

CAPÍTULO II

SITUACIÓN ACTUAL Y SIN PROYECTO

2.1 Localización geográfica

La zona metropolitana de Colima-Villa de Álvarez se localiza al norte y oriente del Estado, se comunica al norte por la carretera federal 054 Colima-Guadalajara, al sur por la 110 Colima Manzanillo y al poniente por las carreteras estatales a los municipios de Comala, Coquimatlán y Minatitlán, como se puede ver en la figura 2.1.

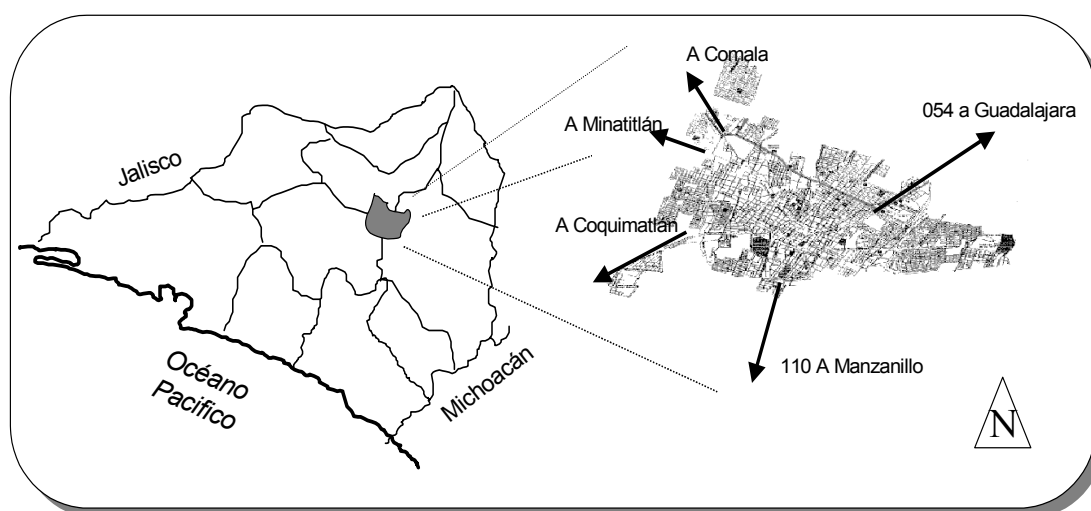


Figura 2.1 Localización de la Zona Metropolitana

El 2º circuito de circunvalación (que constituye la vía principal a la cual serviría de alternativa el 3er circuito) está comprendido por las avenidas Benito Juárez al poniente, y al norte por la avenida que toma los nombres de María Ahumada, Tecnológico, Felipe Sevilla del Río y Gonzalo de Sandoval, en sentido poniente oriente. Para efectos de la evaluación, a la parte norte se le denominará “Felipe Sevilla”. Lo anterior se puede apreciar en la figura 2.2.

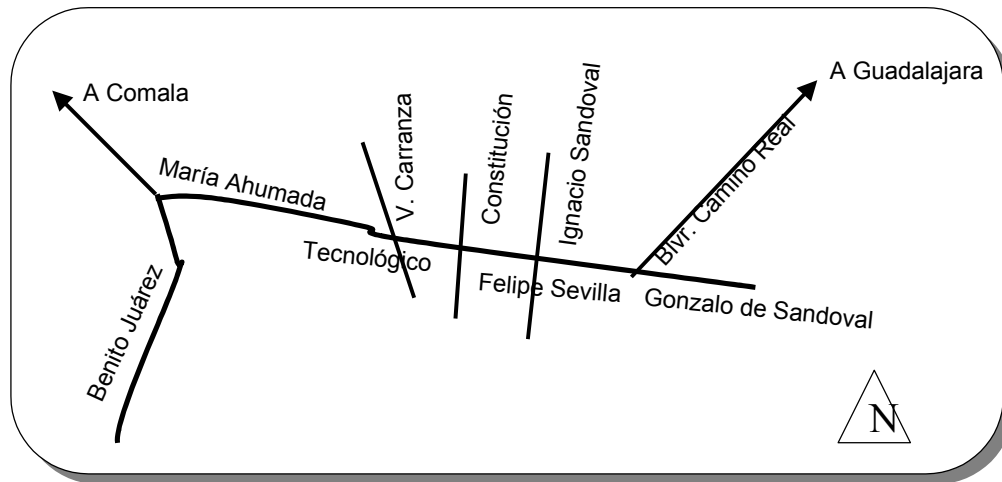


Figura 2.2 2º circuito

2.2 Área de influencia

2.2.1 Encuesta origen-destino

El área de influencia de un proyecto de vialidad urbana corresponde a las rutas que los vehículos utilizan para trasladarse entre distintas zonas de origen-destino. Para definir estas rutas y el número de vehículos que las seguiría al año, se debe contar con una encuesta origen-destino.

En la presente evaluación se utilizó la encuesta origen-destino realizada en noviembre de 1997 por la empresa civil consultora en tres estaciones maestras en forma simultánea, en un día hábil⁵. La encuesta inició a las 7:30 y finalizó a las 19:00 hrs., lográndose encuestar a un 20% aproximadamente del número de vehículos observado ese mismo día.

