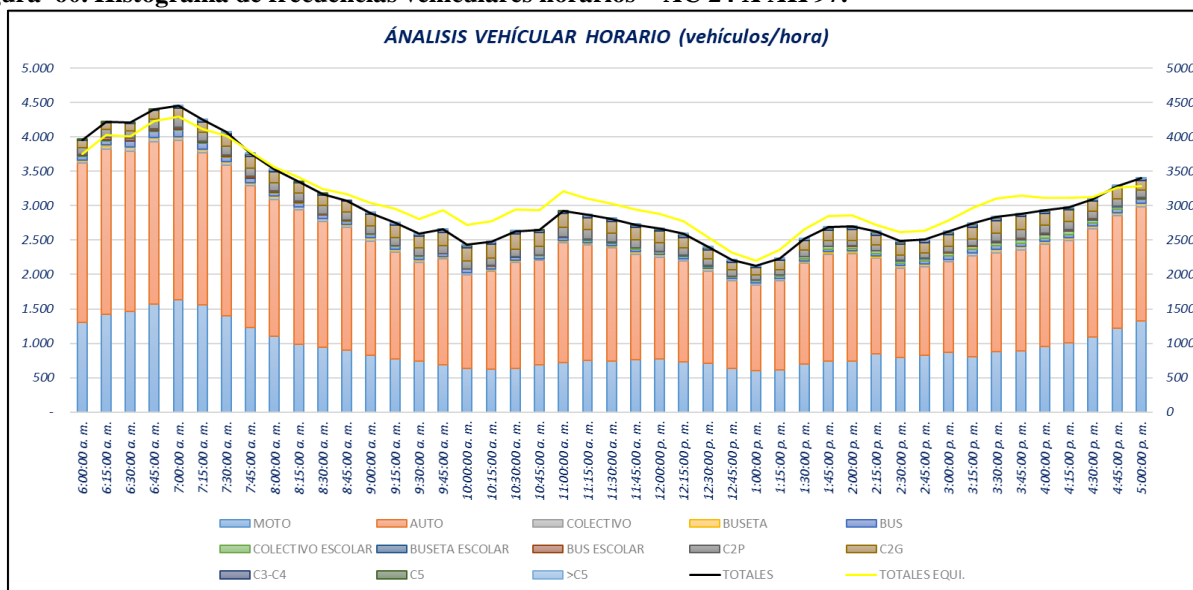


Figura 60. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

Por otra parte, en el Cuadro 17 y en la Figura 61 se presenta el resumen del aforo de 12 horas, respecto a los volúmenes vehiculares discriminados por tipología (Autos, motos buses y camiones). Se observa que el automóvil es el medio de transporte más utilizado por las personas, ya que representa el 54.91% del tránsito motorizado, seguido por el uso de la moto con un 31.35%. De igual forma, se tiene un 3.91% correspondiente al tránsito de buses, donde más del 80% es del servicio público TPC. Por último, se cuenta el tránsito de camiones, que representan un 9.83% del tránsito total aforado, lo que demuestra el desarrollo de diferentes actividades económicas en la localidad de Fontibón.

Cuadro 17. TPD actual 12 horas - AC 24 X AK 97.

| TPD ACTUAL | | | | |
|------------|--------|-------|----------|--------------|
| Motos | Autos | Buses | Camiones | Total |
| 11484 | 20115 | 1431 | 3601 | 36631 |
| 31,35% | 54,91% | 3,91% | 9,83% | 100% |

Nota. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

Figura 61. Composición vehicular - AC 24 X AK 97.

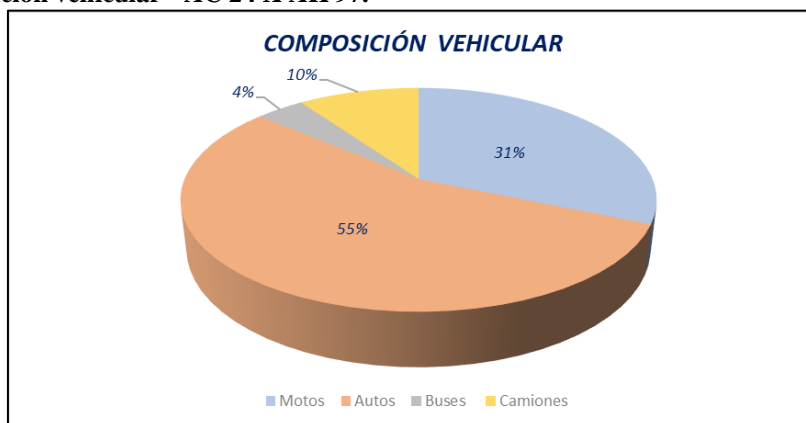


Figura 61. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

En el Cuadro 18 se presentan los volúmenes vehiculares direccionales correspondientes a la HMD, donde se evidencia que el corredor vial de la Avenida La Esperanza en ambos sentidos viales cargan aproximadamente el mismo flujo vehicular, aunque el movimiento directo hacia el oriente casi triplica el movimiento directo hacia el occidente. Adicionalmente, se observa que el bajo flujo vehicular desde el norte, pero pasa lo contrario desde el acceso sur, que moviliza aproximadamente 5 veces el volumen del acceso norte.

Cuadro 18. Cargas vehiculares por movimiento en la HMD (mañana y tarde) - AC 24 X AK 97.

| HMD/MOV | 1 | 2 | 3 | 4 | 8 | 9(2) | 9(3) | 9(4) | Total |
|---------------|-----|------|------|-----|-----|------|------|------|-------------|
| Mañana | 217 | 1037 | 1453 | 555 | 599 | 197 | 127 | 218 | 4403 |
| Tarde | 395 | 335 | 1202 | 701 | 305 | 171 | 144 | 147 | 3400 |

Nota. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

A continuación, se presenta el análisis de capacidad y niveles de servicio para los movimientos directos 1 y 2, teniendo en cuenta que corresponde a una intersección semaforizada, para la cual se recurrió a la metodología propuesta en el Highway Capacity Manual HCM 2010 y en el libro de Rafael Cal & Mayor *Ingeniería de tránsito Fundamentos y aplicaciones*, como se presentó en el Cuadro 8.

1. Módulo de entrada: Este módulo describe las características más relevantes de la intersección vial, en este caso, de los accesos del corredor vial en estudio (este y oeste). Las variables que se deben considerar en los cálculos de capacidad y niveles de servicio son, el porcentaje de camiones o vehículos pesados por acceso, el factor hora pico FHP, la programación de las fases semafóricas (Duración del ciclo semafórico, Tiempo en verde, ámbar y rojo), la pendiente y consideraciones generales (observaciones), como se presenta a continuación:

Figura 62. Modulo de entrada - AC 24 X AK 97.

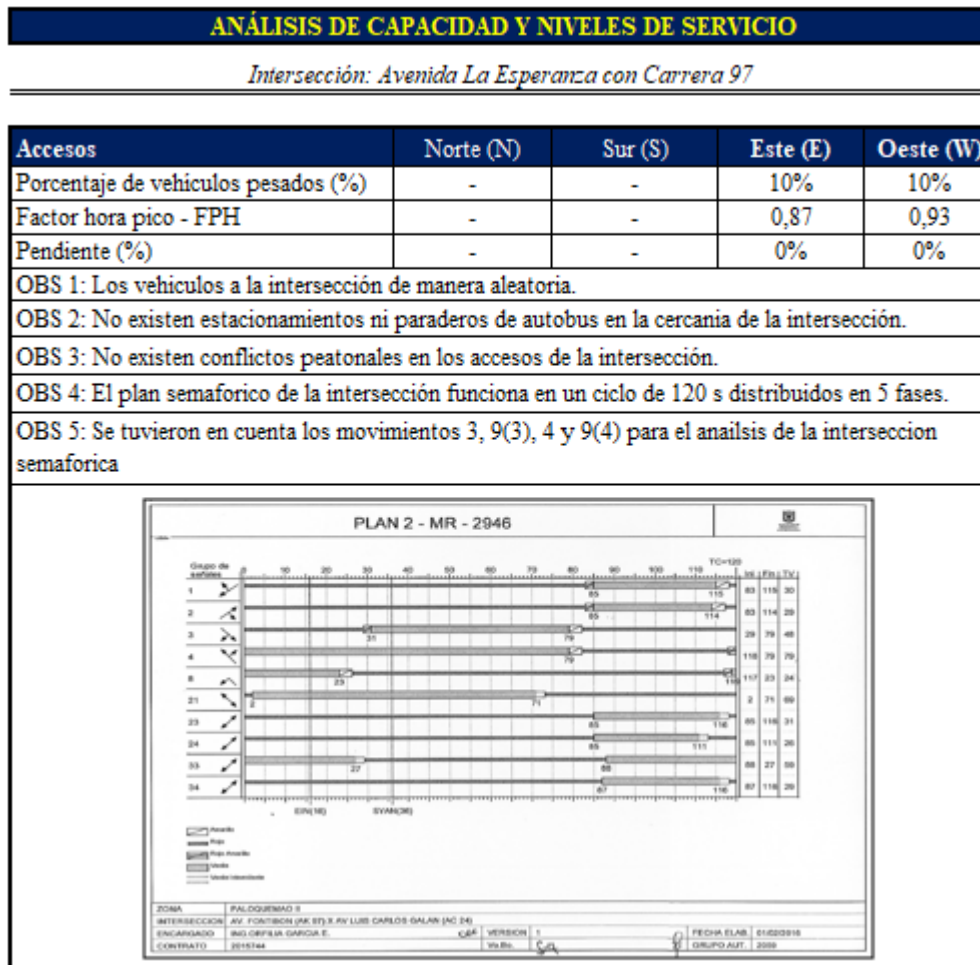


Figura 62. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

2. Módulo de flujo de saturación: El flujo de saturación representa la tasa máxima de flujo, en un acceso o grupo de carriles que pueda pasar a través de una intersección bajo condiciones prevalecientes del tránsito y asumiendo un 100% del tiempo en verde. Para su cálculo se deben evaluar los diez factores de ajuste que se presentan en la metodología propuesta en el Cuadro 8, y los cuales fueron estimados según las tablas de correlación del Highway Capacity Manual HCM 2010 – Capítulo 9 (ver Apéndice 14.9).

Figura 63. Modulo de flujo de saturación - AC 24 X AK 97.

| Flujo de saturación S | |
|--|---------|
| Intersección: Avenida La Esperanza con Carrera 97 - Acceso W | |
| <i>Flujo de saturación ideal - recomendado HCM 2010</i> | 1900 |
| <i>Factor de ajuste por anchura de carril</i> | 1,02 |
| <i>Factor de ajuste por vehiculos pesados</i> | 0,95 |
| <i>Factor de ajuste por inclinación de la rasante</i> | 1,00 |
| <i>Factor de ajuste por estacionamiento</i> | 1,00 |
| <i>Factor de ajuste por bloqueo en paradas de autobuses</i> | 1,00 |
| <i>Factor de ajuste por tipo de área</i> | 0,90 |
| <i>Factor de ajuste por giros a la derecha</i> | 0,98 |
| <i>Factor de ajuste por giros a la izquierda</i> | 1,00 |
| <i>Numero de carriles</i> | 2,00 |
| $s = s_0 (N) (f_A) (f_{VP}) (f_P) (f_E) (f_B) (f_L) (f_{VD}) (f_{VI})$ | 3248,00 |
| Intersección: Avenida La Esperanza con Carrera 97 - Acceso E | |
| <i>Flujo de saturación ideal - recomendado HCM 2010</i> | 1900 |
| <i>Factor de ajuste por anchura de carril</i> | 1,02 |
| <i>Factor de ajuste por vehiculos pesados</i> | 0,95 |
| <i>Factor de ajuste por inclinación de la rasante</i> | 1,00 |
| <i>Factor de ajuste por estacionamiento</i> | 1,00 |
| <i>Factor de ajuste por bloqueo en paradas de autobuses</i> | 1,00 |
| <i>Factor de ajuste por tipo de área</i> | 0,90 |
| <i>Factor de ajuste por giros a la derecha</i> | 0,96 |
| <i>Factor de ajuste por giros a la izquierda</i> | 1,00 |
| <i>Numero de carriles</i> | 2,00 |
| $s = s_0 (N) (f_A) (f_{VP}) (f_P) (f_E) (f_B) (f_L) (f_{VD}) (f_{VI})$ | 3181,00 |

Figura 63. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

El acceso occidental presenta un flujo de saturación de 3.248 veh-mixtos/hora, mientras que el acceso oriental un flujo e saturación de 3.181 veh-mixtos/hora, esto quiere decir que en el escenario más crítico, los accesos se saturarían con el flujo vehicular calculado. Su flujo es mayor al calculado sobre el acceso de la Av. Ciudad de Cali, dado el ciclo semafórico da prioridad al paso de vehículos sobre la Av. La Esperanza que en la Av. Carrera 97.

- 3. Módulo de ajuste de volúmenes y de análisis de capacidad:** El ajuste de volúmenes afecta el volumen vehicular direccional de la HMD en función de la tasa de flujo V_p , que depende del factor horario de máxima demanda FHP (Vol/F_{HMD}), el número de carriles y el factor de ubicación U_i , como se presenta en la metodología propuesta en el Cuadro 8.
- El cálculo de capacidad (C) tiene como resultado, el número de vehículos que el acceso puede cargar con óptimos niveles de servicio, y se encuentra en función del flujo de saturación, y la relación entre los tiempos en verde y del ciclo semafórico g_i/C .
 - El grado de saturación (v/c), es un indicador que evalúa la relación oferta/demanda del acceso, en función del flujo ajustado V_i , el grado de saturación y la relación entre los tiempos en verde y del ciclo semafórico g_i/C .
 - La relación de flujo (v/s), es un indicador que representa la relación entre el flujo ajustado V_i y el flujo de saturación, si es próximo a 1, la operación actual del acceso se encuentra saturada, y entre más cercano a 0, menor congestión.
 - El grado de saturación crítico (X_c) tiene en cuenta la totalidad de movimientos que se puedan presentar por acceso, además del tiempo perdido por fase semafórica (L), que hace referencia al tiempo en rojo y de transición por fase semafórica.

Figura 64. Módulo de ajuste de volúmenes y de análisis de capacidad - AC 24 X AK 97.