Las estaciones maestras en donde se realizó la encuesta fueron las siguientes y se muestran en la figura 2.3:

- a) Estación Camino Real: ubicada sobre el bulevar Camino Real, frente a la Secretaría de Desarrollo Urbano.
- b) Estación Comala: ubicada en la carretera a Comala, entre la Glorieta de la Diosa del Agua y la calle Héctor Dueñas.
- c) Estación Coquimatlán: ubicada en el cruce de la carretera a Coquimatlán con la Av. Benito Juárez.

5 A.G. Consultores en Ingeniería Civil, noviembre 1997, en total, la empresa consultora realizó 6,519 encuestas en las tres estaciones maestras. Las matrices origen destino que se utilizaron se pueden consultar en el anexo 1.

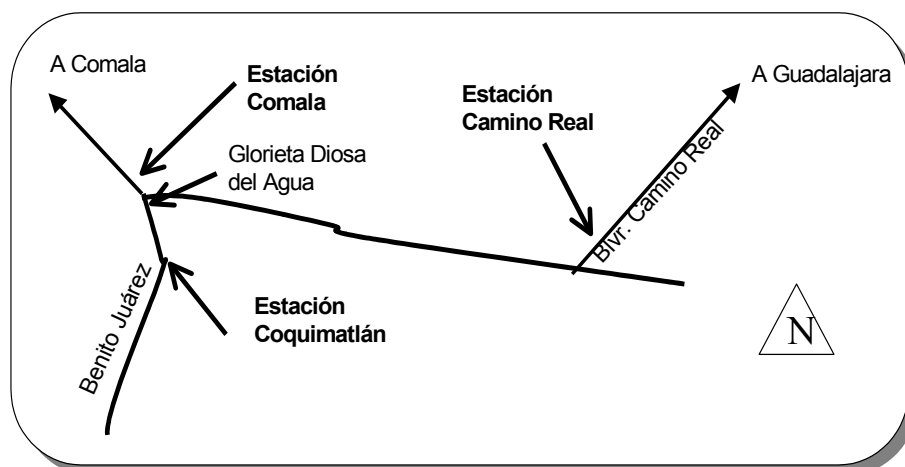


Figura 2.3 Estaciones maestras de encuesta origen-destino

Para efectos de la evaluación de la parte norte del 3er circuito, se identificaron los viajes que debido a su origen-destino, estarían en posibilidad de cambiar su ruta hacia la del proyecto. En el anexo 2 se presenta el tránsito promedio que, en un día típico, viaja entre la zona nor-oriente y nor-poniente de la Ciudad, principalmente.

2.2.2 Zonificación

Los viajes realizados entre distintas zonas, que potencialmente cambiarían su ruta utilizando el 3er circuito cuando éste se construyese, representan la demanda relevante para la evaluación. Para definir las rutas que recorren los vehículos que realizan dichos viajes, se realizó una zonificación del área de influencia.

La zonificación realizada por el equipo evaluador agrupa un conjunto de orígenes o destinos en 14 zonas representativas. Las principales colonias de las 14 zonas se presentan en el cuadro 2.1.

La característica principal de cada zona es que los vehículos que entren o salgan de ella y que se dirigen hacia otra de las zonas definidas, lo hacen por la misma vía. Los flujos vehiculares que son candidatos a ser incorporados en la evaluación, según orígenes y destinos de la encuesta se pueden consultar en el anexo 2. La localización de cada una de las zonas mencionadas anteriormente se muestran en la figura 2.4.

Cuadro 2.1 Zonificación

Zona	Origen o Destino
A	Cuauhtémoc, Zona Norte, Jalisco
B	Comala, Zona norte de Comala
C	El Diezmo
D	Burócratas, Prados de la Villa, Campestre
E	Villa Ixcalli
F	V. Bonfill, Primavera, Senderos del Carmen, Jardines de Bugambilias, Lomas de la Higuera
G	Arboledas del Carmen
H	E. Zapata, Juan José Ríos
I	Zona Centro de Villa de Álvarez, San Isidro, Villas Colimán, Villas del Río, Placetas Estadio, López Mateos Morelos, Villas del Centro
J	Lomas de Vista hermosa, Lomas Circunvalación, Jardines de las Lomas, Las Víboras, San Pablo
K	Revolución, Josefa Ortiz de Domínguez, Vicente Guerrero, San Rafael
L	Universidad Autónoma de Colima
M	Coquimatlán, Rancho de Villa, Zona sur de Coquimatlán
N	Chivato

Fuente: Elaboración propia con base en encuesta origen-destino.