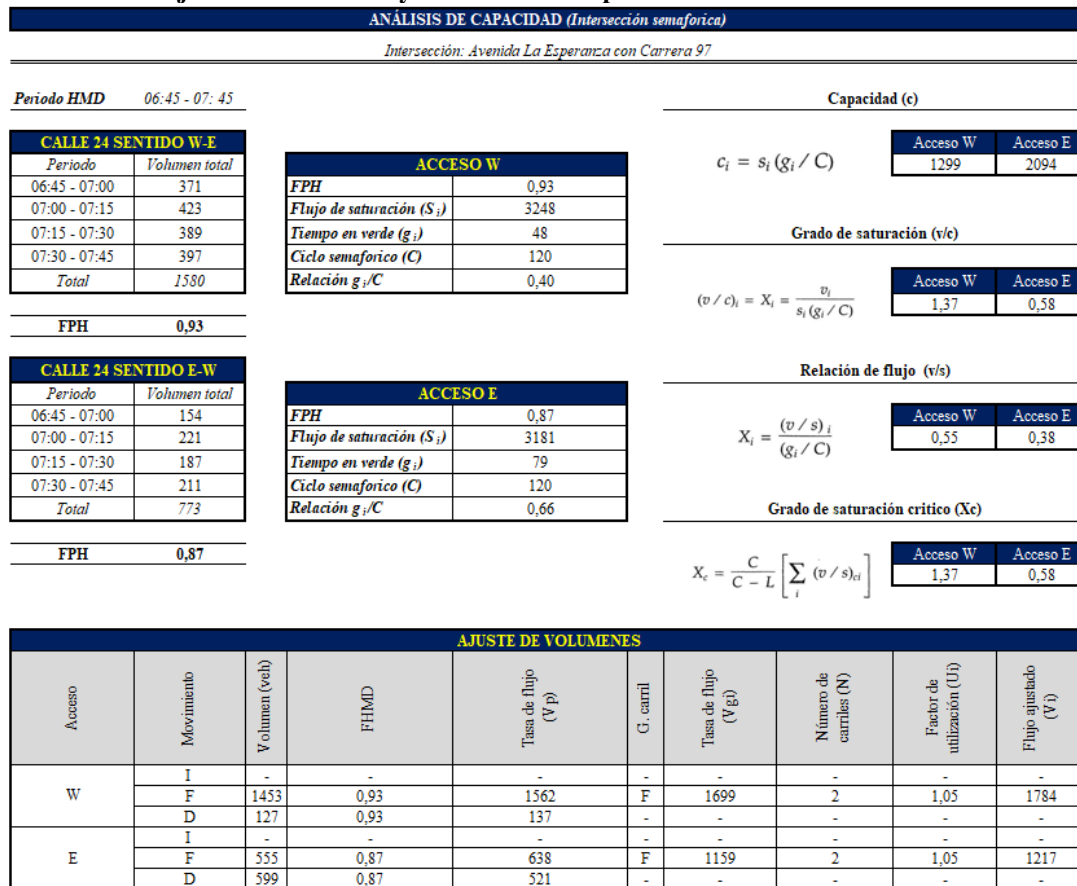


Figura 64. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

- El cálculo de capacidad muestra que el acceso occidental puede operar con buenos niveles de servicio con un flujo de 1.299 veh-mixtos/hora, mientras que el acceso oriental con un total de 2094 veh-mixtos/hora
- La estimación del grado de saturación muestra el acceso occidental está operando al 137% de su capacidad, mientras que el acceso oriental funciona al 58% de su capacidad.
- En la relación de flujo del acceso occidental se evidencia que el flujo vehicular existente representa la mitad del flujo de saturación, por tanto, su operación es estable, aunque se presenten algunas colas y demoras que afectan la calidad del servicio, mientras que el acceso oriental no se presenta congestión para el movimiento directo.

- Puesto a que los movimientos vehiculares de ambos accesos son compartidos, el grado de saturación X y el grado de saturación crítico X_c , son iguales.

4. Módulo de nivel de servicio: El nivel de servicio es un indicador que permite evaluar la calidad del flujo vehicular que circula sobre el acceso, respecto al tiempo perdido, el gasto del combustible y la incomodidad. Para su cálculo se debe tener conocimiento previo del tipo de semáforo que opera (predeterminado, accionado o semiaccionado), e implica haber hecho una valoración previa de la cantidad de vehículos que circulan durante la fase verde y la cantidad de vehículos estacionados en la fase roja. De esta forma, mediante la relación de columna R_c , se evalúa el tipo de llegada, entre más cercano a la 5, mejor operatividad del corredor, sin colas ni demoras importantes para quienes llegan en la fase roja, y si es próximo a 1, quiere decir que el usuario demora bastante en cruzar el acceso desde su llegada.

Figura 65. Factor de progresión - AC 24 X AK 97.

| FACTOR DE PROGRESIÓN - ACCESO W | | FACTOR DE PROGRESIÓN - ACCESO E | |
|---|--------|---|--------|
| Tipo de semáforo: Predeterminado o de tiempo fijo | | Tipo de semáforo: Predeterminado o de tiempo fijo | |
| Número de vehículos contados en la fase roja | 95 | Número de vehículos contados en la fase roja | 79 |
| Número de vehículos contados en movimiento que pasan la fase verde | 33 | Número de vehículos contados en movimiento que pasan la fase verde | 37 |
| Porcentaje vehículos en verde - PVV | 34,74% | Porcentaje vehículos en verde - PVV | 46,84% |
| Porcentaje vehículos en verde - PVV | 34,74% | Porcentaje vehículos en verde - PVV | 46,84% |
| Porcentaje ciclo verde al ciclo semafórico - PTV | 40,00% | Porcentaje ciclo verde al ciclo semafórico - PTV | 40,00% |
| Relación de columna R_c | 0,87 | Relación de columna R_c | 1,17 |
| Tipo de llegada | 3 | Tipo de llegada | 4 |
| Relación V_i/c | | Relación V_i/c | |
| Flujo ajustado (V_i) | 1784 | Flujo ajustado (V_i) | 1217 |
| Capacidad (c) | 1299 | Capacidad (c) | 2094 |
| | 1,37 | | 0,58 |
| Factor de progresión | 1,00 | Factor de progresión | 0,90 |
| * Para esta intersección se realizó el análisis de flujo vehicular en su ciclo semafórico de 120s | | * Para esta intersección se realizó el análisis de flujo vehicular en su ciclo semafórico de 120s | |
| * El conjunto de semáforos funciona predeterminado | | * El conjunto de semáforos funciona predeterminado | |

Figura 65. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

- El tipo de llegada del acceso W (3) del acceso occidental, demuestra que la cantidad de vehículos que se encuentran estacionados en la fase roja, no logran ser evacuados con la rapidez suficiente, según la tabla 9.13 del HCM 2010, su factor de progresión es 1.0.
- El tipo de llegada del acceso W (4), demuestra que la cantidad de vehículos que se encuentran estacionados en la fase roja, logran ser evacuados con eficiencia, la mayor parte, durante un solo ciclo semafórico, según la tabla 9.13 del HCM 2010, su factor de progresión es 0.9.

A continuación, se presentan los cálculos para la obtención de los niveles de servicio de cada acceso vehicular, a partir de la Demora uniforme D_{1i} , la demora incremental D_{2i} , la demora total D_i y su ajuste por factor de progresión:

Figura 66. Módulo de nivel de servicio - AC 24 X AK 97.

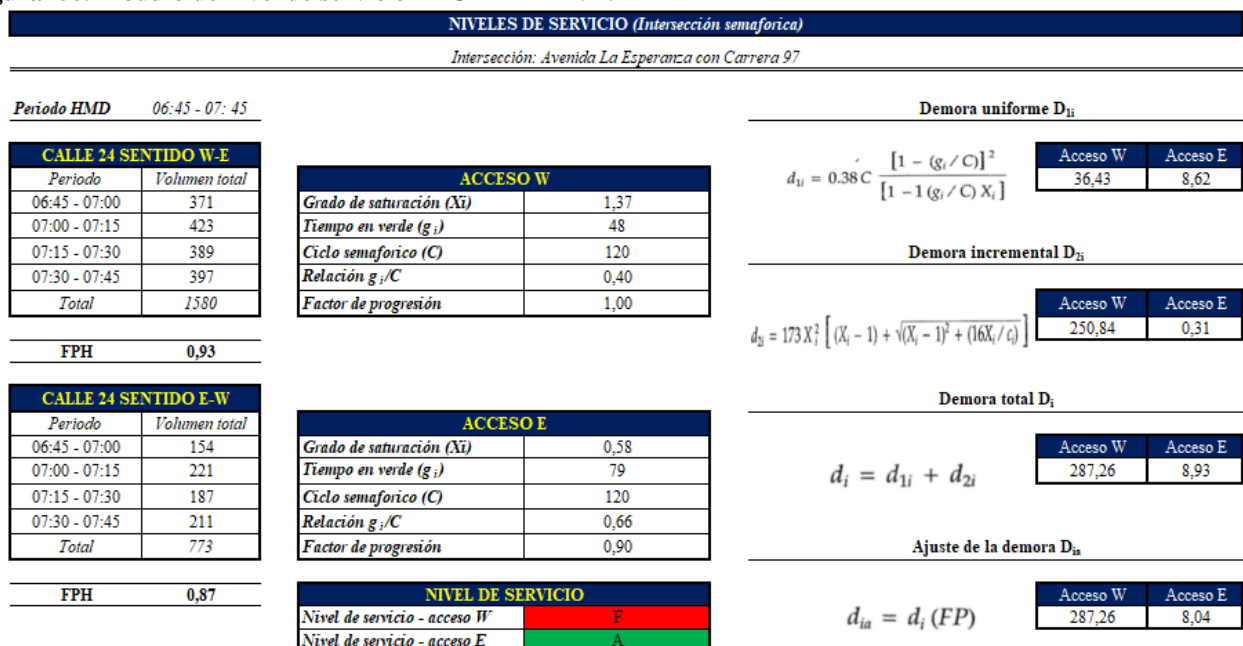


Figura 66. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

Como se observa en los cálculos anteriores, el acceso occidental presenta una demora de 287.26 seg/veh, lo que representa un nivel de servicio F, por encima de los 60 seg/veh, esto quiere decir, que los flujos de llegada exceden la capacidad del corredor vial, las demoras son causadas por progresiones pobres y largos ciclos semafóricos, por lo que se da una operación saturada. Pese a esto, no se compara con el nivel de servicio ofrecido en la intersección de la Av. Ciudad de Cali, pues la demora de este acceso representa 9 veces la demora sobre la Carrera 86.

Por otra parte, se observa que, en el acceso oriental, la infraestructura está en capacidad de responder ante la demanda vehicular, aun en la HMD. Su nivel de servicio A, representa fluidez en la operación, con velocidad a flujo libre (la mayor parte de vehículos llegan en la fase verde).

A continuación, se presenta el análisis de capacidad y niveles de servicio para el movimiento de giro derecho (8), teniendo en cuenta que corresponde a una intersección semaforizada, para la cual se recurrió a la metodología propuesta en el Highway Capacity Manual HCM 2010 y en el libro de Rafael Cal & Mayor *Ingeniería de tránsito Fundamentos y aplicaciones*, como se presentó en el Cuadro 8.

- 1. Módulo de entrada:** Este módulo describe las características más relevantes de la intersección vial, en este caso, de los accesos del corredor vial en estudio (este y oeste). Las variables que se deben considerar en los cálculos de capacidad y niveles de servicio son, el porcentaje de camiones o vehículos pesados por acceso, el factor hora pico FHP, la programación de las fases semafóricas (Duración del ciclo semafórico, Tiempo en verde,

ámbar y rojo), la pendiente y consideraciones generales (observaciones), como se presenta a continuación:

Figura 67. Modulo de entrada – KR 97.

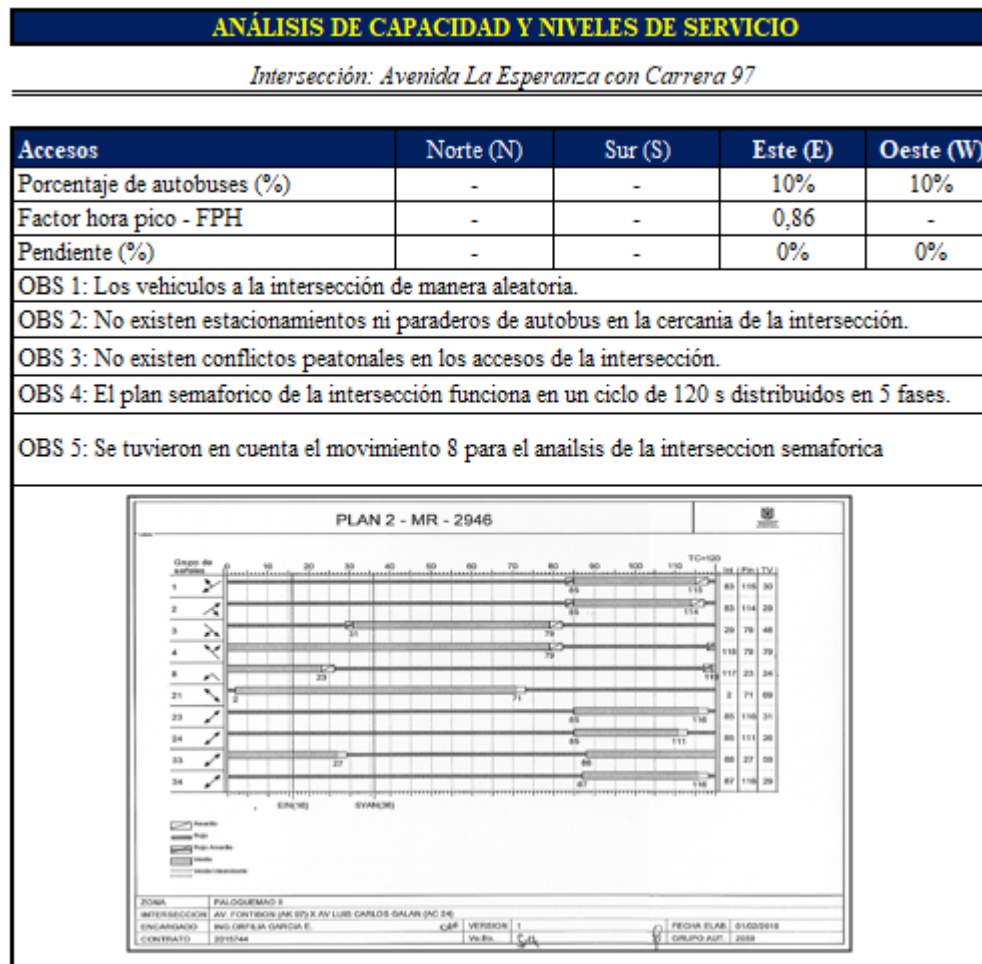


Figura 67. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

- Módulo de flujo de saturación:** El flujo de saturación representa la tasa máxima de flujo, en un acceso o grupo de carriles que pueda pasar a través de una intersección bajo condiciones prevaecientes del tránsito y asumiendo un 100% del tiempo en verde. Para su cálculo se deben evaluar los diez factores de ajuste que se presentan en la metodología

propuesta en el Cuadro 8, y los cuales fueron estimados según las tablas de correlación del Highway Capacity Manual HCM 2010 – Capítulo 9 (ver Apéndice 14.9).

Figura 68. Modulo de flujo de saturación – KR 97.

| Flujo de saturación S | |
|--|---------|
| Intersección: Avenida La Esperanza con Carrera 97 - Acceso W | |
| <i>Flujo de saturación ideal - recomendado HCM 2010</i> | - |
| <i>Factor de ajuste por anchura de carril</i> | - |
| <i>Factor de ajuste por vehiculos pesados</i> | - |
| <i>Factor de ajuste por inclinación de la rasante</i> | - |
| <i>Factor de ajuste por estacionamiento</i> | - |
| <i>Factor de ajuste por bloqueo en paradas de autobuses</i> | - |
| <i>Factor de ajuste por tipo de área</i> | - |
| <i>Factor de ajuste por giros a la derecha</i> | - |
| <i>Factor de ajuste por giros a la izquierda</i> | - |
| <i>Numero de carriles</i> | - |
| $s = s_0 (N) (f_A) (f_{VP}) (f_P) (f_E) (f_B) (f_L) (f_{VD}) (f_{VI})$ | - |
| Intersección: Avenida La Esperanza con Carrera 97 - Acceso E | |
| <i>Flujo de saturación ideal - recomendado HCM 2010</i> | 1900 |
| <i>Factor de ajuste por anchura de carril</i> | 1,02 |
| <i>Factor de ajuste por vehiculos pesados</i> | 0,95 |
| <i>Factor de ajuste por inclinación de la rasante</i> | 1,00 |
| <i>Factor de ajuste por estacionamiento</i> | 1,00 |
| <i>Factor de ajuste por bloqueo en paradas de autobuses</i> | 1,00 |
| <i>Factor de ajuste por tipo de área</i> | 0,90 |
| <i>Factor de ajuste por giros a la derecha</i> | 1,00 |
| <i>Factor de ajuste por giros a la izquierda</i> | 0,85 |
| <i>Numero de carriles</i> | 2,00 |
| $s = s_0 (N) (f_A) (f_{VP}) (f_P) (f_E) (f_B) (f_L) (f_{VD}) (f_{VI})$ | 2817,00 |

Figura 68. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

El acceso oriental hace realizar el movimiento derecho hacia la Av. Carrera 97 en sentido norte - sur, presenta un flujo de saturación de 2.817 veh-mixtos/hora, esto quiere decir que en el escenario más crítico, los accesos se saturarían con el flujo vehicular calculado.

- 2. Módulo de ajuste de volúmenes y de análisis de capacidad:** El ajuste de volúmenes afecta el volumen vehicular direccional de la HMD en función de la tasa de flujo V_p , que depende del factor horario de máxima demanda FHP (Vol/F_{HMD}), el número de carriles y el factor de ubicación U_i , como se presenta en la metodología propuesta en el Cuadro 8.
- El cálculo de capacidad (C) tiene como resultado, el número de vehículos que el acceso puede cargar con óptimos niveles de servicio, y se encuentra en función del flujo de saturación, y la relación entre los tiempos en verde y del ciclo semafórico g_i/C .
 - El grado de saturación (v/c), es un indicador que evalúa la relación oferta/demanda del acceso, en función del flujo ajustado V_i , el grado de saturación y la relación entre los tiempos en verde y del ciclo semafórico g_i/C .
 - La relación de flujo (v/s), es un indicador que representa la relación entre el flujo ajustado V_i y el flujo de saturación, si es próximo a 1, la operación actual del acceso se encuentra saturada, y entre más cercano a 0, menor congestión.
 - El grado de saturación crítico (X_c) tiene en cuenta la totalidad de movimientos que se puedan presentar por acceso, además del tiempo perdido por fase semafórica (L), que hace referencia al tiempo en rojo y de transición por fase semafórica.

Figura 69. Módulo de ajuste de volúmenes y de análisis de capacidad – KR 97.

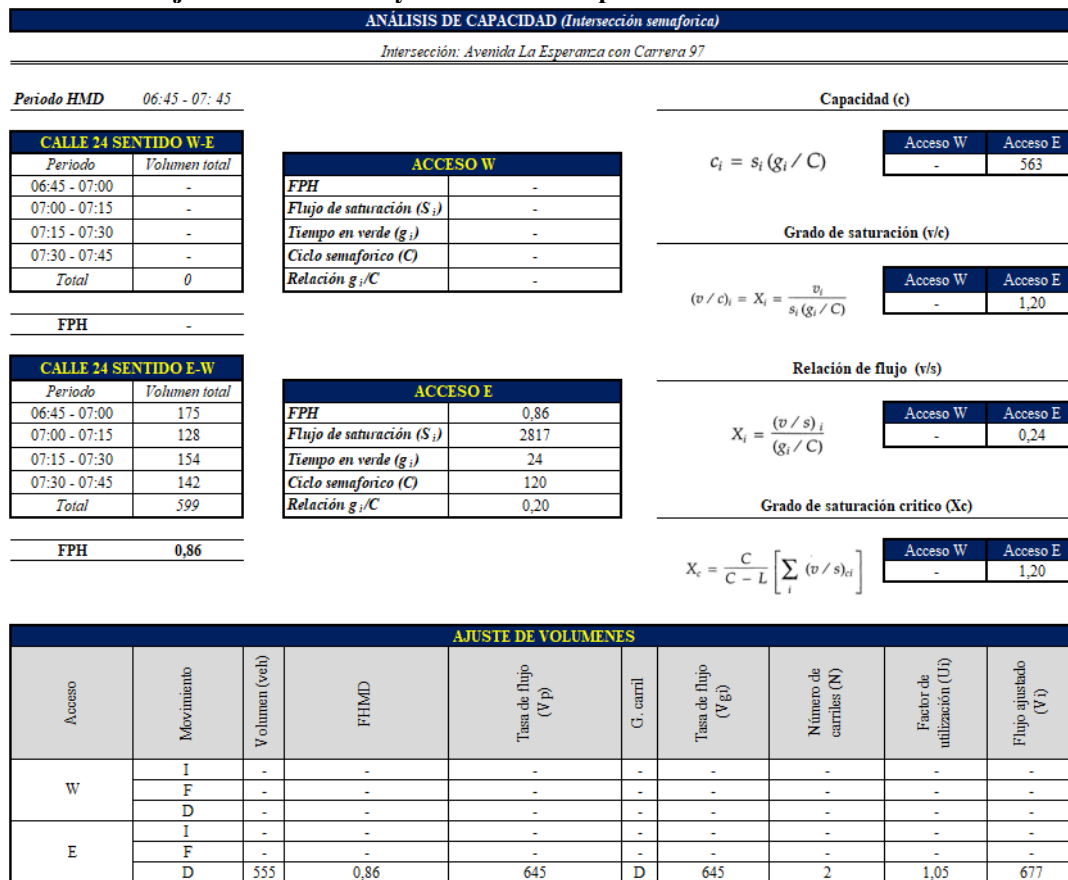


Figura 69. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

- El cálculo de capacidad muestra que el acceso oriental para el movimiento derecho puede operar con buenos niveles de servicio con un flujo de 563 veh-mixtos/hora.
- La estimación del grado de saturación muestra el acceso oriental para el movimiento derecho está operando al 120% de su capacidad.
- En la relación de flujo del acceso oriental para el movimiento derecho, se evidencia que el flujo vehicular existente se encuentra lejos del volumen de saturación, sin embargo, como se mencionó anteriormente, el corredor carga con flujos por encima de su capacidad.

- Puesto a que se evaluó el movimiento vehicular de giro derecho de manera independiente, el grado de saturación X y el grado de saturación crítico X_c , son iguales.

3. Módulo de nivel de servicio: El nivel de servicio es un indicador que permite evaluar la calidad del flujo vehicular que circula sobre el acceso, respecto al tiempo perdido, el gasto del combustible y la incomodidad. Para su cálculo se debe tener conocimiento previo del tipo de semáforo que opera (predeterminado, accionado o semiaccionado), e implica haber hecho una valoración previa de la cantidad de vehículos que circulan durante la fase verde y la cantidad de vehículos estacionados en la fase roja. De esta forma, mediante la relación de columna R_c , se evalúa el tipo de llegada, entre más cercano a la 5, mejor operatividad del corredor, sin colas ni demoras importantes para quienes llegan en la fase roja, y si es próximo a 1, quiere decir que el usuario demora bastante en cruzar el acceso desde su llegada.

Figura 70. Factor de progresión – KR 97.

| FACTOR DE PROGRESIÓN - ACCESO W | | FACTOR DE PROGRESIÓN - ACCESO E | |
|---|---|---|--------|
| Tipo de semaforo: Predeterminado o de tiempo fijo | | Tipo de semaforo: Predeterminado o de tiempo fijo | |
| Número de vehículos contados en la fase roja | - | Número de vehículos contados en la fase roja | 32 |
| Número de vehículos contados en movimiento que pasan la fase verde | - | Número de vehículos contados en movimiento que pasan la fase verde | 7 |
| Porcentaje vehículos en verde - PVV | - | Porcentaje vehículos en verde - PVV | 21,88% |
| Porcentaje vehículos en verde - PVV | - | Porcentaje vehículos en verde - PVV | 21,88% |
| Porcentaje ciclo verde al ciclo semaforico - PTV | - | Porcentaje ciclo verde al ciclo semaforico - PTV | 20,00% |
| Relación de columna Rc | - | Relación de columna Rc | 1,09 |
| Tipo de llegada | | Tipo de llegada | |
| - | | 3 | |
| Relación V _i /c | | Relación V _i /c | |
| Flujo ajustado (Vi) | - | Flujo ajustado (Vi) | 677 |
| Capacidad (c) | - | Capacidad (c) | 563 |
| - | | 1,20 | |
| Factor de progresión | | Factor de progresión | |
| - | | 1,00 | |
| * Para esta intersección se realizo el analisis de flujo vehicular en su ciclo semaforico de 120s | | * Para esta intersección se realizo el analisis de flujo vehicular en su ciclo semaforico de 120s | |
| * El conjunto de semaforos funciona predeterminado | | * El conjunto de semaforos funciona predeterminado | |

Figura 70. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

- El tipo de llegada del acceso E – oriental (3), demuestra que la cantidad de vehículos que se encuentran estacionados en la fase roja, no logran ser evacuados con la rapidez suficiente, según la tabla 9.13 del HCM 2010, su factor de progresión es 1.0.

A continuación, se presentan los cálculos para la obtención de los niveles de servicio de a cada acceso vehicular, a partir de la Demora uniforme D_{1i} , la demora incremental D_{2i} , la demora total D_i y su ajuste por factor de progresión:

Figura 71. Módulo de nivel de servicio – KR 97.

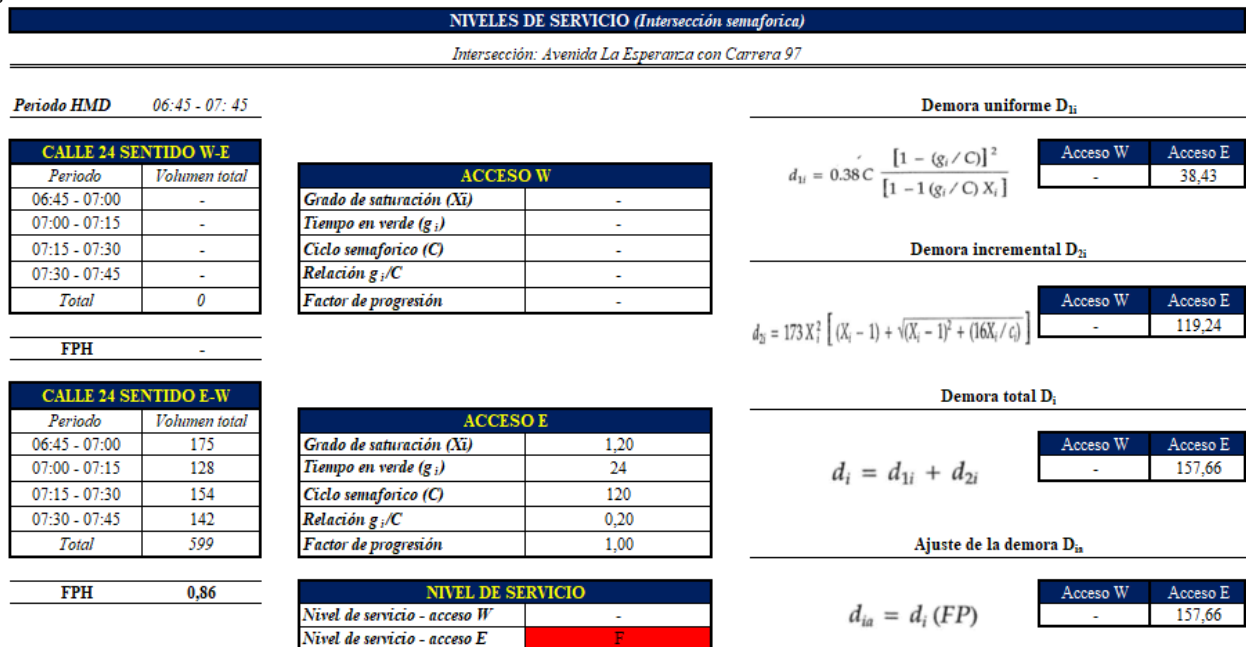


Figura 71. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

Como se observa en los cálculos anteriores, el acceso oriental para dar el giro derecho, presenta una demora de 157.66 seg/veh, lo que representa un nivel de servicio F, por encima de los 60 seg/veh, esto quiere decir, que los flujos de llegada exceden la capacidad del corredor vial, lo cual es producto de los ciclos semaforicos, ya que son insuficientes para este el flujo vehicular que carga este movimiento, por lo que se da operación lenta y forzada.

10.3 Aforos vehiculares a intersecciones secundarias

10.3.1 Retornos de la Avenida La Esperanza entre Carrera 96H y Transversal 94

Como se observa en el Cuadro 19 y el histograma de frecuencias vehiculares de la Figura 72, el flujo vehicular de la HMD corresponde a 165 veh-mixtos/hora, donde se destaca el tránsito de vehículos livianos, principalmente autos y motos, seguido por la circulación de vehículos pesados, la mayor parte de 3 y 4 ejes C3 – C4, y por último, busetas de transporte publico TPC. De igual forma, se evidencia que este tránsito se mantiene constante durante la hora de máxima demanda HMD.

Cuadro 19. Volumen vehicular horario – Retornos AC 24 entre KR 96H y TV 94.

| VOLUMEN HORARIO TOTAL | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|------|------|-----------|--------|-----|-------------------|----------------|-------------|-----|-----|-------|----|-----|---------|---------------|
| HORARIO | MOTO | AUTO | COLECTIVO | BUSETA | BUS | COLECTIVO ESCOLAR | BUSETA ESCOLAR | BUS ESCOLAR | C2P | C2G | C3-C4 | C5 | >C5 | TOTALES | TOTALES EQUI. |
| 5:45:00 a. m. | 51 | 62 | - | - | - | 1 | 3 | 3 | 1 | 4 | 11 | 1 | - | 137 | 144 |
| 6:00:00 a. m. | 54 | 82 | - | - | - | 1 | 3 | 3 | 1 | 2 | 11 | 1 | - | 158 | 161 |
| 6:15:00 a. m. | 56 | 89 | - | 2 | - | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 12 | 1 | - | 169 | 173 |
| 6:30:00 a. m. | 51 | 92 | - | 3 | - | - | 1 | - | 1 | 3 | 13 | 1 | - | 165 | 171 |
| 6:45:00 a. m. | 53 | 91 | - | 4 | - | - | - | - | - | 4 | 13 | - | - | 165 | 168 |
| 7:00:00 a. m. | 57 | 77 | - | 5 | - | - | - | - | - | 4 | 17 | - | - | 160 | 168 |
| 7:15:00 a. m. | 58 | 91 | - | 3 | - | - | - | - | - | 5 | 13 | 1 | 2 | 173 | 179 |
| 7:30:00 a. m. | 63 | 86 | - | 3 | - | - | - | - | - | 4 | 16 | 1 | 2 | 175 | 181 |
| 7:45:00 a. m. | 60 | 98 | - | 2 | - | - | - | - | - | 4 | 17 | 1 | 2 | 184 | 192 |
| 8:00:00 a. m. | 43 | 81 | - | 1 | - | - | - | - | - | 4 | 11 | 1 | 2 | 143 | 150 |
| 8:15:00 a. m. | 29 | 44 | - | 1 | - | - | - | - | - | 2 | 11 | - | - | 87 | 93 |
| 8:30:00 a. m. | 17 | 29 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 6 | - | - | 53 | 55 |

Nota. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

Figura 72. Histograma de frecuencias vehiculares horarios – Retornos AC 24 entre KR 96H y TV 94.

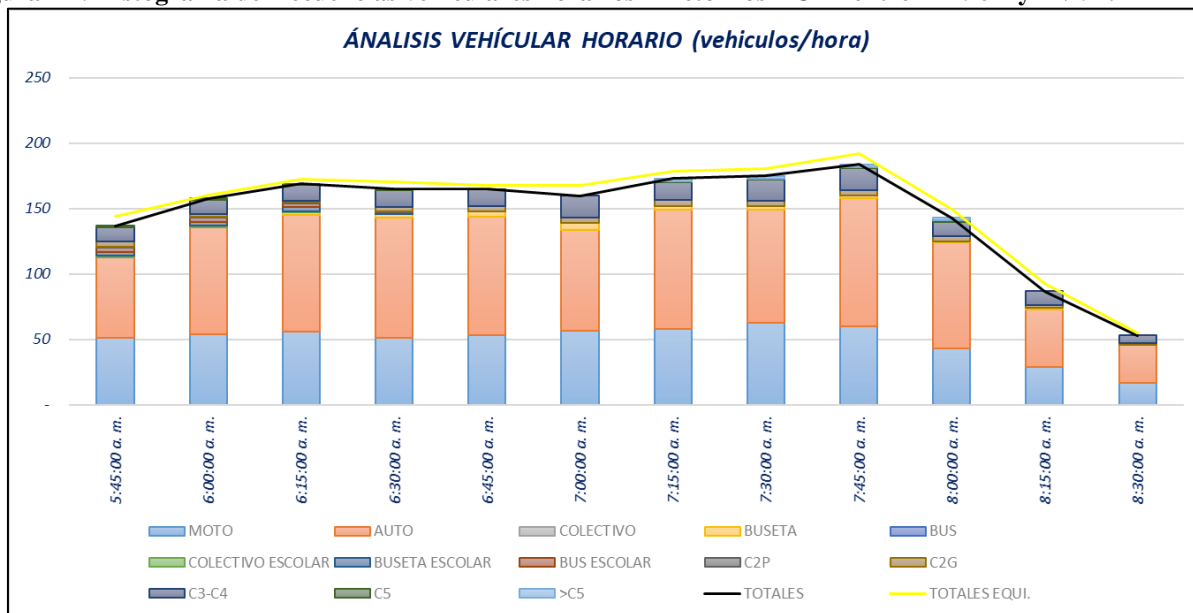


Figura 72. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

Por otra parte, en el Cuadro 20, se evidencia que se presenta mayor dinámica del tránsito que viene del oriente y se dirige hacia el occidente que viceversa, pues carga con 13 veces este volumen vehicular, lo que representa aproximadamente un 8% del movimiento 10(4).