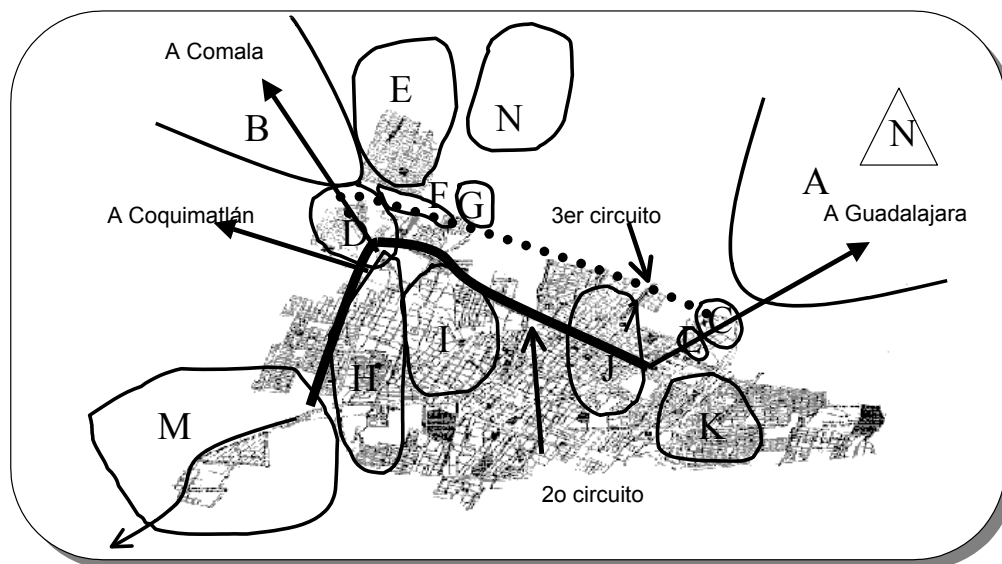


Figura 2.4 Zonificación

2.3 Oferta

2.3.1 Rutas relevantes

Para viajar de una zona de origen a otra de destino, los vehículos siguen actualmente determinada ruta. Con base en las zonas definidas anteriormente, se determinaron 27 rutas relevantes, 12 para la dirección oriente poniente (O-P) que se muestran en el cuadro 2.2 y 15 para la dirección poniente oriente (P-O), que se muestran en el cuadro 2.3.

Cuadro 2.2 Rutas con dirección O-P

Ruta	Zona(s) de origen	Zona(s) de destino	Ruta	Zona(s) de origen	Zona(s) de destino
I	N	B	VII	A	E
II	A	D, F, H, M	VIII	L	B
III	A	B	IX	C	B
IV	A	I	X	C	E
V	C	D, M	XI	C	F, H
VI	J, K	B	XII	C	G

Fuente: Elaboración propia con base en encuesta origen destino y trabajo de campo. Detalle en anexo 2.

Cuadro 2.3 Rutas con dirección P-O

Ruta	Zona(s) de origen	Zona(s) de destino	Ruta	Zona(s) de origen	Zona(s) de destino
I	D, M, F	A	IX	D	G
II	B	A	X	D	L
III	I	A	XI	E	C
IV	B	C	XII	E	J, K
V	B	J, K	XIII	E	L
VI	E	A	XIV	F	B
VII	B	L	XV	F	L
VIII	D, F	C			

Fuente: Elaboración propia con base en encuesta origen destino y trabajo de campo. Detalle en anexo 2.

2.3.2 Red vial relevante

A partir de las rutas definidas en el acápite anterior, se delimitó la red vial relevante del proyecto. Esta se define como el conjunto de vías que serán afectadas por el proyecto, tanto en el volumen de sus flujos vehiculares, como en los CGV⁶ de los vehículos que transitan por ellas.

La red vial relevante para el proyecto se puede observar en la figura 2.5 con líneas punteadas y está formada por el 2º circuito en el tramo comprendido entre las carreteras a Guadalajara y Comala, que es la principal alternativa al proyecto; y por dos avenidas que lo cruzan y que actualmente llegan hasta donde pasaría el 3er circuito (líneas de alta tensión). Estas avenidas son la carretera al Chivato y la Ayuntamiento, que en la situación con proyecto funcionarían como vías complementarias al tramo en estudio. En el cuadro 2.4 se muestran las características físicas de esta red.