Cuadro 20. Cargas vehiculares por movimiento HMD - Retornos AC 24 entre KR 96H y TV 94.

| HMD/MOV | 10(3) | 10(4) | Total |
|---------|-------|-------|-------|
| Mañana | 12 | 153 | 165 |

Nota. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

10.3.2 Intersección de la Diagonal 23K con Carrera 96H

Como se observa en el Cuadro 21 y el histograma de frecuencias vehiculares de la Figura 73, el flujo vehicular de la HMD corresponde a 17 veh-mixtos/hora, donde se destaca el tránsito de vehículos livianos, principalmente autos sobre motos, y esta vez, sin presencia de vehículos pesados, ni buses de servicio público TPC ni escolar. Lo cual resulta coherente considerando que los segmentos aforados corresponden a vías de la malla vial local, por lo que carga con bajos volúmenes vehiculares, en su mayoría livianos.

Cuadro 21. Volumen vehicular horario – Diagonal 23K con Carrera 96H.

| VOLUMEN HORARIO TOTAL | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|------|------|-----------|--------|-----|-------------------|----------------|-------------|-----|-----|-------|----|-----|---------|---------------|
| HORARIO | MOTO | AUTO | COLECTIVO | BUSETA | BUS | COLECTIVO ESCOLAR | BUSETA ESCOLAR | BUS ESCOLAR | C2P | C2G | C3-C4 | C5 | >C5 | TOTALES | TOTALES EQUI. |
| 5:45:00 a. m. | 2 | 17 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 19 | 18 |
| 6:00:00 a. m. | 1 | 17 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 18 | 18 |
| 6:15:00 a. m. | 1 | 16 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 17 | 17 |
| 6:30:00 a. m. | 1 | 19 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 20 | 20 |
| 6:45:00 a. m. | 3 | 14 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 17 | 16 |
| 7:00:00 a. m. | 5 | 14 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 19 | 17 |
| 7:15:00 a. m. | 4 | 14 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 18 | 16 |
| 7:30:00 a. m. | 5 | 13 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 18 | 16 |
| 7:45:00 a. m. | 5 | 14 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 19 | 17 |
| 8:00:00 a. m. | 3 | 11 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 14 | 13 |
| 8:15:00 a. m. | 3 | 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 11 | 10 |
| 8:30:00 a. m. | 2 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 4 |

Nota. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

Figura 73. Histograma de frecuencias vehiculares horarios – DG 23K X KR 96H.

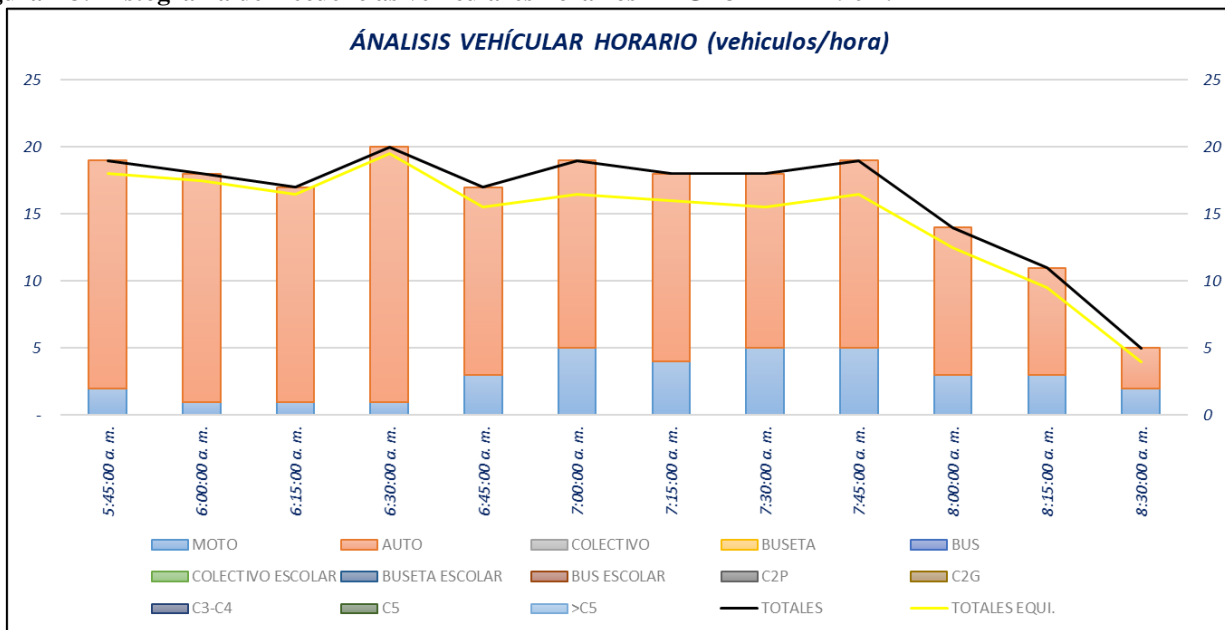


Figura 73. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

Por otra parte, en el Cuadro 22, se evidencia que estas vías cargan bajos volúmenes vehiculares, menores a los 20 veh-mixtos/hora, donde la mayor parte deriva hacia la Avenida La Esperanza.

Cuadro 22. Cargas vehiculares por movimiento en la HMD - DG 23K X KR 96H.

| HMD/MOV | 4 | 9(4) | Total |
|---------|---|------|-------|
| Mañana | 4 | 13 | 17 |

Nota. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

10.3.3 Intersección de la Avenida La Esperanza con Carrera 96K

Como se observa en el Cuadro 23 y el histograma de frecuencias vehiculares de la Figura 74, el flujo vehicular de la HMD corresponde a 131 veh-mixtos/hora, donde se destaca el tránsito de vehículos livianos, principalmente autos y motos, seguido por la circulación de vehículos pesados, la mayor parte de 2 ejes grande tipo C2P, y sin la presencia de buses de transporte público TPC. Al igual que la intersección anterior, los cálculos resultan coherentes considerando que los segmentos aforados corresponden a vías de la malla vial local, por lo que carga con bajos volúmenes vehiculares, en su mayoría livianos.

Cuadro 23. Volumen vehicular horario – Avenida Calle 24 con Carrera 96K.

| VOLUMEN HORARIO TOTAL | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|------|------|-----------|--------|-----|-------------------|----------------|-------------|-----|-----|-------|----|-----|---------|---------------|
| HORARIO | MOTO | AUTO | COLECTIVO | BUSETA | BUS | COLECTIVO ESCOLAR | BUSETA ESCOLAR | BUS ESCOLAR | C2P | C2G | C3-C4 | C5 | >C5 | TOTALES | TOTALES EQUI. |
| 5:45:00 a. m. | 33 | 46 | - | 2 | - | - | - | - | - | 6 | 1 | 1 | - | 89 | 87 |
| 6:00:00 a. m. | 40 | 57 | - | 1 | - | - | - | - | - | 9 | 2 | 1 | - | 110 | 109 |
| 6:15:00 a. m. | 46 | 68 | - | 1 | - | - | - | - | - | 8 | 2 | 1 | - | 126 | 121 |
| 6:30:00 a. m. | 42 | 70 | - | - | - | - | - | - | - | 9 | 1 | 1 | - | 123 | 119 |
| 6:45:00 a. m. | 44 | 77 | - | - | - | - | - | - | - | 9 | 1 | - | - | 131 | 124 |
| 7:00:00 a. m. | 58 | 89 | - | - | - | - | - | - | - | 10 | 1 | - | - | 158 | 146 |
| 7:15:00 a. m. | 62 | 87 | - | - | - | - | - | - | - | 8 | 3 | - | - | 160 | 146 |
| 7:30:00 a. m. | 58 | 86 | - | - | - | - | - | - | - | 8 | 3 | - | - | 155 | 143 |
| 7:45:00 a. m. | 50 | 90 | - | - | - | - | - | - | - | 12 | 5 | - | - | 157 | 158 |
| 8:00:00 a. m. | 26 | 62 | - | - | - | - | - | - | - | 8 | 4 | - | - | 100 | 105 |
| 8:15:00 a. m. | 10 | 43 | - | - | - | - | - | - | - | 8 | 2 | - | - | 63 | 73 |
| 8:30:00 a. m. | 6 | 25 | - | - | - | - | - | - | - | 6 | 2 | - | - | 39 | 48 |

Nota. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

Figura 74. Histograma de frecuencias vehiculares horarios – AC 24 X KR 96K.

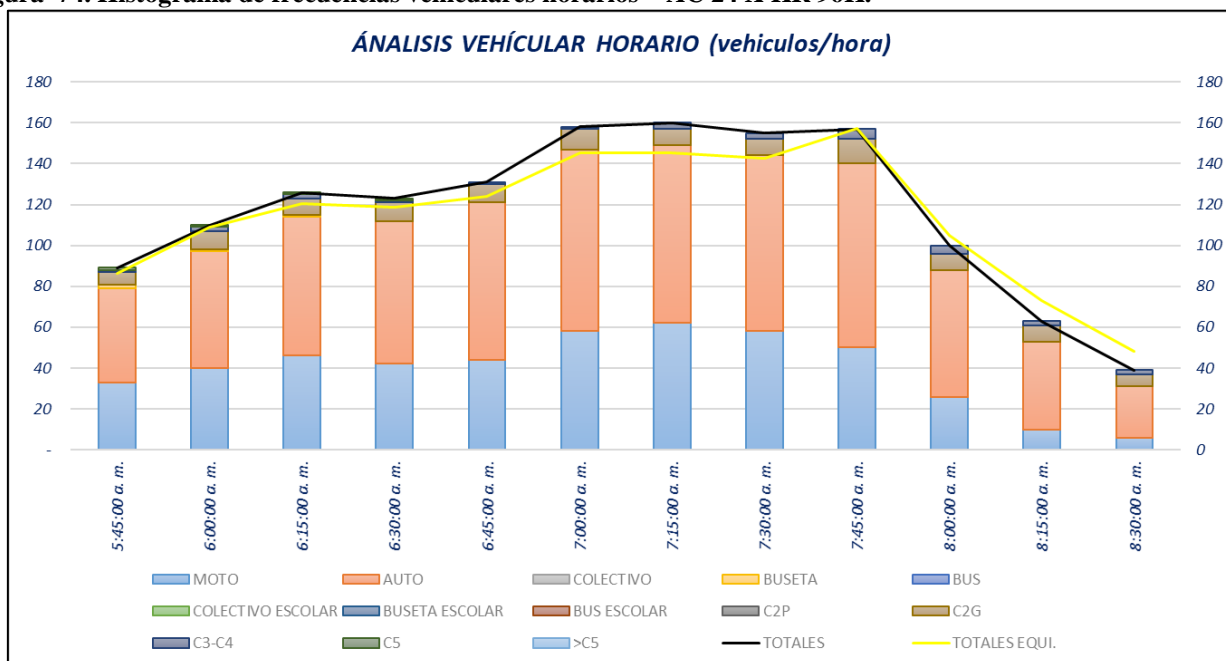


Figura 74. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

Por otra parte, en el Cuadro 24, se evidencia que desde la Carrera 96K se deriva un volumen vehicular importante, que representa el 93% del flujo aforado en campo, mientras que desde la Diagonal 23K se deriva apenas el 3% del flujo aforado, pues la mayor parte de este volumen desvía antes por la Carrera 96H.

Cuadro 24. Cargas vehiculares por movimiento en la HMD - DG 23K X KR 96H.

| HMD/MOV | 3 | 9(1) | 9(3) | 9(4) | Total |
|---------------|-----|------|------|------|------------|
| Mañana | 122 | 4 | 4 | 1 | 131 |

Nota. Elaboración propia a partir de los aforos realizados.

10.4 Estudio de velocidades

La velocidad es uno de los indicadores más importantes a la hora de evaluar la operación vehicular habitual, especialmente en los periodos de máxima demanda, pues ahí, donde se logran identificar las causas más relevantes que conllevan al congestionamiento de un corredor vial específico. Es por esto, que el presente proyecto involucre un estudio de velocidades mediante el método del vehículo flotante, a fin de conocer más a fondo las condiciones en que se movilizan los diferentes actores viales en la red vial a evaluar, además, resulta ser un complemento al análisis de capacidad y niveles de servicio estimados en el capítulo anterior.

El método del vehículo flotante, evalúa la operación de vehículos particulares respecto a su velocidad a lo largo de un tramo vial determinado, donde se debe establecer un recorrido específico con el fin de desplazar un vehículo simulando que flota entre los demás. El caso del presente estudio busca determinar la velocidad a lo largo de la Avenida La Esperanza, a los tramos correspondientes entre la Av. Carrera 97 y la Av. Carrera 86, en ambos sentidos, occidente - oriente y viceversa, como se presenta a continuación:

Figura 75. Recorrido del estudio de velocidades – AC 24 entre AK 97 y AK 86.



Figura 75. Elaboración propia a partir de Mapas Bogotá.

Este método requiere de una persona que conduzca un vehículo determinado y otra que registre los tiempos en detención y en marcha durante el recorrido propuesto, el cual debe hacerse mínimo 5 veces, de esta forma, obtener datos más cercanos a la realidad.

El objetivo de conocer estos tiempos es estimar la velocidad de recorrido y la velocidad de marcha, ya que son los parámetros de evaluación de mayor importancia en la operación de un corredor vial. La velocidad de recorrido o de viaje, es el resultado de dividir la distancia total recorrida entre el tiempo total empleado, incluyendo paradas provocadas por la vía, el tránsito y los dispositivos de control ajenos a la voluntad del conductor, la obtención de esta. Por otra parte, la velocidad de marcha es el resultado de dividir la distancia total recorrida entre el tiempo que dura el vehículo en movimiento, por tanto, esta velocidad suele ser mayor a la velocidad de recorrido.