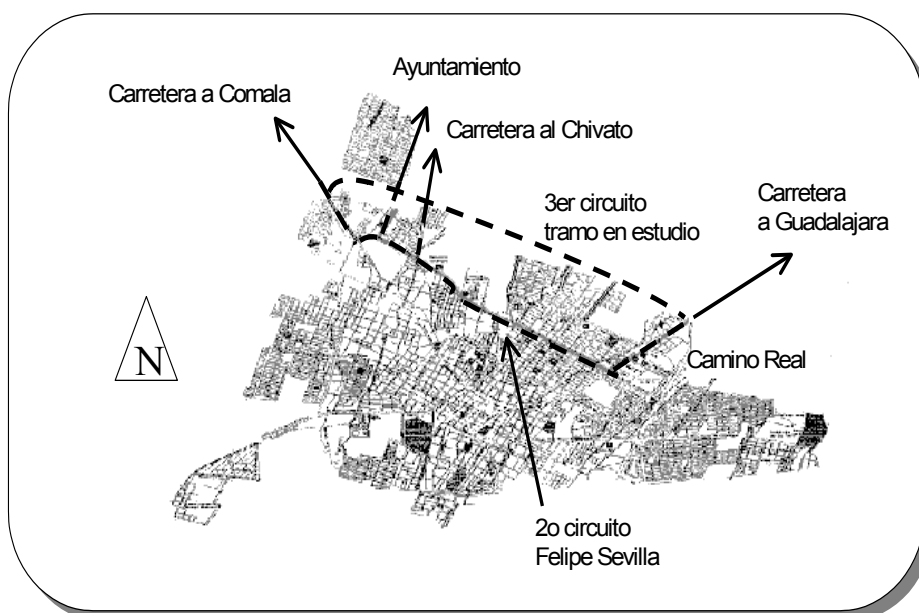


Figura 2.5 Red vial relevante

6 Los costos generalizados de viaje (CGV) son todos aquellos costos de operación vehicular y de tiempo de transporte en que incurren las personas o carga que realizan determinado recorrido. En el mercado de transporte, corresponden al precio del bien.

Cuadro 2.4 Características de la red vial relevante

Nombre de la vialidad	Número de carriles	Longitud* kms	Dirección	Tipo de carpeta de rodado
Camino Real	4	1.63	N-S-N	Asfalto
Chivato	2	0.6	N-S-N	Asfalto
Comala	2	1.18	N-S-N	Asfalto
Ayuntamiento	2	1.1	N-S-N	Asfalto
Felipe Sevilla	4	4.751	O-P-O	Asfalto

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo.

A continuación se hace una breve descripción de las características de la red vial relevante.

- a) Bulevar Camino Real: Es la vía de entrada a la ciudad de Colima para los vehículos que llegan de Guadalajara, tiene dos carriles por sentido y dos semáforos, uno en el cruce con Felipe Sevilla y el otro a la altura de la Universidad de Colima. El semáforo localizado en el cruce con Felipe Sevilla tiene 4 fases en un ciclo de 78 segundos. En el recorrido de campo que realizó el equipo no se observaron problemas “graves” de congestión, sin embargo el cruce con Felipe Sevilla, a determinadas horas del día, si presenta “elevados” niveles de congestionamiento.
- b) Carretera al Chivato: Es la vía de acceso principal entre la Ciudad y el Chivato, no presenta semáforo en su intersección con Felipe Sevilla, y en las cercanías con esta misma avenida tiene características urbanas, alojando a comercios y viviendas; sin embargo, al alejarse de la ciudad se va convirtiendo en vialidad interurbana.
- c) Carretera a Comala: Es la vialidad que une la zona conurbada Colima Villa de Álvarez con la cabecera municipal de Comala. Se une a Felipe Sevilla por medio de la Glorieta Diosa del Agua, y en el tramo comprendido entre esta glorieta y las líneas de alta tensión (lugar por donde pasaría el 3er circuito), se localizan algunas viviendas.
- d) Avenida Ayuntamiento: Es una vialidad de dos sentidos que comunica principalmente a la colonia Villa Ixcalli con la Ciudad de Colima, pasando por otras colonias como Alfredo Bonfill y Primavera. En el cruce con Felipe Sevilla tiene un semáforo de tres fases en un ciclo de 70 segundos.

- e) Avenida Felipe Sevilla: A lo largo de ella se localizan diversos comercios, casas habitación, terrenos baldíos y bancos. Es la vía principal para llegar a dos colegios cercanos, y en horas de entrada y salida de los niños, la mayoría de los vehículos que se dirigen a ellas circulan por la misma, por lo que se observan problemas vehiculares que se agravan debido a que está permitido el estacionamiento en los carriles laterales derechos en ambos sentidos de la avenida.

En cuanto a los cruceros de la avenida, se observó que los 5 semáforos existentes no están sincronizados de manera que permitan el flujo continuo de un grupo de vehículos a lo largo de la avenida. No existen bayonetas en todos los cruceros y en algunas ocasiones, el largo de las mismas es insuficiente, haciendo que los vehículos que están en fila para dar la vuelta, obstaculicen el tránsito por la avenida.

El objetivo principal del 3er circuito es servir de alternativa a los vehículos que actualmente transitan por la Av. Felipe Sevilla, ya que en su tramo norte, está trazado de forma paralela a dicha avenida. El motivo aparente por el que surge la necesidad de construir un tercer circuito es resolver los problemas viales que se presentan a lo largo de Felipe Sevilla. Además, las calles que corren paralelas a ésta podrían servir de alternativa, sin embargo, en las visitas de campo se constató que la mayoría de ellas tienen superficie empedrada, lo que dificulta que sean verdaderas alternativas por sus elevados CGV, tanto hacia el norte como hacia el sur.

2.4 Demanda

En proyectos de vialidades urbanas, la demanda está constituida por el flujo vehicular que desea viajar de un origen a un destino, y que por ello circula o podría circular por la vialidad en cuestión. Los diferentes tipos de vehículos que transitan por cierta vía durante un día componen el TPDA de la misma.

2.4.1 Flujos vehiculares

Para medir el TPDA en la Av. Felipe Sevilla, AG consultores realizó aforos durante las 24 hrs. de los 7 días de la semana, del 4 al 10 de noviembre de 1997, en el tramo comprendido entre las calles Camino Real e Ignacio Sandoval, según se muestra en la figura 2.6.