La obtención de estas velocidades busca evaluar la calidad y eficiencia del flujo vehicular a lo largo de una ruta específica, mediante la valoración de la ubicación, tipo y magnitud de las demoras asociadas a la operación en la hora de máxima demanda HMD ya que, en este periodo, es donde se identifican las causas más relevantes que conllevan a la congestión vehicular. A continuación, se presenta el estudio de velocidades realizado sobre la Avenida La Esperanza entre la Av. Carrera 97 y la Av. Carrera 86 el día jueves 7 de febrero de 2019 durante la HMD calculada:

Avenida La Esperanza entre Carrera 100 y Carrera 97 - sentido occidente oriente:

Figura 76. Avenida La Esperanza entre Carrera 100 y Carrera 97 - sentido occidente oriente.

| ESTUDIO DE VELOCIDADES (MÉTODO DEL VEHÍCULO FLOTANTE) - Recorrido 1 | | | |
|---|----------------------|-------------------------|------------------------|
| Avenida La Esperanza entre la Av. Carrera 100 y la Av. Carrera 97 W-E - Recorrido 1 | | | |
| Distancia total recorrida (m) D_{TR} | 217,51 | | |
| Tiempo total empleado (s) T_{TE} | 159,51 | | |
| Tiempo total en marcha (s) T_{TM} | 16,24 | | |
| Tiempo de detención (s) | Tiempo de marcha (s) | Observación | Velocidad de recorrido |
| 1. 0,00 | 4,21 | | |
| 2. 3,14 | 5,91 | Parada Bus | V_R (m/s) 1,36 |
| 3. 71,80 | 4,12 | Semaforo en rojo + cola | V_R (km/h) 4,91 |
| 4. 68,33 | 2,00 | Semaforo en rojo + cola | |
| 5. | | | |
| 6. | | | |
| Velocidad de marcha | | | |
| 7. | | | |
| 8. | | | V_M (m/s) 13,39 |
| 9. | | | V_M (km/h) 48,22 |
| 10. | | | |
| 11. | | | |
| 12. | | | |
| 13. | | | |
| 14. | | | |
| Σ | 143,27 | 16,24 | |

| ESTUDIO DE VELOCIDADES (MÉTODO DEL VEHÍCULO FLOTANTE) - Recorrido 2 | | | |
|---|----------------------|-------------------------|------------------------|
| Avenida La Esperanza entre la Av. Carrera 100 y la Av. Carrera 97 W-E - Recorrido 2 | | | |
| Distancia total recorrida (m) D_{TR} | 217,51 | | |
| Tiempo total empleado (s) T_{TE} | 95,57 | | |
| Tiempo total en marcha (s) T_{TM} | 20,06 | | |
| Tiempo de detención (s) | Tiempo de marcha (s) | Observación | Velocidad de recorrido |
| 1. 0,00 | 4,01 | | |
| 2. 2,81 | 9,26 | Parada taxi | V_R (m/s) 2,28 |
| 3. 69,70 | 2,50 | Semaforo en rojo + cola | V_R (km/h) 8,19 |
| 4. 3,00 | 4,29 | Parada Bus | |
| 5. | | | |
| 6. | | | |
| Velocidad de marcha | | | |
| 7. | | | |
| 8. | | | V_M (m/s) 10,84 |
| 9. | | | V_M (km/h) 39,03 |
| 10. | | | |
| 11. | | | |
| 12. | | | |
| 13. | | | |
| 14. | | | |
| Σ | 75,51 | 20,06 | |

| ESTUDIO DE VELOCIDADES (MÉTODO DEL VEHÍCULO FLOTANTE) - Recorrido 3 | | | |
|---|----------------------|-------------------------|------------------------|
| Avenida La Esperanza entre la Av. Carrera 100 y la Av. Carrera 97 W-E - Recorrido 3 | | | |
| Distancia total recorrida (m) D_{TR} | 217,51 | | |
| Tiempo total empleado (s) T_{TE} | 97,38 | | |
| Tiempo total en marcha (s) T_{TM} | 19,29 | | |
| Tiempo de detención (s) | Tiempo de marcha (s) | Observación | Velocidad de recorrido |
| 1. 0,00 | 9,12 | | |
| 2. 4,18 | 6,44 | Parada Bus | V_R (m/s) 2,23 |
| 3. 73,91 | 3,73 | Semaforo en rojo + cola | V_R (km/h) 8,04 |
| 4. | | | |
| 5. | | | |
| 6. | | | |
| Velocidad de marcha | | | |
| 7. | | | |
| 8. | | | V_M (m/s) 11,28 |
| 9. | | | V_M (km/h) 40,59 |
| 10. | | | |
| 11. | | | |
| 12. | | | |
| 13. | | | |
| 14. | | | |
| Σ | 78,09 | 19,29 | |

| ESTUDIO DE VELOCIDADES (MÉTODO DEL VEHÍCULO FLOTANTE) - Recorrido 4 | | | |
|---|----------------------|-------------------------|------------------------|
| Avenida La Esperanza entre la Av. Carrera 100 y la Av. Carrera 97 W-E - Recorrido 4 | | | |
| Distancia total recorrida (m) D_{TR} | 217,51 | | |
| Tiempo total empleado (s) T_{TE} | 172,19 | | |
| Tiempo total en marcha (s) T_{TM} | 23,62 | | |
| Tiempo de detención (s) | Tiempo de marcha (s) | Observación | Velocidad de recorrido |
| 1. 0,00 | 4,85 | | |
| 2. 1,90 | 4,41 | Parada taxi | V_R (m/s) 1,26 |
| 3. 4,47 | 3,73 | Parada Bus | V_R (km/h) 4,55 |
| 4. 71,22 | 3,50 | Semaforo en rojo + cola | |
| 5. 67,60 | 3,14 | Semaforo en rojo + cola | |
| 6. 3,38 | 3,99 | Parada Bus | |
| 7. | | | |
| Velocidad de marcha | | | |
| 8. | | | V_M (m/s) 9,21 |
| 9. | | | V_M (km/h) 33,15 |
| 10. | | | |
| 11. | | | |
| 12. | | | |
| 13. | | | |
| 14. | | | |
| Σ | 148,57 | 23,62 | |

| ESTUDIO DE VELOCIDADES (MÉTODO DEL VEHÍCULO FLOTANTE) - Recorrido 5 | | |
|---|----------------------|-------------------------|
| Avenida La Esperanza entre la Av. Carrera 100 y la Av. Carrera 97 W-E - Recorrido 5 | | |
| Distancia total recorrida (m) D_{TR} | 217,51 | |
| Tiempo total empleado (s) T_{TE} | 92,36 | |
| Tiempo total en marcha (s) T_{TM} | 19,56 | |
| Tiempo de detención (s) | Tiempo de marcha (s) | Observación |
| 1. 0,00 | 15,31 | |
| 2. 72,80 | 4,25 | Semaforo en rojo + cola |
| 3. | | |
| 4. | | |
| 5. | | |
| 6. | | |
| 7. | | |
| 8. | | |
| 9. | | |
| 10. | | |
| 11. | | |
| 12. | | |
| 13. | | |
| 14. | | |
| Σ | 72,80 | 19,56 |

| Velocidad de recorrido | |
|------------------------|------|
| V_R (m/s) | 2,36 |
| V_R (km/h) | 8,48 |

| Velocidad de marcha | |
|---------------------|-------|
| V_M (m/s) | 11,12 |
| V_M (km/h) | 40,03 |

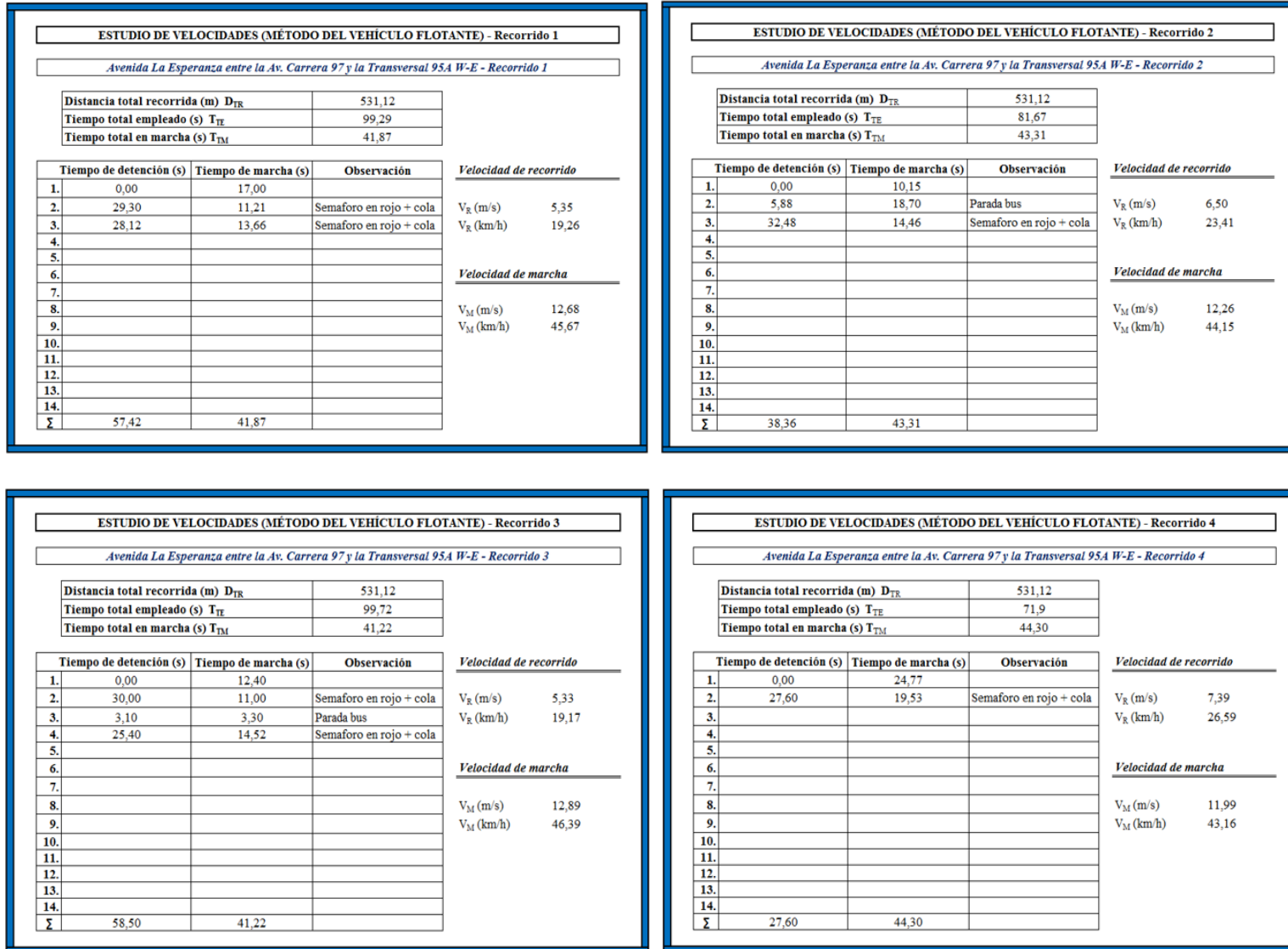
| ESTUDIO DE VELOCIDADES (MÉTODO DEL VEHÍCULO FLOTANTE) | | |
|---|--------------|--------------|
| Avenida La Esperanza entre la Carrera 100 y la Carrera 97 W-E | | |
| Recorridos | V_R (km/h) | V_M (km/h) |
| 1 | 4,91 | 48,22 |
| 2 | 8,19 | 39,03 |
| 3 | 8,04 | 40,59 |
| 4 | 4,55 | 33,15 |
| 5 | 8,48 | 40,03 |
| PROMEDIO | 6,83 | 40,21 |

Figura 76. Elaboración propia.

- ❖ De manera general, se evidencia que la operación en este tramo vial específico (AC 24 entre KR 100 y AK 97), se ve afectado en mayor medida, por los dispositivos de control - semáforos, ya que el tiempo en rojo de la fase directa hacia el oriente, dura más de un minuto, a esto se suman los conflictos vehiculares causados por las paradas de autobuses, taxis, particulares o peatones en la vía. Como se observa, la velocidad de recorrido promedio es baja, menor a 10 km/hr, ya que su cálculo incluye todos los tiempos de detención. Ahora, la velocidad de marcha promedio, 40.21 km/hr, demuestra que la dinámica del corredor en movimiento opera con estabilidad hasta llegar a la fase semafórica.

Avenida La Esperanza entre Carrera 97 y Transversal 95A - sentido occidente oriente:

Figura 77. Avenida La Esperanza entre Carrera 97 y Transversal 95A - sentido occidente oriente.



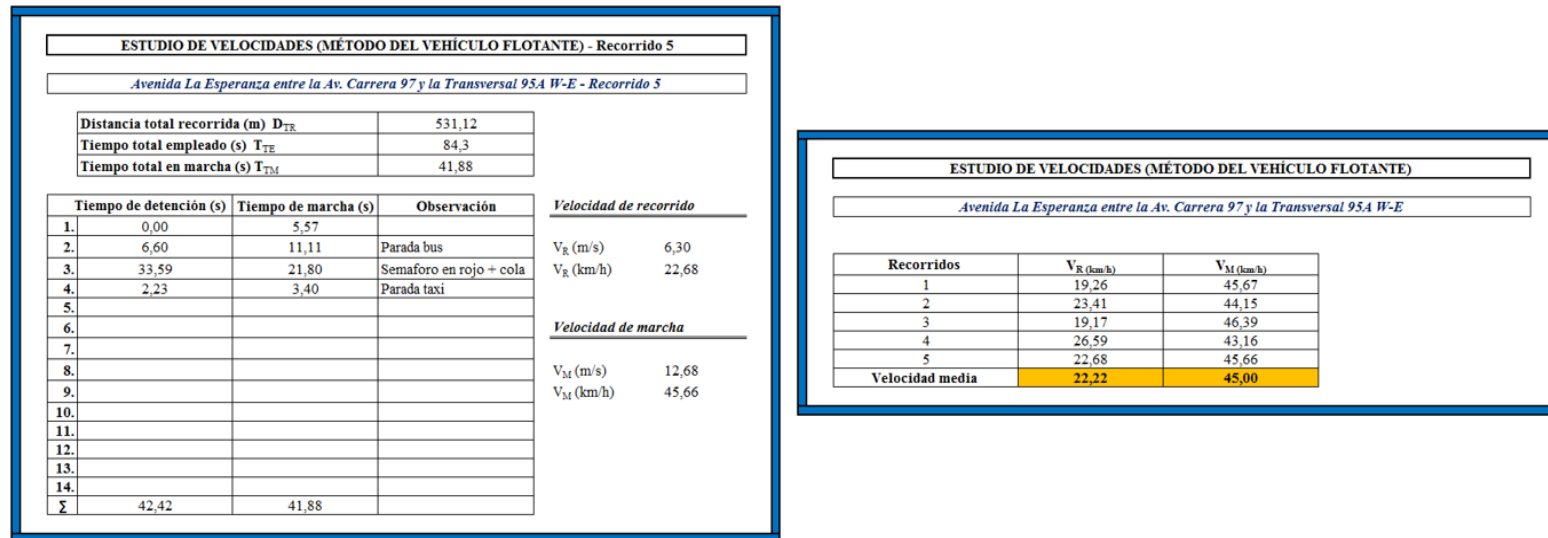
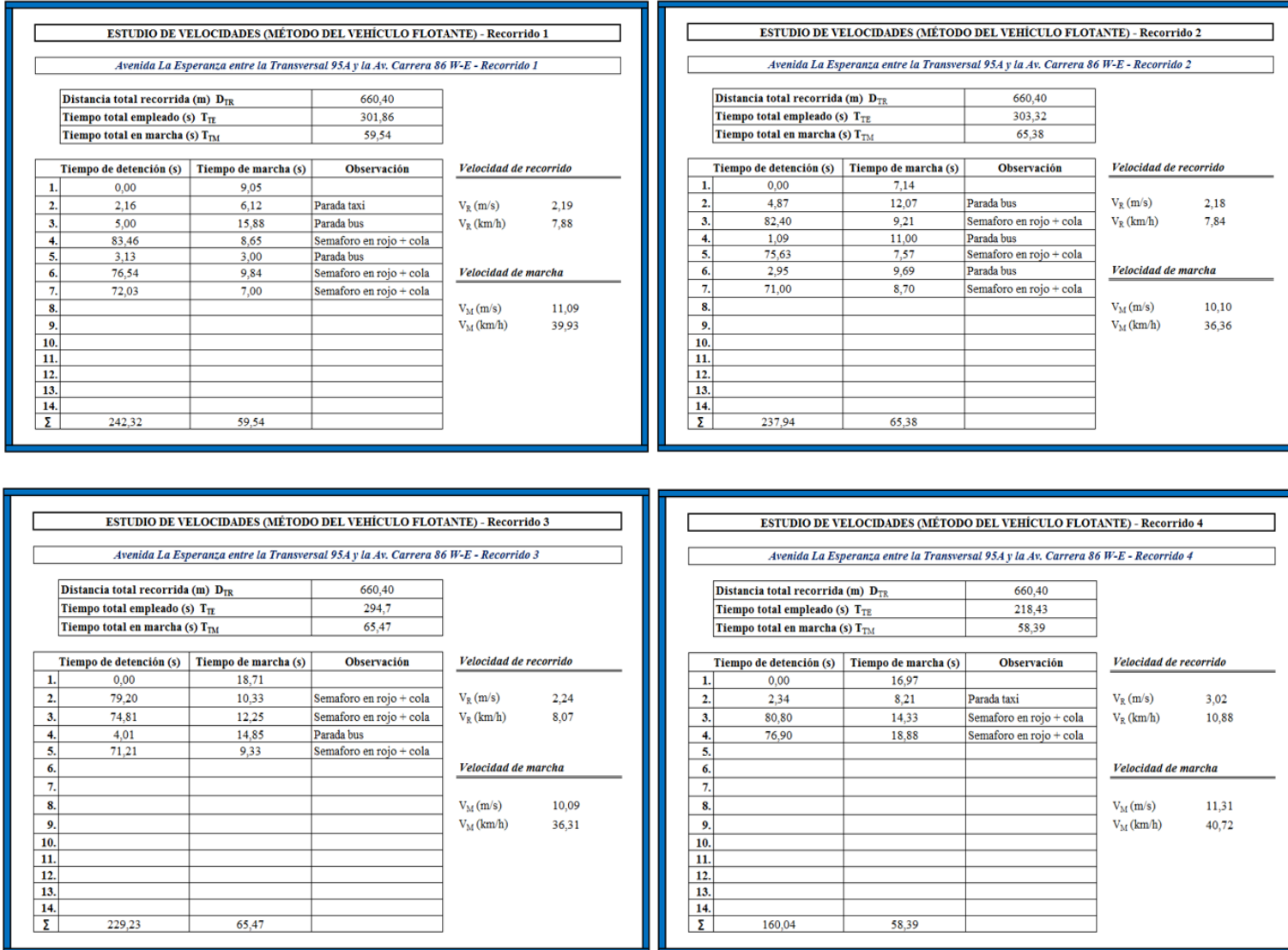


Figura 77. Elaboración propia.

- ❖ De manera general, se evidencia que la operación en este tramo vial específico (AC 24 entre KR 97 y TV 95A), al igual que el tramo evaluado anteriormente, se ve afectado en mayor medida, por los dispositivos de control - semáforos, sin embargo, el tiempo en rojo de la fase directa hacia el oriente, es de medio minuto, de manera que no se presentan tiempos de detención prolongados, esto que explica porque las velocidades obtenidas son mayores a las punto anterior, por una parte, la velocidad de recorrido del punto anterior resulta ser apenas el 30.73% de la velocidad media estimada para este corredor. No obstante, la velocidad de marcha no presenta un aumento importante, de apenas 4.79 km/hr. Por tanto, la dinámica de este segmento vial cuenta con velocidades que representan una buena operación, pues aún con los dispositivos de control y las diferentes paradas (tiempos de detención), se mantiene una velocidad de recorrido por encima de los 20 km/hr.

Avenida La Esperanza entre Transversal 95A y Carrera 86 - sentido occidente oriente:

Figura 78. Avenida La Esperanza entre Transversal 95A y Carrera 86 - sentido occidente oriente.



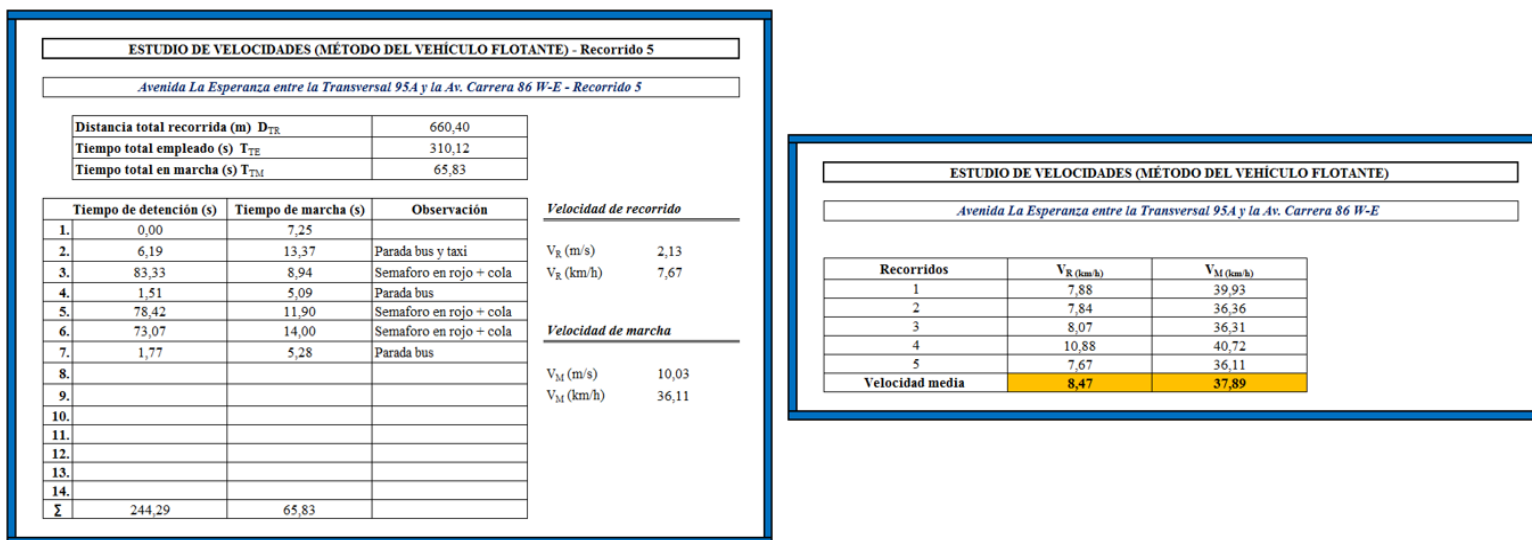


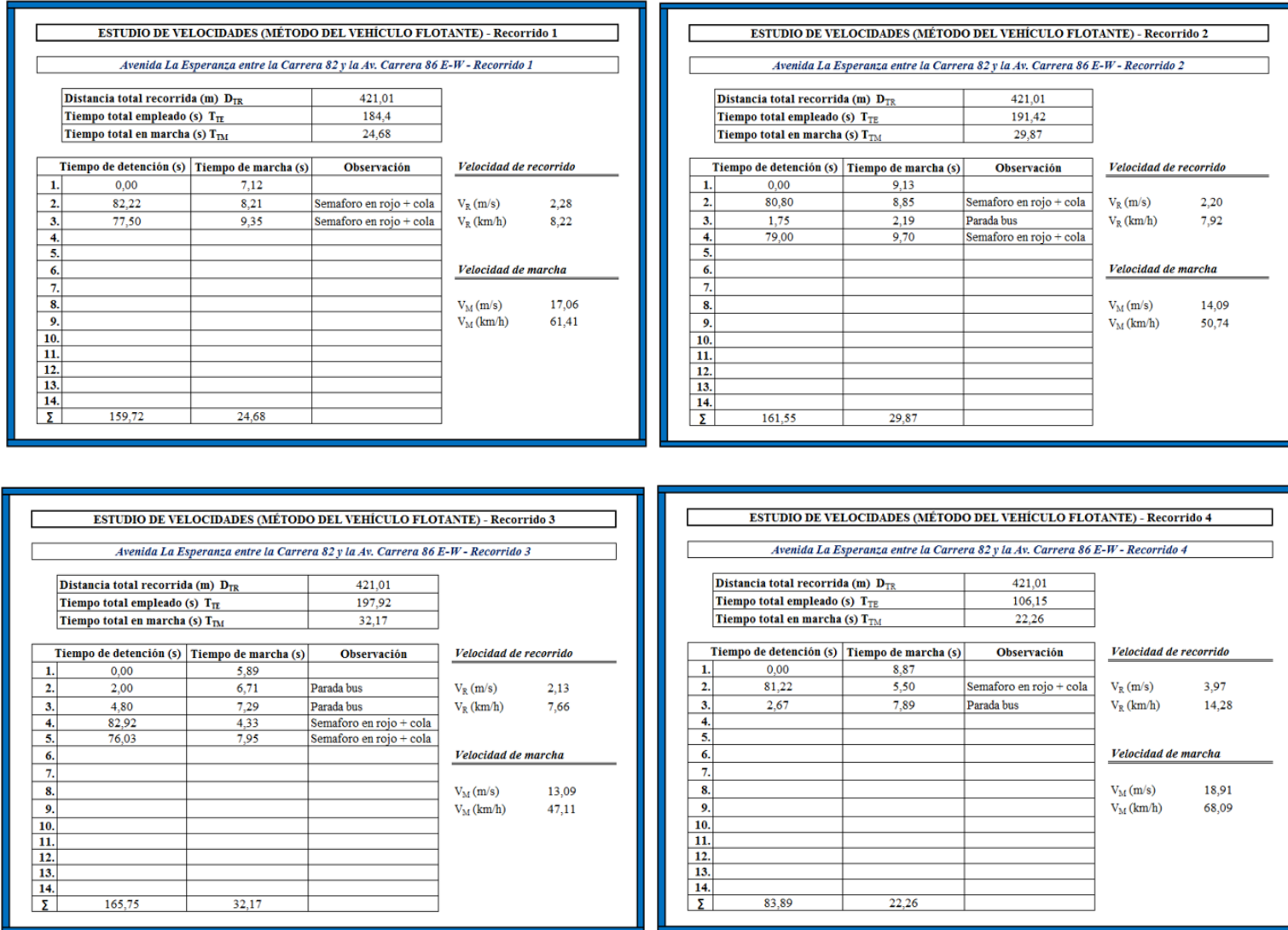
Figura 78. Elaboración propia.

- ❖ Este corredor es el que presenta mayor número de detenciones, donde el usuario puede esperar hasta 3 ciclos para pasar de este acceso, pues el corredor de la Avenida Ciudad de Cali tiene prelación sobre la Avenida la Esperanza. Esto, pese a que ambos corredores cargan volúmenes vehiculares de importancia, por encima de los 2000 veh/hora. Además, se debe tener en cuenta que la Esperanza cuenta con dos carriles por sentido, mientras que la Ciudad de Cali cuenta con tres carriles por sentido.
- ❖ Se presentan detenciones constantes por paradas de buses, taxis y vehículos particulares.
- ❖ Se evidencia que la operación en este tramo vial específico (AC 24 entre TV 95A y AK 86), al igual que los tramos evaluados anteriormente, se ve afectado en mayor medida, por los dispositivos de control – semáforos y las paradas de buses, taxis y

particulares. Si se observan todos los recorridos efectuados durante la hora de máxima demanda HMD, los tiempos de detención producto de las fases semafóricas representan el 75.71% del tiempo total empleado en el recorrido; ahora, los tiempos en marcha representan el 21.21% del tiempo total empleado. Por tanto, si se lograra aumentar los tiempos en verde de la fase directa hacia el oriente, las demoras disminuirían significativamente, mejorando la velocidad deseada por el usuario, y su vez, la capacidad y los niveles de servicio del acceso. Pues actualmente el sistema no es eficiente, se emplea bastante tiempo para evacuar la carga vehicular del corredor en la HMD.

Avenida La Esperanza entre Carrera 82 y Carrera 86 - sentido oriente occidente:

Figura 79. Avenida La Esperanza entre Carrera 82 y Carrera 86 - sentido oriente occidente.



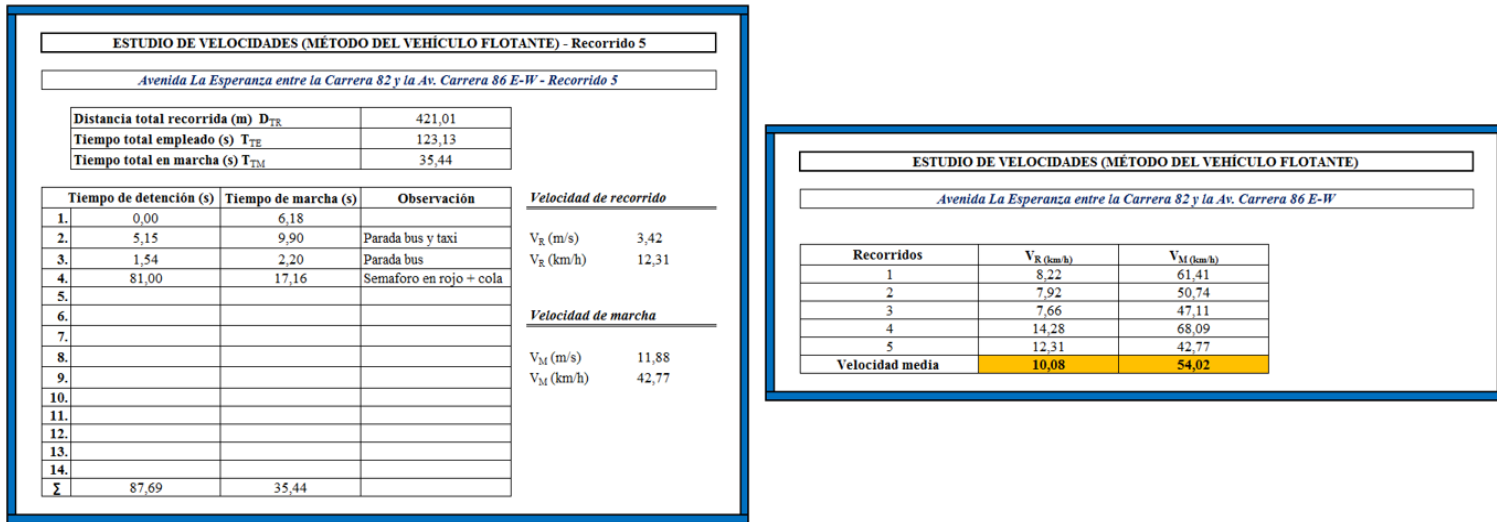


Figura 79. Elaboración propia.

- ❖ A diferencia de los recorridos anteriores, el efectuado en sentido oriente occidente muestra mejores condiciones de operatividad ya que se obtienen velocidades de recorrido y en marcha mayores. Esto se debe a que en la hora de máxima demanda HMD, no se presenta una dinámica constante y elevada hacia el occidente, ya que la mayor parte de centros atractores y generadores de viajes se encuentran hacia el Centro y el Norte de la Capital, razón por la cual, el corredor más cargado resulta ser el occidental. Por otra parte, si contrastamos el acceso occidental y el oriental, se tiene una diferencia de apenas 1.61km/hr en la velocidad de recorrido, y una diferencia considerable de 16.13 km/hr respecto a la velocidad de marcha. Por lo cual, se demuestra que la operación hacia el occidente de la capital por la Avenida La Esperanza, cuenta con mejor operatividad que hacia el oriente, dado que su flujo vehicular es menor, la mitad del flujo que se dirige hacia el

occidente. Básicamente, se demuestra que el plan semafórico que opera en la HMD sobre la AC 24 x AK 86, resulta insuficiente, ya que no es capaz de evacuar la carga vehicular en tiempos cortos, por el contrario, se emplea bastante tiempo para el paso de estos flujos, tal como se evidencia en cada recorrido.