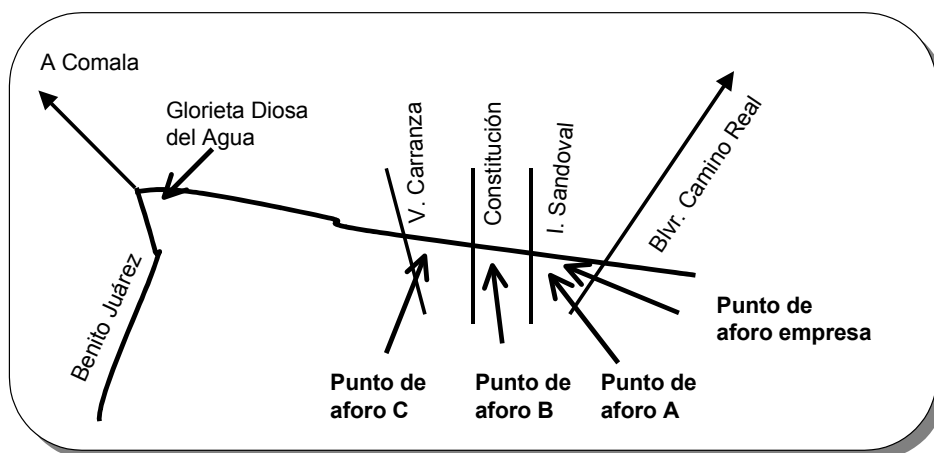


Figura 2.6 Puntos de aforo

Los resultados de los aforos por sentido y su total se presentan en el cuadro 2.5, donde se observa que la avenida Felipe Sevilla es una vía con flujos de hasta 31,073 vehículos diarios en promedio.

Cuadro 2.5 Aforos de 24 hrs. en la avenida Felipe Sevilla

	Poniente-Oriente	Oriente-Poniente	Total
Máximo	15,641	16,190	31,073
Mínimo	12,554	12,305	24,859
Promedio	14,620	14,918	29,538

Fuente: Proyecto Ejecutivo del 3er Anillo de Circunvalación, Estudio de Ingeniería de Tránsito, A.G Consultores en Ingeniería Civil.

Como se puede observar en la figura 2.6, la avenida Felipe Sevilla presenta varias intersecciones con vialidades que tienen distinto nivel de demanda a lo largo del día. Por ello y debido a que la medición del flujo vehicular realizada en un tramo de la avenida no considera el tránsito que se incorpora o desincorpora más adelante, el equipo evaluador completó aforos de 14 hrs., de las (7:00 a las 21:00) en distintos puntos del 2º circuito en su parte norte⁷. Los puntos de aforos realizados por el equipo evaluador se muestran en la figura 2.6 y los resultados de estos aforos, en el cuadro 2.6.

7

Se completaron aforos durante los días viernes 8, lunes 11 y martes 12 de mayo de 1998. Los aforos realizados por el equipo evaluador pueden consultarse en el anexo 3.

Cuadro 2.6 Aforos de 14 hrs en distintos puntos de Felipe Sevilla

Punto de aforo	O-P	P-O	Total
A	13,305	13,381	26,686
B	14,420	14,548	28,968
C	11,108	12,608	23,716
D ¹	12,593	12,320	24,913

Fuente: Elaboración propia basada en trabajo de campo. Detalle en anexo 3.

^{1/} Aforo promedio para día entre semana, empresa consultora (7:00 a 21:00)

Para el tramo de Felipe Sevilla que va más allá del punto C (gráfica 2.6) el aforo se realizó en día sábado, de las 7:00 a las 14:00, registrando 4,075 vehículos en circulación para el sentido oriente poniente y 3,986 para el poniente oriente. Este flujo es menor al de los tramos aforados en día de semana en el mismo horario. De esta manera se constató que el tramo que va de la Av. V. Carranza hasta la Glorieta Diosa del Agua no presenta un flujo vehicular mayor al de los otros tres tramos aforados.

De lo anterior se puede concluir lo siguiente:

- i) En general, el tramo con menor aforo es el que va desde la Av. V. Carranza hasta la glorieta Diosa del Agua, ya que aunque presente entradas y salidas, el flujo vehicular es constante. Es así como este es el tramo con menos problemas vehiculares. El tramo con mayor aforo es el B, es decir, el que va desde la Av. Ignacio Sandoval hasta Constitución.
- ii) La feria regional, llevada a cabo en el mes de noviembre, no tiene impacto significativo en el flujo vehicular por Felipe Sevilla ya que los aforos que la empresa realizó durante ese mismo mes no son diferentes de manera significativa a los aforos realizados por el equipo evaluador.

Durante el trabajo de conteos vehiculares, el equipo evaluador identificó los tipos de vehículos que transitaban y el número de personas que viajaban en cada uno de ellos, con el objeto de determinar el índice de ocupación por tipo de vehículo y la composición vehicular en la avenida Felipe Sevilla, que se muestran en el cuadro 2.7.

Cuadro 2.7 Composición vehicular e índice de ocupación Av. Felipe Sevilla

	Auto	Autobús y Micro	Camión
Índice de ocupación (pers./veh.)	1.73	21.9	2.21

Composición del flujo vehicular (%)	90%	3%	7%
-------------------------------------	-----	----	----

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo.

2.4.2 Determinación de los niveles de congestión

La congestión vehicular se define como una situación en la que los vehículos circulan a una velocidad menor de la que desearían hacerlo por la vía en cuestión, dentro de los límites establecidos por la autoridad vial correspondiente⁸. La congestión se provoca debido a los aumentos en los flujos vehiculares durante un período de tiempo, en el que se rebasa la capacidad de la vía.

En términos prácticos, para definir si en determinada vía existe congestión, se calcula el número de vehículos equivalentes (a un auto promedio) que circula por ella y se compara con la capacidad de la vía, que depende del número de carriles. Así, el objetivo de estimar vehículos equivalentes es convertir a los autos, camiones y micros en una misma unidad de medida.

A partir de los aforos realizados en periodos de 15 minutos, se determinaron las horas de máxima demanda en los tres puntos de aforo para los dos sentidos de la Avenida Felipe Sevilla. De acuerdo a la composición vehicular en esa vía, se determinó el número de vehículos equivalentes ligeros que circulan por ella, tomando en cuenta que en terreno plano un microbús equivale a 2 autos y los camiones a 2.5⁹. Los resultados para cada uno de los puntos de aforo se muestran en el cuadro 2.8.

Cuadro 2.8 Flujos vehiculares en Av. Felipe Sevilla en hora de máxima demanda (vehículos equivalentes)

Sentido	Punto de aforo		
	A	B	C
Oriente-Poniente	1,409	1,497	1,331
Poniente-Oriente	1,290	1,481	1,343

Fuente: Elaboración propia con base aforos en campo y Manual de Capacidad de Carreteras.

De acuerdo con el Manual de Capacidad de Carreteras, la congestión en una vía de las dimensiones del 2° circuito empieza a

8 En el 2° circuito, el límite de velocidad para circular es de 40 Km/hr.

9 Manual de Capacidad de Carreteras (Highway Capacity Manual), Special Report 209, National Research Council, Washington D. C. 1985

ser significativa a partir de los 2,000 vehículos/hora/carril¹⁰. Si se considera que la Avenida Felipe Sevilla tiene 2 carriles por sentido, se puede concluir que no se presenta congestión significativa a lo largo de esta vía, para ambos sentidos de circulación en la situación actual, ni a lo largo del período de evaluación. El año en el que se rebasa la capacidad de la vía, considerando una tasa de crecimiento de 7% los primeros 4 años, de 5% los siguientes 4 y de 3% para los años siguientes, es el 2026.

2.4.3 Rutas de viaje

A partir del estudio origen-destino y de la red vial relevante, se identificaron rutas de viaje en la situación actual que podrían cambiar a raíz del proyecto. Para encontrar la distancia recorrida para las rutas relevantes, se dividió el recorrido a lo largo de la red vial relevante en 7 tramos, que aparecen en el cuadro 2.9.

Cuadro 2.9 Tramos definidos para las rutas de recorrido

Tramo	Ubicación
T1	Camino Real entre líneas de alta tensión y Felipe Sevilla
T2	Felipe Sevilla entre Camino Real y Carretera al Chivato
T3	Felipe Sevilla entre Carretera al Chivato y Ayuntamiento
T4	Felipe Sevilla entre Ayuntamiento y Glorieta Diosa del Agua
T5	Carretera a Comala entre Felipe Sevilla y líneas de alta tensión
T6	Ayuntamiento entre Felipe Sevilla y líneas de alta tensión
T7	Carretera al Chivato entre Felipe Sevilla y líneas de alta tensión

Fuente: Elaboración propia con base en encuesta origen-destino y trabajo de campo.

En el caso del sentido O-P se encontraron 12 rutas relevantes y para el sentido P-O, 18. La distancia que se recorre en cada una y los vehículos que recorren esa ruta se muestran en los cuadros 2.10 y 2.11, según sentido¹¹.

Cuadro 2.10 Recorridos en la situación actual sentido O-P (Kms.)

Ruta	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	total	Veh.
I	0	0	0.60	0.36	1.18	0	1.30	3.44	30

10 Manual de Capacidad de Carreteras (Highway Capacity Manual), Special Report 209, National Research Council, Washington D. C. 1985. P. 2-29 y 2-30.

11 Para no doble contabilizar vehículos que hubiesen sido encuestados dos veces en el mismo viaje (en dos estaciones diferentes, dado que la encuesta se hizo de manera simultánea) se excluyó el número menor de los vehículos que presentaron un mismo origen-destino, medido en estaciones diferentes. El detalle de la asignación se puede consultar en el Anexo IV.

II	1.63	3.79	0.60	0	0	0	0	6.02	493
III	1.63	3.79	0.60	0.36	1.18	0	0	7.56	53
IV	1.63	3.79	0	0	0	0	0	5.42	408
V	1.00	3.79	0	0	0	0	0	4.79	120
VI	0	3.79	0.60	0.36	1.18	0	0	5.93	326
VII	1.63	3.79	0.60	0	0	1.10	0	7.12	49
VIII	0.9	3.79	0.60	0.36	1.18	0	0	6.83	53
IX	1.00	3.79	0.60	0.36	1.18	0	0	6.93	77
X	1.00	3.79	0.60	0	0	1.10	0	6.49	77
XI	1.00	3.79	0.60	0	0	0	0	5.39	154
XII	1.00	3.79	0	0	0	0	0	4.79	3

Fuente: Elaboración propia basada en encuesta origen destino y trabajo en campo.

Cuadro 2.11 Recorridos en la situación actual sentido P-O (Kms.)

Ruta	T5	T4	T3	T2	T1	T6	Total	vehículos
I	0	0	0.60	3.79	1.63	0	6.02	279
II	1.18	0.36	0.60	3.79	1.63	0	7.56	79
III	0	0	0	3.79	1.63	0	5.42	110
IV	1.18	0.36	0.60	3.79	1	0	6.93	15
V	1.18	0.36	0.60	3.79	0	0	5.93	286
VI	0	0	0.60	3.79	1.63	1.10	7.12	71
VII	1.18	0.36	0.60	3.79	0.90	0	6.83	34
VIII	0	0	0.60	3.79	1.00	0	5.39	130
IX	0	0.36	0.60	0	0	0	0.96	7
X	0	0.36	0.60	3.79	0.90	0	5.65	113
XI	0	0	0.60	3.79	1.00	1.10	6.49	134
XII	0	0	0.60	3.79	0	1.10	5.49	75
XIII	0	0	0.60	3.79	0.90	1.10	6.39	34
XIV	1.18	0.36	0	0	0	0	1.54	97
XV	0	0	0.60	3.79	0.90	0	5.29	37

Fuente: Elaboración propia con base en encuesta origen destino y trabajo de campo.

Es importante aclarar que el flujo vehicular que aparece en los cuadros 2.10 (1,843 veh.) y 2.11 (1,501 veh.), es decir un total de 3,344 vehículos, no corresponde a los que se desviarán, ya que ello depende de los CGV que tengan en la situación con y sin proyecto.

2.5 Diagnóstico de la situación actual

A partir de la información presentada anteriormente, se pueden hacer las siguientes conclusiones respecto a la Av. Felipe Sevilla:

- No existe congestión a lo largo de esta avenida ya que no se ha rebasado su capacidad.
- Existen cruces problemáticos principalmente debido a la falta de bayonetas, lo que causa demoras ocasionadas por los vehículos que

dan vuelta a la izquierda, lo que aumenta el CGV, según las rutas de recorrido identificadas.

- iii) Los semáforos no están sincronizados, aumentando las demoras y con ello los CGV de los usuarios.
- iv) Se permite el estacionamiento, ocupando el carril lateral derecho de ambos sentidos y reduciendo con ello la capacidad de la vía (dejando sólo dos para circulación en cada sentido). Esta situación se complica cuando el transporte público utiliza otro carril adicional para el ascenso y descenso de pasajeros.

2.6 Optimización de la situación actual (s/p)

Las posibles optimizaciones de la situación actual que el grupo de trabajo identificó son las siguientes:

- i) Para incrementar la capacidad de operación de la vialidad es recomendable prohibir el estacionamiento en los acotamientos laterales a todo lo largo del vía mediante la instalación de señalamiento restrictivo, por lo menos en horas pico. Con esto se rescataría un carril por sentido para la circulación.
- ii) Adecuar las fases de los semáforos al flujo de vehículos actual dando preferencia al tráfico de la Av. Sevilla del Río y sincronizar la operación de los mismos. Esto permitirá agilizar el tráfico vehicular al incrementar la velocidad de recorrido en la Sevilla del Río.
- iii) Adecuar geométricamente los cruceros problemáticos, para incrementar la longitud de las bayonetas y así dar cabida a los autos que desean dar vuelta izquierda en los cruceros. Esta medida permitirá despejar el carril de alta velocidad al quitar a los vehículos que al pararse para dar vuelta izquierda obstruyen la circulación.
- iv) Prohibir las vueltas izquierdas en los cruceros que no tienen las características geométricas adecuadas para ello, mediante el uso de señales restrictivas de vuelta izquierda, pues al ejecutarse estas se entorpece el movimiento vehicular.
- v) Colocar huellas de rodamiento en las vialidades empedradas que podrían servir como una alternativa al 2º circuito.

2.7 Costos generalizados de viaje sin proyecto

Para calcular los CGV se utilizó el modelo VOC-MEX, el cual estima los costos de tiempo y de operación vehicular para cada tipo de vehículo, a partir de información correspondiente a características físicas y geométricas de la carretera, del tipo de vehículo y del usuario. Este modelo fue calibrado

con las velocidades observadas en terreno por tramo, sentido y tipo de vehículo¹².

2.7.1 Velocidades de circulación

La medición de la velocidad promedio para cada tramo, sentido y tipo de vehículo se realizó por medio del método de "vehículo flotante", en varios viajes, determinándose una velocidad promedio por tramo y sentido en horario con flujo vehicular medio. En el cuadro 2.12 se muestran dichas velocidades para los sentidos correspondientes.

Cuadro 2.12 Velocidades de circulación por tramos (Kms./hr.)

Tramo	Sentido	Auto	Micro	Camión
T1	NS	50	49	36
	SN	62	61	44
T2	OP	48	47	34
	PO	47	46	33
T3	OP	50	49	36
	PO	55	54	39
T4	OP	55	54	39
	PO	47	46	33
T5	NS	57	56	40
	SN	54	54	39
T6	NS	40	39	28
	SN	41	41	29
T7	NS	50	49	36
	SN	52	51	37

Fuente: Elaborado con información del trabajo de campo.

2.7.2 Costos de viaje en la situación sin proyecto

La situación sin proyecto se define como la situación actual optimizada, es decir la situación que se tiene actualmente pero incorporando las optimizaciones sugeridas por el equipo evaluador.

Para efectos de la presente evaluación se considera que las velocidades de circulación en la situación sin proyecto, son las medidas en terreno a horas de demanda media¹³. Además, se considera una situación con semáforos sincronizados, por lo que se supone que, en promedio, a cada vehículo le toca una luz roja por viaje a lo largo de Felipe Sevilla. Esto último aumentará los costos de viaje con respecto a los obtenidos con el modelo VOC-MEX, debido a que hay costos por combustible y tiempo adicionales.

12 Los CGV por tramo, vehículo y sentido se pueden consultar en el Anexo IV.

13 Las horas que pueden ser consideradas como de demanda media se muestran en el anexo 3.

Los costos de viaje para la situación sin proyecto incluyen los CGV estimados con el modelo VOC-MEX y el costo de combustible y tiempo por la espera en un semáforo. Los parámetros utilizados para calcular el consumo de combustible se muestran en el cuadro 2.13¹⁴.

Cuadro 2.13 Consumos de combustible en semáforo (lts.)

	Vehículos ligeros	Otros vehículos
Por frenado	0.0174	0.0916
Por espera (lts/seg)	0.000417	0.000683
Por arranque	0.0174	0.0916

Fuente: CEPEP, Evaluación Social del Proyecto de Descongestionamiento Vehicular en Actopan, Hidalgo.

Considerando un valor del tiempo de \$6.4 /hr, costo del combustible de \$3.05 /lt. y la duración del semáforo en rojo de 30 segundos, los costos por detención en un semáforo, tanto de combustible como de tiempo de espera, se presentan a continuación en el cuadro 2.14.

Cuadro 2.14 Costos por espera en semáforo

	Auto	Micro	Camión
Índice de ocupación (pers./veh.)	1.73	21.9	2.21
Costo detención en un semáforo (\$/veh./detención)	0.24	1.79	0.74

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo.

Los costos de viaje totales para cada tipo de vehículo se calcularon a partir del CGV por kilómetro en cada tramo de la red vial relevante, multiplicado por el número de kilómetros que recorren los vehículos en esos tramos, para todas las rutas definidas. A lo anterior se le sumó el costo por detención descrito anteriormente. Los CGV obtenidos a partir del VOC y los totales se muestran en el cuadro 2.15 para el sentido O-P y en el cuadro 2.16 para el sentido P-O. En el anexo 4 se presenta el detalle del cálculo.

14 Consultados en CEPEP, Evaluación Social del Proyecto de Descongestionamiento Vehicular en Actopan, Hidalgo.

Cuadro 2.15 Costos de viaje por ruta sin proyecto, sentido O-P (\$/veh/viaje)

Ruta	Auto	Micro	Camión
I	6.45	23.69	11.96
II	10.89	37.75	16.18
III	13.64	47.46	21.23
IV	9.82	34.13	14.52
V	8.75	30.58	13.08
VI	10.87	38.28	17.49
VII	13.16	46.15	20.27
VIII	12.40	43.35	19.56
IX	12.57	43.92	19.79
X	12.09	42.60	18.82
XI	9.82	34.21	14.73
XII	8.75	30.58	13.08

Fuente: Elaboración propia con base en corridas del modelo VOC-MEX.

Cuadro 2.16 Costos de viaje por ruta sin proyecto, sentido P-O (\$/veh./viaje).

Ruta	Total s/p auto	Total s/p micro	Total s/p camión
I	11.25	40.53	18.02
II	13.81	49.04	23.15
III	10.22	37.03	17.93
IV	12.73	45.22	21.15
V	11.01	39.15	17.98
VI	13.43	47.89	22.45
VII	12.56	44.61	20.83
VIII	10.17	36.71	17.58
IX	1.94	7.66	3.42
X	10.67	38.47	18.30
XI	12.35	44.07	20.45
XII	10.64	38.00	17.28
XIII	12.18	43.46	20.13
XIV	2.80	10.30	4.30
XV	10.00	36.10	17.27

Fuente: Elaboración propia con base en corridas del modelo VOC-MEX.