Avenida La Esperanza entre Carrera 86 y Transversal 95A - sentido oriente occidente:

Figura 80. Avenida La Esperanza entre Carrera 86 y Transversal 95A - sentido oriente occidente.

| ESTUDIO DE VELOCIDADES (MÉTODO DEL VEHÍCULO FLOTANTE) - Recorrido 1 | | | |
|---|----------------------|----------------------------|------------------------|
| Avenida La Esperanza entre la Av. Carrera 86 y la Transversal 95A E-W - Recorrido 1 | | | |
| Distancia total recorrida (m) D_{TR} | 660,73 | | |
| Tiempo total empleado (s) T_{TE} | 77,89 | | |
| Tiempo total en marcha (s) T_{TM} | 44,72 | | |
| Tiempo de detención (s) | Tiempo de marcha (s) | Observación | Velocidad de recorrido |
| 1. 0,00 | 13,22 | | |
| 2. 2,12 | 11,70 | Parada vehículo particular | V_R (m/s) 8,48 |
| 3. 1,60 | 9,70 | Parada bus | V_R (km/h) 30,54 |
| 4. 29,45 | 10,10 | Semaforo en rojo + cola | |
| 5. | | | |
| 6. | | | |
| | | | Velocidad de marcha |
| 7. | | | |
| 8. | | | V_M (m/s) 14,77 |
| 9. | | | V_M (km/h) 53,19 |
| 10. | | | |
| 11. | | | |
| 12. | | | |
| 13. | | | |
| 14. | | | |
| Σ | 33,17 | 44,72 | |

| ESTUDIO DE VELOCIDADES (MÉTODO DEL VEHÍCULO FLOTANTE) - Recorrido 2 | | | |
|---|----------------------|-------------------------|------------------------|
| Avenida La Esperanza entre la Av. Carrera 86 y la Transversal 95A E-W - Recorrido 2 | | | |
| Distancia total recorrida (m) D_{TR} | 660,73 | | |
| Tiempo total empleado (s) T_{TE} | 74,5 | | |
| Tiempo total en marcha (s) T_{TM} | 39,61 | | |
| Tiempo de detención (s) | Tiempo de marcha (s) | Observación | Velocidad de recorrido |
| 1. 0,00 | 15,21 | | |
| 2. 2,91 | 11,20 | Parada bus | V_R (m/s) 8,87 |
| 3. 4,00 | 5,28 | Parada bus | V_R (km/h) 31,93 |
| 4. 27,98 | 7,92 | Semaforo en rojo + cola | |
| 5. | | | |
| 6. | | | |
| | | | Velocidad de marcha |
| 7. | | | |
| 8. | | | V_M (m/s) 16,68 |
| 9. | | | V_M (km/h) 60,05 |
| 10. | | | |
| 11. | | | |
| 12. | | | |
| 13. | | | |
| 14. | | | |
| Σ | 34,89 | 39,61 | |

| ESTUDIO DE VELOCIDADES (MÉTODO DEL VEHÍCULO FLOTANTE) - Recorrido 3 | | | |
|---|----------------------|----------------------------|------------------------|
| Avenida La Esperanza entre la Av. Carrera 86 y la Transversal 95A E-W - Recorrido 3 | | | |
| Distancia total recorrida (m) D_{TR} | 660,73 | | |
| Tiempo total empleado (s) T_{TE} | 73,79 | | |
| Tiempo total en marcha (s) T_{TM} | 38,46 | | |
| Tiempo de detención (s) | Tiempo de marcha (s) | Observación | Velocidad de recorrido |
| 1. 0,00 | 14,16 | | |
| 2. 3,39 | 11,89 | Parada vehiculo particular | V_R (m/s) 8,95 |
| 3. 31,94 | 12,41 | Semaforo en rojo + cola | V_R (km/h) 32,24 |
| 4. | | | |
| 5. | | | |
| 6. | | | |
| 7. | | | |
| 8. | | | V_M (m/s) 17,18 |
| 9. | | | V_M (km/h) 61,85 |
| 10. | | | |
| 11. | | | |
| 12. | | | |
| 13. | | | |
| 14. | | | |
| Σ | 35,33 | 38,46 | |

| ESTUDIO DE VELOCIDADES (MÉTODO DEL VEHÍCULO FLOTANTE) - Recorrido 4 | | | |
|---|----------------------|-------------------|------------------------|
| Avenida La Esperanza entre la Av. Carrera 86 y la Transversal 95A E-W - Recorrido 4 | | | |
| Distancia total recorrida (m) D_{TR} | 660,73 | | |
| Tiempo total empleado (s) T_{TE} | 49,37 | | |
| Tiempo total en marcha (s) T_{TM} | 49,37 | | |
| Tiempo de detención (s) | Tiempo de marcha (s) | Observación | Velocidad de recorrido |
| 1. 0,00 | 49,37 | No hubo detención | |
| 2. | | | V_R (m/s) 13,38 |
| 3. | | | V_R (km/h) 48,18 |
| 4. | | | |
| 5. | | | |
| 6. | | | |
| 7. | | | |
| 8. | | | V_M (m/s) 13,38 |
| 9. | | | V_M (km/h) 48,18 |
| 10. | | | |
| 11. | | | |
| 12. | | | |
| 13. | | | |
| 14. | | | |
| Σ | 0,00 | 49,37 | |

| ESTUDIO DE VELOCIDADES (MÉTODO DEL VEHÍCULO FLOTANTE) - Recorrido 5 | | | |
|---|----------------------|-------------------------|------------------------|
| Avenida La Esperanza entre la Av. Carrera 86 y la Transversal 95A E-W - Recorrido 5 | | | |
| Distancia total recorrida (m) D_{TR} | 660,73 | | |
| Tiempo total empleado (s) T_{TE} | 69,06 | | |
| Tiempo total en marcha (s) T_{TM} | 42,90 | | |
| Tiempo de detención (s) | Tiempo de marcha (s) | Observación | Velocidad de recorrido |
| 1. 0,00 | 33,19 | | |
| 2. 26,16 | 9,71 | Semaforo en rojo + cola | V_R (m/s) 9,57 |
| 3. | | | V_R (km/h) 34,44 |
| 4. | | | |
| 5. | | | |
| 6. | | | |
| 7. | | | |
| 8. | | | V_M (m/s) 15,40 |
| 9. | | | V_M (km/h) 55,45 |
| 10. | | | |
| 11. | | | |
| 12. | | | |
| 13. | | | |
| 14. | | | |
| Σ | 26,16 | 42,90 | |

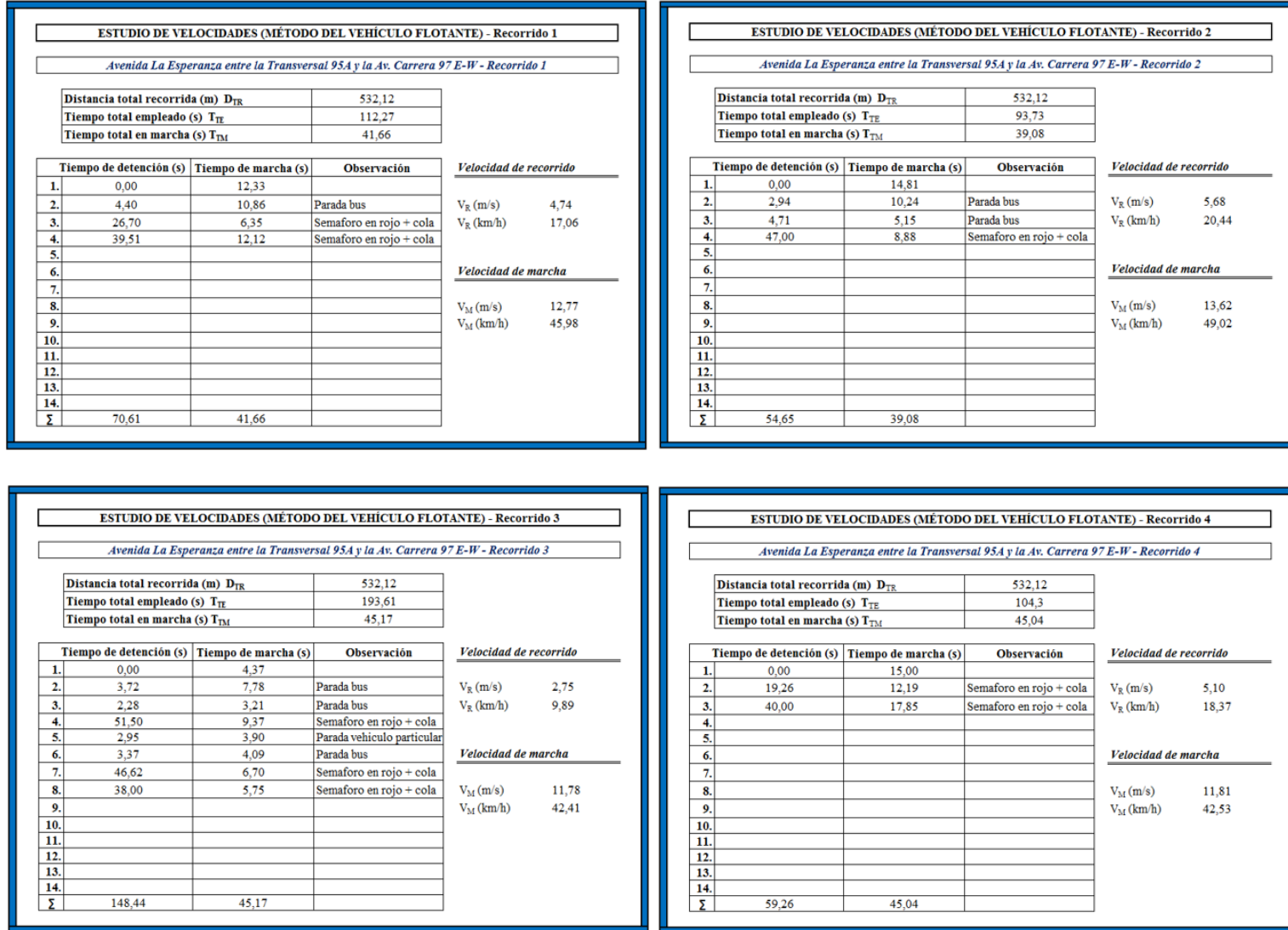
| ESTUDIO DE VELOCIDADES (MÉTODO DEL VEHÍCULO FLOTANTE) | | |
|---|--------------|--------------|
| Avenida La Esperanza entre la Av. Carrera 86 y la Transversal 95A E-W | | |
| Recorridos | V_R (km/h) | V_M (km/h) |
| 1 | 30,54 | 53,19 |
| 2 | 31,93 | 60,05 |
| 3 | 32,24 | 61,85 |
| 4 | 48,18 | 48,18 |
| 5 | 34,44 | 55,45 |
| Velocidad media | 35,46 | 55,74 |

Figura 80. Elaboración propia.

- ❖ Se observa baja interferencia de paradas por parte de autobuses TPC y en general, la única afectación relevante es la fase semafórica, y de igual forma, su interferencia con los flujos vehiculares es mínima. Lo que permite un flujo estable, sin colas ni demoras importantes.
- ❖ Como se evidencio en el punto anterior, sobre la Avenida La Esperanza hacia el occidente se presentan mejores condiciones de operatividad dado que carga con un volumen vehicular menor. Además, es importante tener presente que esta fase semafórica es solo para el paso peatonal, por lo que maneja tiempos cortos en comparación a los semáforos de la Avenida Carrera 97 y la Avenida Ciudad de Cali, donde el tiempo total del ciclo semafórico es de 120 segundos.
- ❖ Al contrastar las velocidades de recorrido y de marcha que se obtuvieron en ambos sentidos viales, se observa que ambos corredores operan con buena velocidad, por encima de los 20km/hr. Esto demuestra eficacia en el control del tránsito, ya que la interferencia con la fase semafórica no es de relevancia, además es una fase necesaria, ya que si no existiera, los volúmenes llegarían a la fase directa de la Avenida Ciudad de Cali o la Avenida Carrera 97, lo que colmataría la operación teniendo en cuenta que actualmente se encuentran con un nivel de servicio F, por encima de los 60 s/veh.

Avenida La Esperanza entre Transversal 95A y Carrera 97 - sentido oriente occidente:

Figura 81. Avenida La Esperanza entre Transversal 95A y Carrera 97 - sentido oriente occidente.



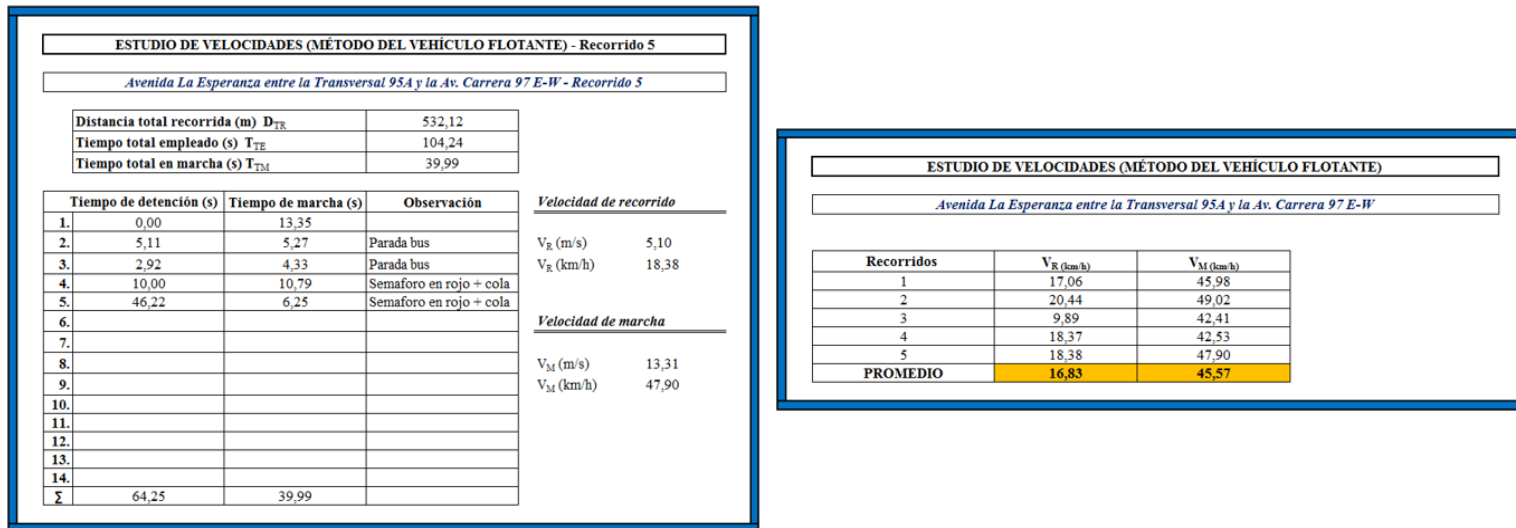


Figura 81. Elaboración propia.

- ❖ Como se ha venido mencionando para los puntos anteriores, en sentido oriente occidente se moviliza menor cantidad de vehículos que en el sentido opuesto, relacionado con los polos atractores y generadores de viajes en la HMD, ubicados hacia el Centro y Norte de la ciudad. No obstante, no deja de transportar un volumen significativo, por encima de 1200 veh-mixtos/hora; pese a esto, la velocidad media de recorrido es buena considerando la interferencia con la fase semafórica de giro izquierdo y directo.
- ❖ Se observa baja interferencia de paradas por parte de autobuses TPC y en general, la única afectación relevante es la fase semafórica de giro izquierdo y directo. Sin embargo, el recorrido 3 muestra que el vehículo estuvo en cola durante 3 ciclos

seguidos, y en el resto de recorridos, durante 2 ciclos mínimo, lo que demuestra una baja eficiencia en el sistema de control al no poder evacuar la carga vehicular en tiempos cortos, no solo para el acceso oriental, ya que ocurre lo mismo para el acceso occidental, pues manejan aproximadamente los mismos tiempos y su variación radica en el flujo vehicular que carga cada corredor en la hora de máxima demanda HMD.

11 Modelación

A partir del procesamiento y el análisis de la información tomada en campo, se realizó una micro simulación de la red vial en estudio mediante el software Ptv Vissim 8, utilizando el módulo de asignación estático. Este software permite modelar de manera precisa las características principales de operación y de infraestructura vial en cuanto al número de carriles, su ancho, sentidos viales, longitud, áreas de conflicto, reducciones de velocidad, el comportamiento de los conductores, la velocidad de operación y su composición vehicular. A continuación, se presentan los pasos que se tomaron para llevar a cabo la modelación:

1. Modelación de la geometría:

Figura 82. Modelación de la infraestructura vial en Ptv Vissim v.8.0.

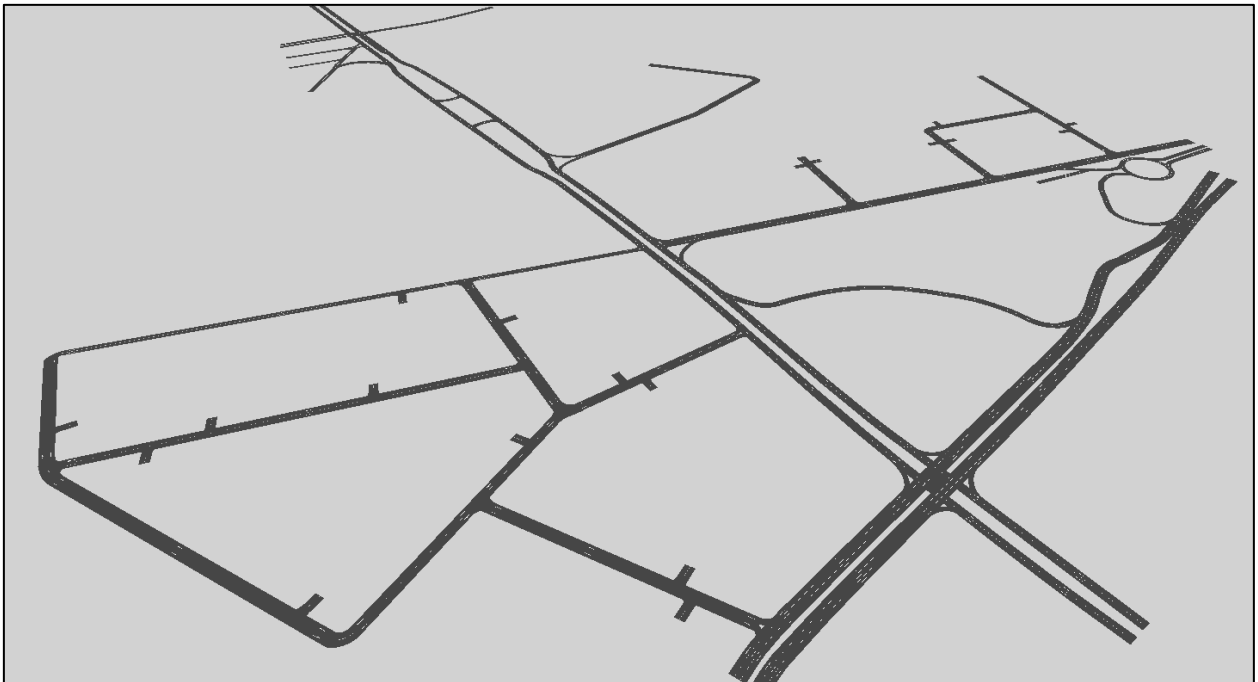


Figura 82. Elaboración propia en Ptv Vissim.

La simulación en el software comprende el área de influencia sobre el corredor vial de la Avenida La Esperanza, entre la Avenida Carrera 97 y la Avenida Ciudad de Cali, entre la Calle 25D hasta la Calle 22D.

Para el modelo se traza la red vial por donde circulan los vehículos. La creación de la red tiene en cuenta el número de carriles y el ancho para cada una de las vías modeladas. Se crean los corredores viales con la herramienta *links* y con la herramienta *connectors* se generan las uniones entre los *links* en las intersecciones o en los cambios de sección de las vías.

A continuación, se muestran las herramientas del programa Vissim 8.0 para definir la red.

- ❖ Nombre de las vías y codificación de los *links*, número de carriles de los corredores viales, ancho de los carriles, y cambios de sección transversal a proximidades de las intersecciones.
- ❖ Movimientos permitidos en las intersecciones que se definen a través de los *conectores*.
- ❖ Definición y codificación de los *nodos* que corresponden a puntos de confluencia de dos o más vías.
- ❖ En los lugares en los que confluyen dos o más flujos, el programa establece áreas de conflicto en las que se requiere establecer las prioridades correspondientes.
- ❖ Reducciones de velocidad por trazado geométrico, por límite de velocidad en la vía o por condiciones especiales que llevan a una disminución en la velocidad de circulación de los vehículos.

En la Figura 83 se muestran las herramientas utilizadas para la creación de la red vial en estudio. Por una parte, los reductores de velocidad se muestran como una franja o sección de contorno amarillo que induce al usuario a reducir su velocidad. Las áreas de conflicto definen las prioridades de circulación en la vía, en verde, el usuario tiene la prioridad, en rojo, viceversa y ambos corredores en rojo, si ningún usuario tiene prioridad, avanza quien tome la vía primero.

Figura 83. Herramientas de modelación de la red vial.

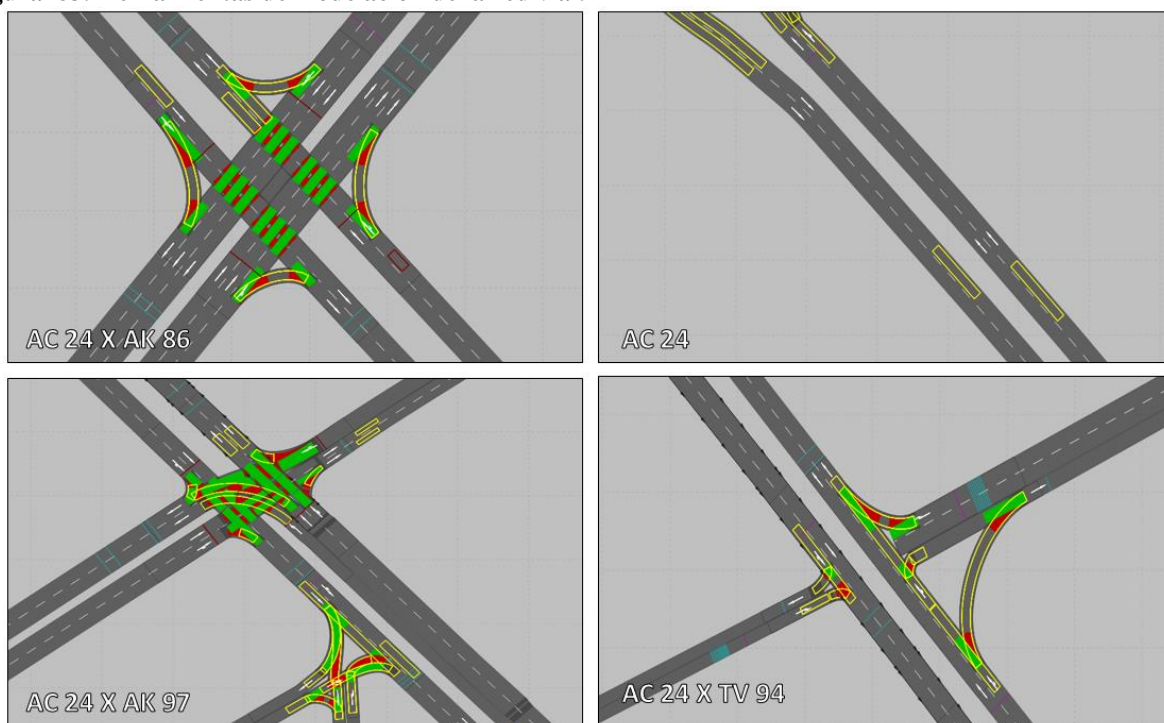


Figura 83. Elaboración propia en Ptv Vissim.

2. Asignación de los volúmenes vehiculares en las vías de acceso:

El modelo se alimentó con los datos correspondientes al de los aforos realizados en puntos mencionados anteriormente. El modelo de simulación se realizó para la hora de máxima demanda que corresponde a la hora con mayores volúmenes vehiculares observados en el área de

estudio. Al verificar el máximo volumen horario para cada intersección se encontraron diferentes periodos pico dependiendo de la vía y de los accesos. Por ello se siguió un procedimiento para determinar la hora pico del área de influencia, que se describe a continuación:

1. Cálculo de los vehículos mixtos cada 15 minutos. El total de vehículos mixtos es el resultado de sumar todas las observaciones (motos, autos, taxis, buses, camiones y bicicletas) para cada intersección.
2. El cálculo de los volúmenes horarios a partir de la suma de los totales de vehículos mixtos de los periodos de 15 minutos para todas las intersecciones.
3. La identificación del máximo volumen horario total. Este periodo corresponde a la hora pico de la red.
4. Se obtuvo que el volumen máximo horario tiene lugar entre las **6:45 y las 7:45**. En la simulación, a la hora de máxima demanda se adicionó un periodo de 15 minutos al inicio con el objetivo que el modelo cuente con un periodo de “precarga” y con ello la evaluación se realice bajo condiciones normales en las que los vehículos se encuentran en movimiento.
5. Con lo anterior, se asignan los volúmenes vehiculares en las vías de acceso del modelo. Para asegurar que el volumen de salida en una intersección sea igual al volumen de entrada de la siguiente intersección se realiza un proceso de balanceo de volúmenes. A continuación, se muestra la tabla resumen de los volúmenes en las vías de acceso del modelo.

Cuadro 25. Flujos vehiculares aforados en la HMD.

| MOVIMIENTO VEHICULAR AFORADO HMD - 6:45 - 7:45 | FLUJO AFORADO |
|---|---------------|
| KR 97 - KR 97 (MOV 2) | 1.037 |
| KR 97 - CL 24 (MOV 9(2)) | 197 |
| KR 97 - KR 97 (MOV 1) | 217 |
| CL 24 - CL 24 (MOV 4) | 555 |
| CL 24 - CL 24 (MOV 3) | 1.453 |

| MOVIMIENTO VEHICULAR AFORADO HMD - 6:45 - 7:45 | FLUJO AFORADO |
|---|---------------|
| CL 24 - KR 97 (MOV 9(3)) | 127 |
| CL 24 - KR 97 (MOV 8) | 599 |
| CL 24 - KR 97 (MOV 9(4)) | 218 |
| CL 24 - TV 94A (MOV 9(3)) | 13 |
| TV 94A - CL 24 (MOV 9(2)) | 220 |
| CL 24 - TV 94A (MOV 9(4)) | 56 |
| TV 94A - CL 24 (MOV 9(1)) | 202 |
| CL 24 - CL 24 (MOV 4) | 1.038 |
| CL 24 - CL 24 (MOV 3) | 1.845 |
| KR 86 - CL 24 (MOV 9(1)) | 49 |
| CL 24 - CL 24 (MOV 3) | 2.188 |
| CL 24 - CL 24 (MOV 4) | 963 |
| CL 24 - CL 24 (MOV 10(3)) | 12 |
| CL 24 - CL 24 (MOV 10(4)) | 153 |
| KR 96K - CL 24 (MOV 3) | 122 |
| KR 96K - DG 23K (MOV 9(3)) | 4 |
| DG 23K - CL 24 (MOV 9(4)) | 1 |
| CL 24 - KR 96K (MOV 9(1)) | 4 |
| DG 23K - DG 23K (MOV 4) | 4 |
| DG 23K - CL 24 (MOV 9(4)) | 13 |

Nota. Elaboración propia.

6. Por último, se realiza la asignación de la velocidad deseada para cada tipo de vehículo. En modelo de simulación, la velocidad deseada es la velocidad que un vehículo podría tomar cuando no existen condiciones de demora (Otros vehículos, semáforos, entre otros). Esta velocidad puede no considerar la reglamentación vigente de velocidades en los tramos, pues se ajusta a parámetros relacionados con el comportamiento del usuario en la red. Partiendo del límite de velocidad para área urbana, y del rango de variación establecido en el programa Vissim 8.0, se asignó para autos y motocicletas una velocidad deseada de 40 km/h, para buses y camiones una velocidad deseada de 30 km/h, en los buses considerando que con ello se logran valores comparables con el comportamiento real del bus, pues el modelo no permite simular las paradas de buses cómo funcionan en la actualidad (Ascenso y descenso de pasajeros en cualquier punto); esta velocidad se convierte en un parámetro teórico que

luego se ve afectado por diferentes componentes de la red como señales de tránsito, reductores de velocidad de acuerdo con el trazado geométrico y la interacción con otros usuarios del sistema.

3. Calibración de la simulación de tránsito

El programa Vissim 8.0 tiene la capacidad de alterar el comportamiento de los vehículos con el fin de simular mejor la realidad. Para ello, se basa en tres modelos de comportamiento del usuario. (1) Modelo de seguimiento, (2) modelo de cambio de carril, y (3) modelo de comportamiento lateral. Para cada simulación se modifican los parámetros con el fin de calibrar el modelo. Por ende, no existe ningún modelo con los mismos parámetros de comportamiento. Sin embargo, para lograr el comportamiento de las motocicletas se modificó el comportamiento lateral de los vehículos. En primer lugar, se optó por una posición cualquiera en flujo libre. Es decir, el vehículo puede andar a la derecha, a la izquierda o por la mitad del carril. Por defecto, en Vissim 8.0 los vehículos siempre circulan por la mitad del carril. Adicionalmente, se modificó el comportamiento para realizar el sobrepaso de vehículos. Para las motocicletas se definió que podían realizar sobrepaso por la derecha e izquierda del vehículo a sobrepasar. Para simular mejor este comportamiento, también se modificó la distancia lateral mínima que existe entre la motocicleta y el vehículo que se está adelantando cuando están en movimiento o detenidos. Una vez calibrado el comportamiento de los usuarios en el modelo, en especial el relacionado con los vehículos tipo motocicleta, se procedió a la calibración por volúmenes. Para ello, en el software es necesario establecer nodos de calibración en puntos estratégicos de la red vial, mediante los cuales se evalúan los flujos vehiculares direccionales que allí circulan,

asociados al volumen aforado en campo. Para este estudio, se establecieron los nodos en las intersecciones donde se llevaron a cabo los aforos, como se presenta a continuación:

Figura 84. Nodos de calibración del modelo.

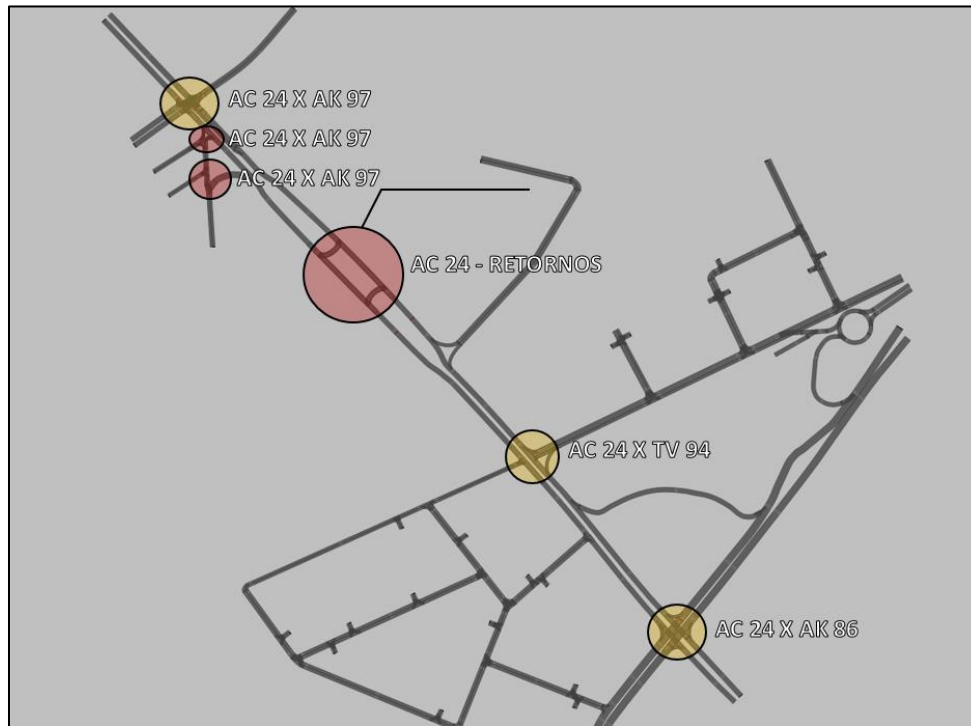


Figura 84. Elaboración propia en Ptv Vissim.

La calibración por volúmenes vehiculares se realiza con el fin de comprobar que el flujo que entra en un punto de la red sale en la siguiente corriente vehicular. Para ello se comparan los volúmenes del modelo con los volúmenes aforados durante la hora de máxima demanda. Para esta comparación se utiliza el índice estadístico GEH, que es una ecuación estadística que permite tener en cuenta la magnitud de las diferencias, debido a que, si se realiza una comparación porcentual, no se tienen en cuenta las diferencias reales, en cuanto a que el porcentaje es el mismo de 1 a 2 que de 1000 a 2000, siendo la segunda diferencia más crítica que la primera. El estadístico GEH se calcula como: