



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESTUDIO Y DISEÑO DE ALTERNATIVAS VIALES PARA MITIGAR LOS EFECTOS DE UN PROYECTO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO:

MAESTRO EN INGENIERÍA

P R E S E N T A:

ING. JOSÉ MANUEL ALEGRÍA PEÑA

DIRECTOR DE TESIS:

ING. LUIS ARMANDO DÍAZ INFANTE DE LA MORA



CD. UNIVERSITARIA, D.F., SEPTIEMBRE 2012

INTEGRANTES DEL JURADO

Cargo	Grado/Nombre	Entidad de Adscripción
Presidente	Ing. Ernesto René Mendoza Sánchez	Facultad de Ingeniería
Secretario	M.I. Marco Tulio Mendoza Rosas	Facultad de Ingeniería
Vocal	Ing. Luis Armando Díaz Infante de la Mora	Facultad de Ingeniería
1° Suplente	M.I. Enrique Samuel Dahlhaus Parkman	Facultad de Ingeniería
2° Suplente	M.I. Jesús Antonio Esteva Medina	Facultad de Ingeniería

Lugar donde se realizó la tesis:

CIUDAD DE MÉXICO, DISTRITO FEDERAL

DIRECTOR DE TESIS

ING. LUIS ARMANDO DÍAZ INFANTE DE LA MORA

FIRMA

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por la oportunidad de realizar estos estudios bajo el cobijo de todo lo que representa esta gran institución.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, porque sin sus programas y apoyo hubiera sido imposible la realización de estos estudios.

Al Ing. Luis Armando Díaz Infante de la Mora, por todo su apoyo y orientación para llevar a buen término este proyecto tan importante para mí.

Así mismo, agradezco a todos mis profesores porque sus conocimientos y experiencias, aunado a esa voluntad y vocación por la cátedra se han convertido en fuente de inspiración.

A mis padres y mi hermana, porque me han dado todo en la vida, gracias a ellos he llegado a ser la persona que soy ahora.

Y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron en la elaboración de este trabajo, y en mi formación, tanto social como para ser una mejor persona.

Índice

A. Antecedentes, objetivos y justificación.....	IV
A.1 Planteamiento del problema	IV
A.2 Línea y área de la investigación	IV
A.3 Palabras clave.....	IV
A.4 Alcance	V
A.5 Objetivo de la Tesis	V
A.6. Hipótesis	VI
A.7 Descripción de la metodología a seguir y el mecanismo de comprobación a utilizar .	VII
A.8 Utilidad de la tesis	VII
Introducción	VIII
1. Antecedentes de urbanismo y desarrollo de infraestructura de la República Mexicana .	1
1.1 Asentamientos Humanos en México	1
1.2 Políticas de desarrollo urbano actuales.....	5
1.2.1 El Distrito Federal, el área urbana de la Ciudad de México y su zona metropolitana	5
1.2.2 Legislación.....	9
2. Situación de la infraestructura y movilidad en la Ciudad de México	14
2.1 La infraestructura en la Ciudad de México	14
2.2 Proyectos de infraestructura por construir.....	25
3. Propuesta de metodología para la determinación de requerimientos de capacidad en las vías alternas propuestas	29
3.1 Características y propiedades del diseño geométrico	29
3.1.1 Análisis de las ventajas del cierre temporal de las intersecciones no prioritarias	34
3.2 Estudio de las acciones de respuesta y sus efectos	35
4. Estudio de caso: Autopista Urbana Norte	41
4.1 Características del proyecto a evaluar	41
4.2 Descripción y características al momento de elaboración del proyecto.....	45
4.3 Análisis de las alternativas posibles y requerimientos adicionales	46
4.4 Propuesta de modificaciones necesarias	50
4.5 Programa de implementación de las soluciones	56
4.6 Medidas de información para el usuario y desvíos.....	56
5. Seguimiento y análisis de la efectividad de las soluciones implementadas.....	62
5.1 Análisis del costo/beneficio generado	62
5.2 Seguimiento permanente durante la operación.....	63
Conclusiones	64
Bibliografía.....	66

Índice de elementos:.....	68
Tablas.....	68
Gráficos	68
Ilustraciones	68
ANEXOS.....	69
ANEXO 1: Análisis de capacidad en el Anillo Periférico.....	69
Sección A: Capacidad previa al inicio de la obra.....	69
Sección B: Capacidad durante el desarrollo de la obra.....	73
Sección C: Resumen y Tabla de Capacidades	75
ANEXO 2: Análisis de capacidad actual en vialidades de la RUTA 1.....	76
Sección A: Río San Joaquín	76
Sección B: Laterales de Río San Joaquín.....	78
Sección C: Lago Rodolfo / Lamartine.....	80
Sección D: Arquímedes / Lago Onega.....	81
ANEXO 3: Análisis de capacidad propuesta en vialidades de la RUTA 1.....	82
Sección A: Río San Joaquín	82
Sección B: Laterales de Río San Joaquín.....	83
Sección C: Lago Rodolfo / Lamartine.....	85
Sección D: Arquímedes / Lago Onega.....	86
ANEXO 4: Tablas de análisis de capacidad.....	87
Sección A: Autopistas y Vías Rápidas	87
Sección B: Arterias Urbanas, Intersecciones controladas por semáforo	90

A. Antecedentes, objetivos y justificación

La construcción de obras de infraestructura en las ciudades y los proyectos privados de proporciones mayores llevan consigo afectaciones a las actividades económicas de terceros al generar obstrucciones necesarias en la vía pública.

A.1 Planteamiento del problema

Todas las ciudades del mundo, entre ellas las de nuestro país requieren la construcción de obras de infraestructura para solventar las necesidades de transporte y servicios de la población; entre mayor es el tamaño de la ciudad mayor será la dimensión de las obras que requiere, mismas que, durante su construcción generarán afectaciones a la vida cotidiana y a las actividades económicas de quienes residen o transitan por las zonas donde se llevan a cabo y que trastornarán sus actividades desde algunos meses hasta varios años.

A.2 Línea y área de la investigación

Esta tesis se propone establecer un método de estudio y análisis de las zonas afectadas por la ejecución de una obra a partir del flujo de tránsito que actualmente tiene la vialidad en donde se llevará a cabo la obra y el que existe en las vialidades alternas. La solución propuesta durará como mínimo su tiempo de ejecución y el de su puesta en operación, considerando que en algunos casos incluso puede quedar como opción permanentemente.

A.3 Palabras clave

1. Desarrollo Urbano
2. Vialidad Urbana
3. Obras de Infraestructura
4. Capacidad de las vías
5. TDPA
6. Origen-Destino

A.4 Alcance

1. Establecer las afectaciones generadas por la disminución temporal o permanente en la capacidad de una avenida.
2. Conocer las necesidades de la población afectada.
3. Generar soluciones para casos particulares a través de un método replicable.

A.5 Objetivo de la Tesis

1. Objetivo General:
 - a. Generar una metodología que permita realizar obras de infraestructura pública o privadas de gran magnitud de manera que generen el menor trastorno a la comunidad y al transporte peatonal y vehicular, para lo cual se propondrá como proceso el analizar las necesidades de cada una de las partes, para continuar con la búsqueda de alternativas de solución y concluir con la adopción de aquella que provoque los menores trastornos por desviaciones y cambio en la movilidad de personas y automotores y permita llevar a cabo con éxito y economía la construcción del proyecto.
2. Objetivos Particulares:
 - a. Estudiar detenidamente el proyecto y sus implicaciones externas.
 - b. Realizar de manera obligatoria un estudio de movilidad de personas y vehículos que transitan por la zona y los que requerirá la construcción de la obra, considerándose los derechos y responsabilidades de las partes afectadas.
 - c. Determinar las expectativas de crecimiento del aforo vehicular durante el periodo de construcción de la obra.
 - d. Estudiar el impacto generado durante el proyecto, y prever las medidas de mitigación correspondientes.
 - e. Estudiar el impacto generado después del proyecto.
 - f. Poner en práctica el diseño básico de las vialidades conforme a los requerimientos de tráfico.
 - g. Programar las obras de construcción que exija la mitigación prevista.
 - h. Determinar las actividades necesarias para la puesta en operación de la obra motivo del estudio.

A.6. Hipótesis

1. Se puede anular el efecto ocasionado por el cierre de vialidades durante la construcción de grandes obras mediante la habilitación de vías alternas eficientes.
2. La construcción de las vías alternas debe realizarse con anticipación para que el usuario padezca las menores molestias posibles.
3. La habilitación de las vías alternas debe planearse de manera que la ciudad se afecte lo menos posible en su conjunto.

La construcción urbana genera efectos en los hábitos de transporte de los vecinos por los cambios en su movilidad diaria. Cuando se trata de obras de infraestructura las afectaciones se encuentran propiamente sobre los caminos que usan para llegar a sus centros laborales, educativos, etc.

En el caso de las obras de infraestructura realizadas en las grandes ciudades el número de personas afectadas puede elevarse a miles, los cuales buscarán inevitablemente otras rutas y caminos para llegar a sus destinos provocando problemas en otras partes de la ciudad que originalmente no se encontraban dentro de la zona afectada, lo que genera un efecto dominó que disemina el problema. Esto nos lleva a que el área de influencia de un proyecto en particular es mucho mayor a la que se puede pronosticar si únicamente se toma en cuenta a la población que se ve afectada directamente en su camino. Por tanto es de interés la mitigación general, en la medida de lo posible, de este efecto que trae grandes afectaciones económicas tanto a los directamente involucrados como a la comunidad en general.

Como base antes de plantear cualquier solución se debe contar con un estudio firme de los efectos que tendrá la disminución real de la capacidad de las vías que generará el proyecto en la movilidad de los afectados, el origen y destino de estos y los horarios críticos.

Una vez que se tiene la información relacionada con el estudio, se deberá compensar las afectaciones mediante mejoras a otras vías de comunicación que permitan la redistribución de los usuarios. Las medidas a tomar deben incluir información suficiente para que dichos usuarios puedan prever los nuevos caminos a seguir, disminuyendo los congestionamientos en las zonas de toma de decisiones.

Las soluciones deben establecerse con tiempo suficiente antes de los cortes de vialidad, por lo que el gobierno debe privilegiar la autorización de las modificaciones para evitar retrasos en la construcción del proyecto.

A.7 Descripción de la metodología a seguir y el mecanismo de comprobación a utilizar

1. Se revisará la situación actual en la Ciudad de México y los proyectos con posibilidades de realizarse en un corto plazo.
2. El resultado deberá ser reducir la complejidad de los estudios, permitiendo que los gobiernos locales puedan implementar su aplicación y la obtención de soluciones con características que permitan su ejecución.
3. Se proponen modificaciones en la normatividad vigente como recurso para generalizar su aplicación y desarrollo.

A.8 Utilidad de la tesis

Se requiere establecer un método práctico que establezca un criterio uniforme para el rediseño de vialidades en las grandes áreas urbanas del país. Hasta hace algunos años las únicas ciudades donde se presentaban problemas de tráfico eran las 3 ciudades más grandes: México, Guadalajara y Monterrey, el día de hoy los problemas son cotidianos en otras ciudades que han crecido a ritmo acelerado y esto ha llevado a los gobiernos locales a establecer programas destinados a mejorar la infraestructura con la que cuentan.

Este proyecto busca establecer dicho método permitiendo a estas localidades la reglamentación de las medidas a tomar para lograr mitigar el efecto generado durante estas obras, dándole así la oportunidad de realizar las mejoras necesarias a la infraestructura y al mismo tiempo evitando castigar la economía de una ciudad o región al disminuir la capacidad de los transportes en ella.

Por último, se plantean propuestas de mejora a la infraestructura que rodea a los grandes proyectos privados, que si bien no generan en todos los casos afectaciones en la capacidad de las vialidades que lo rodean, sí existe un cambio en el número de usuarios que requieren moverse a través de estas y de estudios y obras que permitan adaptar una zona a este nuevo flujo de usuarios.

Introducción

El crecimiento de las ciudades mexicanas es un fenómeno que se generalizó a lo largo del siglo XX. La mayor parte de la población habita en las grandes áreas metropolitanas, estas ciudades se fundaron a partir de necesidades distintas a las actuales y como consecuencia su crecimiento y desarrollo no responde a las características que una ciudad moderna requiere. El desplazamiento de los habitantes y del transporte de los insumos para satisfacer los requerimientos de alimentación y de la actividad económica se realizaba a pie, caballo u otros medios cuyos requerimientos en cuestión de infraestructura eran mínimos.

El desarrollo del transporte a vehículos automotores tuvo como consecuencia el cambio en el incremento de vehículos, su tamaño y la velocidad de desplazamiento del que eran capaces, haciendo indispensable la realización de obras que modificaban y adecuaban las vialidades existentes.

La dificultad en la ejecución de estas obras se ha visto incrementada por la falta de proyectos integrales de desarrollo en la mayor parte de las ciudades del país, lo que ha generado un desarrollo desordenado obligando a las autoridades a realizar las obras de construcción de infraestructura de forma tardía y atendiendo únicamente las necesidades más urgentes.

El desfase entre el crecimiento de las ciudades y la dotación de servicios en las mismas obliga a que las obras para satisfacer las necesidades irremediamente produzcan afectaciones a la población vecina de los sitios de ejecución y a la que utiliza estas vías en su traslado, incluyendo a las personas que se ven afectadas por los cambios en los patrones de desplazamiento en la ciudad.

Esta situación hace indispensable mitigar su impacto mediante la adopción de medidas que permitan utilizar a su máxima capacidad las vialidades existentes con adecuaciones a las mismas y acciones adicionales que faciliten el rápido desplazamiento de los vehículos que la utilizan.

Tomando en cuenta la situación descrita, en este documento, se proponen acciones y medidas que en su implementación permitirán una menor afectación a la población de las

ciudades en que se ejecutan las obras de ampliación de los servicios urbanos o de construcción de nuevas vialidades.

1. Antecedentes de urbanismo y desarrollo de infraestructura de la República Mexicana

1.1 Asentamientos Humanos en México

Con la llegada de los españoles a nuestro país se dio una nueva fisonomía a las ciudades, durante la Colonia quienes más participaron en ello fueron las órdenes mendicantes que junto con la construcción de sus conventos empezaron a trazar la ciudad que les era próxima. Es seguro que hubo algunas directrices de los virreyes pues hubo similitud, cuando les fue posible trazaron las ciudades con una retícula norte-sur y este-oeste y un ancho de calles de acuerdo con el clima, más estrechos en las zonas frías, más anchos en las zonas calientes, posteriormente llegaron a México arquitectos y constructores y su influencia se hizo sentir, durante esta época podría decirse que el sistema político se apoyaba en ciudades-estado. Después, ya en la Independencia, al redactar la primera Constitución se crearon los Estados y las ciudades pasaron a formar parte de ellos. Posteriormente en el texto de la Constitución de 1917 se ratificaron los Estados libres y soberanos y en su artículo 115 se les otorgó autonomía a los municipios pero los hicieron depender de los Estados, por su parte las ciudades pasaron a formar parte de los municipios. Es hasta recientemente que el urbanismo dicta criterios, los que lamentablemente no siempre han sido respetados.

Estos centros urbanos con los que se fueron poblando grandes extensiones de nuestro país debían responder a las necesidades básicas del hombre: encontrarse cerca de un sitio donde se contara con producción de alimentos o tuviera facilidades para producirlos y poder subsistir, un sitio seguro dónde habitar, y por último una fuente de ingresos que permitiera la adquisición de los bienes complementarios. A partir de entonces, sin un plan definido o una política poblacional se crearon diferentes tipos de ciudades que respondían a estas necesidades que tenía la sociedad.

En primer lugar, Están las ciudades cuyo desarrollo se caracterizó por ser parte de un centro político de un área o región. Estas poblaciones son sitios emblemáticos por razones históricas, religiosas, políticas o simplemente sitios localizados en una ruta comercial que a lo largo del tiempo fueron adquiriendo el control de un paso obligado y que por lo tanto se volvieron capitales de las provincias o de regiones más grandes. Ejemplos muy claros de estas ciudades son la Ciudad de México (centro político, económico y religioso del México previo al contacto europeo), que se localiza en un área desde donde ejerce su influencia a muchas otras ciudades del centro y sur de la actual República Mexicana; Oaxaca, ciudad cuyo desarrollo se debe a que históricamente es el centro del poder de aquella región independiente del desarrollo del centro del país; y por último ciudades como

Puebla, cuyo desarrollo se debe a su presencia a medio camino entre la ciudad capital (México) y su contacto con la metrópoli, el puerto de Veracruz.

Este tipo de ciudades se pueden encontrar en muy diversas situaciones geográficas, por lo general cuentan con un casco antiguo proveniente de la época colonial cuyas características son de una ciudad pequeña, con calles angostas y que concentran una gran cantidad de actividad comercial en esta zona. Fuera de esta área que puede provenir del siglo XVI al XIX se encuentran las áreas residenciales y comerciales actuales, y si las condiciones de la ciudad lo permitieron cuentan con áreas abiertas, vialidades que conducen alrededor de ese centro histórico y de forma radial desde y hacia él, grandes desarrollos habitacionales y amplias zonas comerciales que fueron construidas hacia finales del siglo XX y durante los últimos años. Fuera de estas zonas de desarrollo estructurado se crearon, de forma simultánea, zonas marginales donde la introducción de servicios por parte de las autoridades ha sido más lenta por estar fuera del plan de crecimiento establecido o por falta de recursos económicos.

El problema de movilidad en estas ciudades se ha resuelto con el desarrollo de otras áreas de la ciudad que realizan sus actividades económicas o habitacionales sin depender del área antigua, la que por su gran valor cultural frecuentemente está protegida. Esta dificultad ha generado la tendencia al abandono de estas áreas históricas, situación que los gobiernos tratan de revertir para mejorar la calidad de vida de los habitantes y promover el turismo.

El otro caso lo conforman las ciudades cuya actividad económica determinó su ubicación y desarrollo, tal es el caso de las ciudades localizadas en el norte y centro de la república, donde se pueden encontrar ejemplos muy claros de regiones con vocación minera cuyos trabajadores se asentaron en zonas cercanas a estos trabajos lo que generó poblaciones establecidas en valles muy estrechos que al estar localizadas en medio de zonas montañosas y no tener un control en la fundación de estas comunidades el desarrollo se dio con vialidades angostas y discontinuas que dificultan el movimiento de las personas al interior de la ciudad, sin tomar en cuenta la dificultad de acceder a ellas a través de caminos sinuosos y angostos que complica el contacto social y económico con otras ciudades del país, y las hacen incompatibles con los actuales sistemas de transporte.

A pesar de todas estas restricciones impuestas por la geografía de su emplazamiento, gracias a la importancia de la industria minera para el estado, el crecimiento de estas ciudades fue sostenido durante siglos y eso les ha permitido conservar una gran importancia en la economía y tener peso en los indicadores de desarrollo del país.

Las ciudades con estas características pueden diferir en el desarrollo y vocación que han conseguido en la actualidad, donde algunas como Guanajuato han tenido que limitar su crecimiento debido a las condiciones con las que se enfrentan. En el caso particular de esta ciudad, la vocación ha cambiado hacia el turismo y se ha permitido que el comercio y la industria se establezcan en otras ciudades del mismo estado donde el desarrollo económico y social se lleva a cabo de forma más sencilla.

Sin embargo, el crecimiento y desarrollo de estas ciudades no se ha detenido, sólo se han adecuando a su nueva economía, pasando de ciudades mineras a turísticas, permitiéndoles sobrevivir a pesar de las dificultades que derivan de su localización y traza urbana, así pues, los problemas de movilidad generan una necesidad a resolver.

La situación geográfica de estas ciudades no permite que se apliquen soluciones típicas de las ciudades modernas (construcción de autopistas, ferrocarriles, amplias avenidas) lo que genera que el desarrollo económico y social se enfrente a una situación atípica en donde el automóvil no puede ser sustituido por sistemas de transporte de superficie de gran capacidad.

Una variante del caso anterior se presenta cuando la situación de la ciudad permite el desarrollo de nuevas áreas que deberán convivir con el casco antiguo.

La ciudad de Pachuca, que fue fundada del mismo modo debido a la actividad minera que se había generado en la región, se encuentra en un área con mayor facilidad para la expansión, por lo que su vocación se ha podido cambiar a una ciudad con más diversidad de fuentes productivas y presentarse como el centro de intercambio comercial de la región donde se encuentra ubicada.

Estos cambios en la vocación de la ciudad generan modificaciones en el desarrollo del área urbana. En el primer tipo de ciudades se tiene un casco antiguo con una traza complicada con calles estrechas y discontinuas que en la actualidad representan un grave problema de movilidad por la gran cantidad de comercios que todavía tienen sus sedes o bases de operaciones en esta zona; en segundo lugar un área urbana desarrollada a lo largo del siglo XX donde siguiendo un plan de desarrollo se fueron construyendo avenidas y calzadas que unieran la ciudad con las pequeñas poblaciones que se encontraban a su alrededor y desarrollando zonas residenciales, comerciales e industriales en las áreas desocupadas, y por último las zonas desarrolladas a partir de la década de 1980, con una traza urbana acorde con las necesidades del autotransporte donde ya se cuenta con grandes espacios abiertos y una clara delimitación del uso de suelo permitido en cada zona, ubicando parques industriales y zonas habitacionales con corredores interiores unidas por grandes calzadas y

libramientos que buscan reducir e incluso evitar los problemas de movilidad que presentan las zonas antiguas de la ciudad.

Las ciudades que se presentan en este tipo de desarrollo tienen características comparables con las propias de los cascos antiguos de muchas ciudades europeas, a donde se puede acudir a la experiencia que ellas tienen en la solución de sus problemas de movilidad y para generar una comparativa entre los problemas que en estas ciudades se generaron y la forma en que han sido resueltos, mitigado o aprendido a convivir con ellos. Conociendo las soluciones y estudiando su aplicabilidad a nuestros problemas se podrán desarrollar nuevos proyectos que se respondan a las necesidades propias de las ciudades que hemos construido y ocupado los mexicanos.

Y por último tenemos las ciudades que se desarrollaron durante el siglo XX, que bien pueden haber sido construidas en sitios nuevos, elegidos ya con una conciencia de las necesidades que debe satisfacer una ciudad actual, o el desarrollo de una ciudad más antigua pero que no cuenta con un casco histórico grande o importante.

El desarrollo de estas poblaciones se ha generado en un momento histórico donde los problemas de seguridad o el alcance de las comunicaciones y transportes no obligan a la población a habitar un área reducida o con accesos que pudieran ser controlados, sus mayores retos son contar con disponibilidad de agua y de recursos naturales para apoyar su crecimiento y el de su región próxima. El conjunto de estas características genera un tipo de ciudad que puede desarrollarse en un área que antes hubiera sido considerada inhóspita o carente de interés.

Estas ciudades son las más nuevas, aquellas cuyo desarrollo se dio después de la colonia, aunque en muchos casos fueron fundadas durante este periodo. Su crecimiento se puede apreciar en mayor medida a partir del siglo XX, debido a la industrialización del país, etapa donde las ciudades pueden aprovechar sus fuentes de riqueza de modo que, a través del desarrollo industrial crearán un mayor número de fuentes de ingreso. En este rubro se encuentran las regiones industriales del centro y norte del país.

Son ciudades cuyos problemas de transporte y vialidad, si bien no están plenamente resueltos, son fácilmente previsible y se pueden solucionar a largo plazo a través de la creación de planes de desarrollo que permitan un crecimiento ordenado y generando de forma un poco más sencilla bienestar a su población.¹

¹(Unikel, 1978)

En estas ciudades también se puede clasificar a la ciudad de México, históricamente ha sido el centro de los cambios que se han generado en el país; así pues, la Ciudad de México no sólo es una ciudad clasificada como centro político, sino que también lo fue industrial y por su localización, un centro de intercambio comercial para el país.

Las ciudades de este tipo tienen su principal exponente en las estadounidenses donde se han asentado en grandes extensiones de terreno, en su mayor parte sin grandes accidentes geográficos, la mayoría con recursos hídricos y con planeación para el desarrollo a largo plazo. De estas ciudades podemos aprender la construcción de grandes vialidades y la capacidad de planeación y de llevar a cabo estos planes. Aunque nunca hay que perder de vista las diferencias importantes entre las características que requiere una ciudad estadounidense y de aquellas que solicita la sociedad mexicana por sus diferentes orígenes.²

El desarrollo de las ciudades de tipo industrial sería mucho más fácil que aquellas cuya ubicación geográfica impusiera límites a su crecimiento y expansión, pero todo depende de la elaboración de un plan de desarrollo que en el caso de la Ciudad de México no se pudo completar. A partir de los años 60 hubo una presión por desarrollar las zonas del valle de México que se encontraban deshabitadas, misma que el gobierno no pudo prever en sus primeros planes de desarrollo y nos llevó a tener una ciudad que resultó un híbrido entre los grandes desarrollos industriales del norte, las zonas de control político y comercial en el centro y poniente y las grandes áreas en los alrededores que fueron creciendo sin orden y que le dan a la ciudad esas características que describíamos para las antiguas ciudades donde se cuenta con vialidades angostas y discontinuas y zonas con grandes dificultades para el transporte y comunicación con el resto de la ciudad.³

1.2 Políticas de desarrollo urbano actuales

1.2.1 El Distrito Federal, el área urbana de la Ciudad de México y su zona metropolitana

La ciudad de México se ha conurbado con los poblados que se encontraban a su alrededor. Algunos años antes de que terminara el siglo XIX, la Ciudad de México abarcaba un área de 20km² alrededor del centro histórico.

Para 1910, la ciudad creció hasta extenderse sobre una superficie del doble de extensión teniendo una población de 471 mil habitantes, esto se debe a la introducción de nuevos sistemas de transporte

² Op.cit. (Unikel, 1978)

³(Sánchez Ruíz)

como los tranvías eléctricos y al establecimiento de nuevos asentamientos en la periferia de la Ciudad Central donde habitaban las personas de la clase alta y media.

Con el levantamiento armado de 1910 y el posterior periodo de inestabilidad correspondiente a la Revolución Mexicana inicia la gran migración de los habitantes del interior de la República hacia la Ciudad de México donde se vivía con un poco más de tranquilidad y prevalecía el orden.

En el primer periodo de expansión de la Ciudad de México comprendido entre los años 1900 y 1930 la ciudad pasó de tener una población de 344 mil habitantes hasta haber superado el millón de habitantes según el censo de 1930. No se conocía un periodo de tal crecimiento en la historia del Valle de México y sobre todo se originó en situaciones ajenas a la población local; ya que fue impulsada por una alta migración.

En esta etapa, la población de la Ciudad se fue adaptando a la nueva situación convirtiéndose en una ciudad netamente comercial, contando también con una fuerza de trabajo de menor costo debido a la población que se había movilizó hacia la ciudad capital a partir de las pequeñas comunidades que se encuentran en el centro del país.

En 1930 se presentó el primer efecto de conurbación dentro del Distrito Federal, al registrar un rápido crecimiento de la ciudad en dirección de las antiguas ciudades de Azcapotzalco y Coyoacán, y un crecimiento mediano en las ciudades de San Ángel, La Villa (Guadalupe-Hidalgo) y Tacubaya.

En lo que se clasifica como un segundo periodo del crecimiento de la Ciudad de México en el siglo XX que abarca entre el año de 1930 y 1950, continuó el crecimiento acelerado de la ciudad, sin embargo, ahora sería en las delegaciones que rodean a la Ciudad Central (Ciudad de México).

Se presenta por primera vez un fenómeno de descentralización de las actividades económicas de la Ciudad donde los comercios y servicios se desplazan fuera del área que actualmente conocemos como Centro Histórico, sin embargo continúan dentro de la ya mencionada Ciudad Central.

El 29 de diciembre de 1970 se publica la Ley Orgánica del Departamento del Distrito Federal. Esta nueva ordenación modificó la división política del Distrito Federal así como la forma de administrarse de la Ciudad de México.

Actualmente, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece que: <<La ciudad de México es el Distrito Federal, sede de los Poderes de la Unión y Capital de los Estados Unidos Mexicanos. Se compondrá del territorio que actualmente tiene y en el caso de que los poderes

federales se trasladen a otro lugar, se erigirá en el Estado del Valle de México con los límites y extensión que le asigne el Congreso General>>, según las modificaciones realizadas en 1993 a su artículo número 44. Por otra parte el Estatuto de Gobierno del Distrito Federal publicado en 1994 dice al texto: <<La Ciudad de México es el Distrito Federal, sede de los Poderes de la Unión y capital de los Estados Unidos Mexicanos. El Distrito Federal es una entidad federativa con personalidad jurídica y patrimonio propio, con plena capacidad para adquirir y poseer toda clase de bienes que le sean necesarios para la prestación de los servicios públicos a su cargo, y en general, para el desarrollo de sus propias actividades y funciones>>. Los límites geográficos a los que se refiere el texto constitucional son aquellos fijados por decreto del Congreso de la Unión en el año de 1898, ratificados el 27 de julio de 1994.⁴

Los términos <<Área Urbana>> y <<Zona Metropolitana>> se han estado usando frecuentemente con diferentes significados a partir del crecimiento de la Ciudad al que nos hemos referido. La primera vez que se realiza una definición en un documento oficial es de 1983 en el <<Programa de Desarrollo de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y de la región Centro>> que define a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) como: 16 delegaciones del Distrito Federal, 53 municipios en el Valle de México del Estado de México, 1 municipio del Estado de Hidalgo (Tizayuca).

Según los informes generados por el INEGI a través de los diferentes Censos y Conteos de Población se ha ido variando la definición de <<Área Metropolitana de la Ciudad de México (AMCM)>> o <<Zona Conurbada de la Ciudad de México>> que en un principio se consideraron, además de las 16 delegaciones del Distrito Federal, 17 municipios del Estado de México, después se consideraron 21 municipios y en la Síntesis de Resultados del XI Censo General de Población (1990) se consideran 27 municipios conurbados.

Para entender este fenómeno generado en la Ciudad de México, debemos estudiar la evolución de esta conurbación. Como se había mencionado con anterioridad, las primeras señales de conurbación (dentro del Distrito Federal, pero fuera de la Ciudad de México) se presentaron durante la etapa comprendida entre los años 1930 y 1950, cuando debido a la industrialización de la economía nacional, y sobre todo de la Ciudad de México, centro del poder político y económico de la República y de la Revolución. La migración de los habitantes de comunidades pequeñas del centro de la República alimentó este crecimiento.

A partir de la siguiente etapa, la que está determinada entre 1950 y 1980 se puede hablar por primera vez de una verdadera conurbación cuando el crecimiento urbano rebasó los límites del Distrito

⁴(Garza & Araceli, 1991)

Federal y se expandió hacia los municipios del Estado de México, comenzando por Tlalnepantla en 1950 y la incorporación de los municipios de Naucalpan, Chimalhuacán y Ecatepec en 1960.

El crecimiento de la Ciudad de México que empezaba a rebasar todas las expectativas generó preocupaciones en el gobierno del Distrito Federal debido a la falta de control en el desarrollo, lo que obligó al regente del Distrito Federal en 1964, Ernesto P. Uruchurtu, a prohibir la construcción y desarrollo de nuevos fraccionamientos dentro del territorio del Distrito Federal, lo que en efecto detuvo el crecimiento de la Ciudad, constituyó un gran impulso para que ese crecimiento se dirigiera hacia los municipios del Estado de México.

Para 1970 el área urbana de la Ciudad de México (AUCM) se extendía sobre una superficie de 650km². La superficie considerada como parte de la ciudad incluía las cuatro delegaciones recién creadas en el antiguo territorio de la Ciudad de México (Cuauhtémoc, Venustiano Carranza, Miguel Hidalgo y Benito Juárez), además de las delegaciones Azcapotzalco, Coyoacán, Iztacalco y Gustavo A. Madero, incluyéndose sectores de las demás delegaciones con excepción de la delegación Milpa Alta. Dentro de la nueva definición de Área Urbana se incluyeron territorios pertenecientes a los municipios del Estado de México donde se encontraban los nuevos fraccionamientos y desarrollos: Coacalco, Cuautitlán de Romero Rubio, Cuautitlán-Izcalli, Chalco, Chicoloapan, Ixtapaluca, Tultitlán, Villa Nicolás Romero, Nezahualcóyotl, Ecatepec y La Paz.

Para 1980 se realizó un estudio por el Centro de Estudios Demográficos del Colegio de México donde se incluye como Zona Metropolitana por primera vez a los municipios de Atenco, Chalco, Chiconcuac, Tecámac, Texcoco y Chiautla.

En 1990, el INEGI consideró que el <<Área Metropolitana de la Ciudad de México>> incluye las 16 delegaciones del Distrito Federal y los municipios conurbados del Estado de México que cumplieran alguna de estas dos características:

- a. Una continuidad urbanística del total o parte del municipio.
- b. Una proximidad y comunicación con la mancha urbana.

En esta segunda clasificación de orden novedoso se incluyeron municipio como: Atenco, Jaltenco, Melchor Ocampo, Nextlalpan, Teoloyucan, Tultepec y Zumpango.

De esta manera, la ZMCM (Zona Metropolitana de la Ciudad de México) tuvo 15 millones de habitantes y la población que vivía en la Ciudad de México (Distrito Federal) sería alcanzada por el número de habitantes de la zona conurbada del Estado de México.⁵

1.2.2 Legislación

En 1976 se expidieron las reformas constitucionales que esbozaban el surgimiento de una época con una mejor legislación en cuanto al desarrollo urbano en el país. De manera simultánea, ese mismo año se presentó la Ley General de Asentamientos Humanos y las leyes locales que establecieron las bases de planeación y desarrollo urbano en el Distrito Federal.

El mismo año fue publicada la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, y superando la oposición de ciertos sectores de la política se publicó, 6 años después de su presentación, la Ley General de Asentamientos Humanos.

La ley publicada en 1976 contenía los siguientes puntos:

- a. Disposiciones Generales
- b. De la planeación urbana
- c. Régimen del territorio y ordenamiento de los sistemas urbanos
- d. De la preservación del patrimonio cultural, y
- e. De las medidas de seguridad y las sanciones.

En 1981 se reformó la ley agregando un capítulo denominado:

- a. Del recurso administrativo

Esta ley señala que el Departamento del Distrito Federal (DDF) será la autoridad competente para planear y ordenar los destinos, usos y reservas de los elementos de su territorio y el desarrollo urbano del mismo. En 1985 se le adicionó: <<Realizará estudios y ordenará las acciones necesarias para promover la edificación de vivienda de interés social en arrendamiento ofreciendo igualmente los estímulos necesarios para que los sectores privado y social edifiquen y arrienden tales viviendas>>.

Las funciones del Departamento del Distrito Federal de acuerdo con esta ley serían las de: integrar el plan director para el desarrollo urbano, determinar los usos, destinos y reservas de tierras y sus construcciones, participar en la elaboración del Plan Nacional de Desarrollo Urbano y los regionales correspondientes, participar en los procesos de conurbación entre el Distrito Federal y otras entidades

⁵(Sánchez Luna)

federativas, participar con los gobiernos estatales vecinos y los ayuntamientos de los mismos en la elaboración y ejecución del plan de desarrollo urbano de las zonas conurbadas, entre otras.

Así mismo, el documento estableció la declaración de utilidad pública e interés social para las acciones de planear y ordenar los usos, destinos y reservas de su territorio y el desarrollo urbano del Distrito Federal. Por último, para la planeación urbana estableció la necesidad de tener un plan director, que, a la letra dice:

<<El plan director para el desarrollo urbano, es el conjunto de disposiciones y normas para ordenar los destinos, usos y reservas del territorio del Distrito Federal y mejorar el funcionamiento y organización de sus áreas de desarrollo urbano y conservación ecológica, así como establecer las bases para la programación de acciones, obras y servicios>>.

Esta ley también provee el contenido que deberá establecerse en el plan director:

<<Contendrá las determinaciones relativas a: los destinos, usos y reservas del territorio del Distrito Federal, para lo cual se clasificará en áreas y zonas, de acuerdo con sus características, aprovechamientos de los predios y condiciones generales>>.

Siguiendo estas indicaciones (artículo 18), el plan director deberá integrarse por:

- a. Un plan general en que se determinen los objetivos, políticas, estrategias y programas fundamentales a corto, mediano y largo plazo que regirán la ordenación y regulación del desarrollo urbano del Distrito Federal, condicionados y dependientes del bienestar socioeconómico de la población. A partir del plan general deberán formularse sus programas materias tales como el equipamiento, la infraestructura, la vialidad urbana, la vivienda y el suelo necesario para ello, que se enlazarán con la programación y presupuestación anual del Departamento.
- b. Los planes parciales que resulten necesarios, cuyo fin sea el desarrollo de las proposiciones y contenidos del plan general en zonas particulares del DF y que tengan como propósito la realización de alguno o varios de los objetivos del plan general.
- c. El sistema de información y evaluación que permita el control y seguimiento del plan general y sus programas operativos, así como los planes parciales y prevea la incorporación de los resultados al proceso de planeación.

El registro del Plan Director para el desarrollo urbano del Distrito Federal deberá contener la información para consulta pública acerca de los planes: general y parciales, de los programas y

declaratorias y de las resoluciones administrativas que lleguen a dictarse con apoyo a estos o que afecten el desarrollo urbano en forma significativa.

Los planes parciales podrán ser propuestos por los delegados del Departamento, el Consejo Consultivo de la Ciudad, las juntas de vecinos, las diversas dependencias del DDF, la Comisión de Planeación Urbana.

Estableció los lineamientos para ordenar el desarrollo urbano que se siguen hasta la actualidad, donde dicta que:

<<El territorio del Distrito Federal se clasifica en áreas de desarrollo urbano y áreas de conservación ecológica>>.

<<Dentro de las áreas de desarrollo urbano esta ley contempla tres zonas: urbanizadas, de reserva y de amortiguamiento, que según esta ley son aquellas que por sus características naturales y por las posibilidades de dotarlas de infraestructura y servicios se determinen como factibles de aprovechamiento urbano>>.⁶

Comprenden entre otros, los aspectos de la planeación urbana:

- a. Estructura vial y sistema de transporte
- b. De la fusión, subdivisión, retificación y fraccionamiento de terrenos
- c. De la vivienda
- d. De la infraestructura, equipo y servicios urbanos

De la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal derivan los diversos reglamentos que rigen en la actualidad el crecimiento y desarrollo de la Ciudad de México.

Conforme al Estatuto de Gobierno del Distrito Federal le corresponde al Jefe de Gobierno del Distrito Federal, en su situación de sucesor del cargo que tenía el regente de la ciudad, dirigir la planeación y ordenamiento del desarrollo urbano.

A partir de 1984 se comenzó con los estudios para la publicación de un programa llamado: Programa de reordenación urbana y protección ecológica que contiene las siguientes líneas de acción:

⁶(Departamento del Distrito Federal)

- a. Constitución de reservas naturales para la protección ecológica
- b. Creación de centros urbanos
- c. Zonas de regularización de desarrollo urbano
- d. Reorientación del crecimiento de la población hacia ubicaciones más convenientes en la región centro del país,
- e. Reorganización territorial y urbana de las delegaciones del DDF.

Las expectativas que se habían creado previas a su publicación tuvieron que posponerse debido a los sismos que dañaron seriamente a la Ciudad de México, al modificarse las prioridades de los habitantes de la ciudad, se pasó del reordenamiento a la reconstrucción.

El 16 de julio de 1987 se publicaron los nuevos ordenamientos de planeación urbana después de la necesaria postergación del Programa de Reordenación Urbana y Protección Ecológica de 1984 y 1985, estableciéndose como prioritarios los siguientes:

- a. Programa General del Plan Director para el desarrollo urbano del Distrito Federal 1987
- b. Declaratoria en que se determina el área de desarrollo urbano y el área de conservación ecológica
- c. Programas parciales 1987 de desarrollo urbano para las 16 delegaciones del Distrito Federal
- d. Versión de 1987 de los programas parciales de los poblados localizados en el área de conservación ecológica

A partir de la ley de Desarrollo Urbano de 1976 el Departamento del Distrito Federal fue y es responsable de participar en los procesos de conurbación entre el Distrito Federal y otras entidades federativas (Estados de México e Hidalgo), proceso que se realizará de manera conjunta entre los 3 niveles de gobierno (ayuntamientos, estados y federación).

Se encuentra establecida en el artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos la obligatoriedad de esta cooperación entre los diferentes niveles de gobierno de los participantes de los centros urbanos situados en territorio de dos o más entidades federativas.

También contempla la suscripción de convenios para la creación de comisiones metropolitanas. Establece que en el instrumento de creación se determinará la forma en que se integrarán, estructurarán y determinarán sus funciones.

En la Ley General de Asentamientos Humanos de 1993, también se establecen definiciones y requerimientos para la convivencia de estas zonas urbanas que abarcan más de un territorio municipal o estatal. En ellas se define como:

<<Conurbación: la continuidad física y demográfica que forman o tiendan a formar dos o más centros de población>>.

<<Zona metropolitana: el espacio territorial de influencia dominante de un centro de población>>.⁷

También indica las atribuciones de los diferentes niveles de gobierno en materia de zonas conurbadas e indica los programas de ordenamiento territorial que aplican en cada uno de estos centros de población.

<<El fenómeno de conurbación lo planearán y regularán de manera conjunta y coordinada la Federación, las entidades federativas y los municipios respectivos>>.

Actualmente las funciones de desarrollo metropolitano corren a cargo de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda cuya función, de acuerdo a la Ley Orgánica de la Administración Pública del Distrito Federal es estrechar y fortalecer la coordinación del Distrito Federal con los tres niveles de gobierno que inciden en la zona metropolitana de la Ciudad de México y la región centro del país; coordinar la realización de la planeación metropolitana, con la participación que le corresponda a los gobiernos estatales y municipales limítrofes.

⁷(Ley General de Asentamientos Humanos, 1993)

2. Situación de la infraestructura y movilidad en la Ciudad de México

2.1 La infraestructura en la Ciudad de México

La Zona Metropolitana del Valle de México abarca 4 715km² de los cuales el DF, significa el 31%. La población del Valle de México superó los 20 millones de personas en el año 2010, de los cuales menos del 45% habitan en el Distrito Federal.⁸

Las modificaciones en los patrones de crecimiento que se han dado en los últimos 30 años han generado procesos demográficos que afectan la movilidad en la Zona Metropolitana al darse cambios en los orígenes-destino de la población usuaria de la infraestructura, y con ello en el equipamiento y servicios de transporte del Distrito Federal y de los municipios que lo rodean.

El Gobierno del Distrito Federal señala como prioritarios los siguientes procesos y tendencias por generar el mayor impacto en su infraestructura:

- a. Crecimiento metropolitano expansivo y concentración de zonas en el DF con actividades que atraen un gran número de viajes. En tanto, las zonas habitacionales se expanden en la periferia.
- b. Estabilización de la población del Distrito Federal desde la década de 1980 aunque la de los municipios conurbados continúa en crecimiento.
- c. Incremento de la población al interior del Distrito Federal y concentrado en algunas delegaciones periféricas. Predominan los asentamientos populares localizados al sur-oriente de la entidad y colonias de ingresos medios en el noreste.
- d. Un porcentaje significativo de los habitantes de los municipios conurbados trabajan en el Distrito Federal o, por lo menos, realizan acciones de tráfico utilizando la infraestructura, servicios y equipamiento.
- e. Disminución de la población joven e incremento de los adultos mayores. El ritmo de crecimiento de la población mayor de 60 años supera al de la población total del Distrito Federal. Territorialmente, la concentración también es mayor en el Distrito Federal.⁹

⁸(Sánchez Luna)

⁹(INEGI, 2011)

Al interior de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), el 62% del PIB es generado en el Distrito Federal. Los movimientos con dirección al centro de la conurbación son los de mayor volumen, en número de vehículos y de pasajeros, en el área.

El transporte de mercancías es un tema particularmente complicado para la Ciudad de México, ya que el Valle de México se presenta como un centro de intercambio comercial y de servicios para el centro de la república y en un sentido más amplio para el país. Se realizó un estudio por parte del Instituto de Ingeniería de la UNAM denominado <<Estudio Integral Metropolitano del Transporte de Carga y Medio Ambiente>> cuyos resultados indican que los vehículos de transporte de carga no sólo representan un medio de transporte más lento y que requiere vialidades de mayores dimensiones, sino que su promedio de antigüedad es de 29 años (para los vehículos del servicio público registrados en el Distrito Federal) lo que genera una mayor contaminación ambiental, además de ser un transporte menos confiable.¹⁰

El transporte de carga utiliza para sus desplazamientos 75 corredores principales designados por el Gobierno del Distrito Federal. En la Zona Metropolitana existen 20 zonas comerciales que generan y atraen viajes de distribución de mercancías, animales y alimentos.¹¹

Estas nuevas condiciones impactan a los patrones de movilidad que se han estudiado en la población de la Zona Metropolitana, modificando las condiciones de servicio en los diversos sistemas de transporte y la necesidad de infraestructura.

Se incrementan, al mismo tiempo, las distancias, tiempos y costos de traslado promedio para los habitantes de la ciudad, sin que se haya logrado reducir la saturación y congestión de las vialidades y del equipamiento de transporte.

Debido a los nuevos patrones de crecimiento de la Ciudad y a su acelerado ritmo, no se ha podido continuar con la dotación de servicios y equipamiento por igual a los habitantes de diversas zonas de la entidad. Las delegaciones más afectadas por estos problemas son las ubicadas en el sur-oriente, oriente y norte del Distrito Federal, además de algunas zonas periféricas de otras delegaciones.

Una parte importante de la responsabilidad de las autoridades de la Ciudad de México será que la construcción de infraestructura en la ciudad se encamine a la conservación de las condiciones de competitividad y esto sólo se logrará a través de la dotación de servicios con un nivel de funcionamiento satisfactorio a la totalidad de la población.

¹⁰(Gobierno del Distrito Federal, 2010)

¹¹IDEM

El vehículo automotor es la principal fuente de transporte de la Ciudad de México, ya sea en su modalidad pública o privada lo que genera una permanente necesidad de construcción, modernización y mantenimiento de la red vial urbana. La única forma de cambiar esta tendencia es convertir a la Ciudad de México en una urbe con perfil internacional y proveerla de transporte público de calidad y poner limitantes al uso del vehículo privado. Para la Zona Metropolitana del Valle de México se tienen los siguientes datos en el número de vehículos (2006):

Autos particulares	3,395,800	77%
Taxis	155,126	4%
Combis	239,746	5%
Microbuses	36,056	1%
Pick up	133,352	3%
Vehículos de Carga (3t máx.)	81,628	2%
Tractocamiones	60,938	1%
Autobuses	43,108	1%
Vehículos de Carga (más de 3t)	100,819	2%
Motocicletas	180,701	4%

1. Padrón Vehicular en la ZMVM

12

A continuación se presenta un estudio de la infraestructura con la que cuenta el Distrito Federal para permitir la movilidad de sus habitantes:

Existe una relación funcional entre las ciudades que conforman el centro del país (Querétaro, Pachuca, Toluca, Cuernavaca, Tlaxcala y Puebla) con las que se encuentra en desarrollo un proceso de conformación de una zona denominada Megalopolitana Regional, que se reflejaría en un incremento en la necesidad de proveer de medios de transporte a los flujos de mercancías y personas.

Para esto, la red carretera nacional ha incorporado una red de autopistas y caminos que debido a la localización del Distrito Federal al centro de esta región, ha tomado una forma radial que hasta el

¹²(INEGI)

momento de la construcción del Arco Norte de la Ciudad de México tenía como consecuencia que todos los viajes generados entre estas ciudades tuvieran como destino intermedio a la Ciudad de México.

Esta situación lleva a un incremento en las necesidades de infraestructura para los accesos y salidas de la Ciudad de México.

La ruta México-Toluca tiene el 35% del total de viajes generados entre la Ciudad de México y sus ciudades vecinas, a partir de ahí se tiene considerado que la ruta México-Puebla con 26%. Las otras tres entradas (Pachuca y Cuernavaca, 12% y Querétaro 9%) tienen un menor nivel de tráfico automotor.¹³

La red vial de la Ciudad de México era, en 2007, de 10 200km, de los cuales únicamente 913km son vialidades primarias. La normatividad internacional señala un déficit de 410km y la necesidad de construir cerca de 120km de vías de acceso controlado.

En la siguiente tabla se presenta la información emitida por la Secretaría de Transporte y Vialidad:

Tipo de Vía	Long.	%
Primaria	913	9%
Acceso Controlado	171	2%
Arterias principales	321	3%
Ejes Viales	421	4%
Secundarias	9,287	91%
TOTAL	10,200	

2. Red de vialidades del Distrito Federal

Se han reconocido los siguientes problemas en la infraestructura vial de la Ciudad de México:¹⁴

- a. El ritmo de crecimiento e intensidad de utilización del automóvil supera al incremento de la vialidad en los últimos años.

¹³(Secretaría de Comunicaciones y Transportes)

¹⁴(Gobierno del Distrito Federal, 2010)

- b. La severa congestión vehicular en horas pico se agrava en corredores estratégicos. En contraste, existen vialidades subutilizadas en horarios de máxima demanda.
- c. Hay puntos altamente conflictivos por discontinuidad, fragmentación o reducción de una misma vialidad. Existen problemas de la red de semáforos, señalización y falta de diseño integral de las intersecciones, ya sean a nivel o en desnivel.
- d. Las condiciones de conectividad del poniente del Distrito Federal es deficitaria en vialidad primaria. Se presentan insuficiencias de interconexión y conflictos viales localizados debido a la falta de rutas con dirección Norte-Sur.
- e. Existen problemas de saturación en los corredores de acceso al Distrito Federal ubicados en el Norte y Oriente:
 - i. México-Querétaro
 - ii. México-Pachuca
 - iii. Av. Carlos Hank González
 - iv. México-Texcoco
 - v. México-Puebla
 - vi. Los Reyes-Texcoco
 - vii. Peñón-Texcoco
- f. Falta de continuidad en la red de vialidades de acceso controlado:
 - i. Circuito Interior: 42km de longitud de los cuales sólo 23km han sido concluidos conforme a las especificaciones de vía de acceso controlado.
 - ii. Se realizó la evaluación de la pertinencia de la construcción de las siguientes etapas del segundo piso del Anillo Periférico, de sus resultados se llegó a la conclusión de continuar su construcción bajo el esquema de concesión.

Para facilitar los intercambios entre diferentes tipos de transportes se mantienen en operación los Centros de Transferencia Modal (CETRAM), que constituyen el equipamiento urbano más importante para la Ciudad de México. En el año 2007 se consideraban en operación 36 de los 46 Centros existentes en la Ciudad bajo la operación de SETRAVI.¹⁵

Estos centros de transferencia presentan problemas como el deterioro, insalubridad e inseguridad. Existe una cantidad importante de vendedores ambulantes que no permiten la libre circulación de los pasajeros. Este desorden ha promovido que los usuarios (concesionarios del transporte público) no realicen los pagos requeridos por el uso y aprovechamiento de las instalaciones.

¹⁵(Gobierno del Distrito Federal, 2010)

Los diferentes transportes que se presentan en los centros de transferencia son:

- a. Transporte concesionado
- b. Taxis
- c. Transporte del GDF
 - i. Sistema de Transporte Colectivo Metro
 - ii. Red de Transporte de Pasajeros
 - iii. Servicios de Transportes Eléctricos
 - iv. Metrobús

El transporte concesionado colectivo es aquél prestado en camionetas, microbuses y autobuses que representan la mayor parte de los viajes del área metropolitana, acaparando un 46% de los viajes, y el 65% de los viajes realizados en transporte público, por lo que es imperativo su reordenamiento y modernización. El Distrito Federal se encuentra dividido en 104 rutas con 1,150 ramales, los cuales son operados con vehículos de los que el 80% se encuentra fuera de los estándares de calidad establecidos por la normatividad.¹⁶

En el apartado de los taxis, en la Ciudad de México existen 108,000 unidades registradas, las que pueden mover 1'250,000 pasajeros diarios. Como todos los sistemas de transporte de la Ciudad de México se ha descuidado su mantenimiento y respeto a la normatividad, lo que ha generado que exista un número indeterminado de vehículos que ofrecen el servicio de forma irregular y que de aquellos vehículos que cuentan con la concesión, aproximadamente 70,000 ya no estén vigentes y cerca de 20,000 no han pasado la inspección físico-mecánica.

El Gobierno del Distrito Federal ha conservado el control sobre otros sistemas de transporte público, los cuales mantiene subsidiados como política social, además del sistema Metrobús donde se contempla una asociación entre el gobierno y la iniciativa privada.

El metro de la Ciudad de México tiene una red de 201 km y representa el medio de transporte de 4 millones de habitantes en un día hábil. Se tienen a la fecha 250 trenes en operación.

¹⁶(Gobierno del Distrito Federal, 2010)

Por parte del sistema de transporte de superficie, se cuenta con la Red de Transporte de Pasajeros con cerca de 1,300 autobuses que dan servicio a 650 mil pasajeros. Vinculan estaciones del metro con corredores importantes prestando un servicio de regulación del transporte público en la Ciudad.

Uno de los sectores que han sido más descuidados en los últimos años es el del transporte eléctrico. En el Distrito Federal se cuenta con dos tipos de transporte a cargo de Servicio de Transportes Eléctricos (STE): la red de trolebuses y el tren ligero.

La red de trolebuses cuenta con 16 líneas y dos corredores cero emisiones. Estos últimos han sido creados con el fin de rescatar este transporte en la Ciudad de México.

El tren ligero sólo cuenta con una línea que transporta a 20 millones de pasajeros al año. Se cuenta con 15 trenes que dan servicio en las horas de máxima demanda.

Por último, el sistema Metrobús, cuenta a la fecha con 3 líneas. Estas líneas fueron creadas por un sistema de asociación público-privado donde se busca aprovechar la capacidad de una empresa privada para la administración de negocios sin perder la rectoría del estado en el transporte público.

Tiene características del denominado *Bus Rapid Transit* (BRT) que son: operación regulada, carriles reservados, vehículos de mayor capacidad, infraestructura para el servicio y pago centralizado.

La línea 1 del sistema mueve alrededor de 250 mil pasajeros en un día hábil.¹⁷

Debido a estas condiciones, según un estudio realizado por la SETRAVI el gobierno del Distrito Federal debe tener como objetivo el optimizar la red vial existente con tres metas:

- a. Incorporar adecuaciones en vialidades primarias para el uso del transporte público y privado.
- b. Mejorar las conexiones externas e internas en distintas zonas de la ciudad donde se presentan viajes radiales innecesarios.
- c. Realizar nuevas obras y adecuaciones que ayuden a disminuir el impacto en tiempo y costo debido a la saturación vehicular, situación que afecta tanto al transporte público como al privado.

Se ha planteado la realización, a largo plazo, de un cambio de la estrategia del transporte que se lleva a cabo en la Ciudad. Conociendo las soluciones establecidas en las ciudades europeas se tratará

¹⁷(Gobierno del Distrito Federal, 2010)

de cambiar el enfoque de la movilidad en la Ciudad de México, permitiendo un desarrollo más rápido del transporte público, primero para llevar el servicio a todos los puntos de la capital y al mismo tiempo elevando la capacidad en zonas centrales siempre cuidando establecer y mantener un estándar de calidad que aliente a los ciudadanos a realizar el cambio de un transporte privado a uno público de mayor densidad.

Según la definición de su estrategia dice la SETRAVI en su Plan Integral de Transporte y Vialidad:

<<Consisten en el impulso de alternativas de Transporte Público de Calidad y Elevada Capacidad, que adicionalmente sean amables con el medio ambiente, promuevan un nuevo orden urbano, la recuperación del espacio público y se acompañen de opciones de movilidad alternativa... Enfatizando su función social atendiendo a los sectores sociales de menores ingresos, a los adultos mayores, a los grupos vulnerables y a las personas con capacidades diferentes>>. ¹⁸

El Gobierno del Distrito Federal también ha propuesto la creación de infraestructura que permita el desarrollo de métodos alternativos de transporte como pueden ser el transporte ciclista y las áreas peatonales. Siempre integrándolas a la red de transporte público que la Ciudad provee (Red de transporte de pasajeros, Metro, etc.) para permitir a los usuarios el hacer uso de estos medios de forma práctica y cotidiana.

Siguiendo esta práctica, el gobierno de la ciudad determinó necesaria la creación de calles peatonales en zonas turísticas del Centro Histórico, así como la creación de un sistema de transporte encabezado por ciclo taxis.

Se tiene contemplado un programa de vías y estacionamientos para bicicletas para realizar la conexión entre las zonas habitacionales y las estaciones de transporte público de alta densidad (Metro y Metrobús).

También se tiene contemplado fortalecer el sistema de transporte eléctrico de la ciudad, además del sistema metro, con la instalación de una línea de tranvía, la modernización del tren ligero y la construcción de los denominados <<Corredor Cero Emisiones>>.

Por último, en lo que respecta a transporte público, el gobierno de la Ciudad de México considera necesario la modernización de los Centros de Transferencia Modal para incorporarles el equipamiento que requieren para operar conforme a los estándares de calidad que se ofrecen a nivel mundial.

¹⁸(Gobierno del Distrito Federal, 2010)

En 2007, para conocer las nuevas condiciones de movilidad de la Zona Metropolitana del Valle de México y poder adecuar los planes de desarrollo y de construcción de infraestructura, el INEGI realizó un estudio al que denominó <<Encuesta Origen-Destino 2007>>. La realización de este estudio tuvo por objetivo identificar los factores como motivos de desplazamiento, horarios, distribución territorial y perfil de la población, entre otros. Lo cual resulta fundamental para poder caracterizar las pautas de movilidad de los habitantes de la Zona Metropolitana del Valle de México. Obteniendo los siguientes resultados:

- a. El Distrito Federal concentra en su área central los puntos de mayor atracción de desplazamientos.
- b. Se presentan 22 millones de viajes por día, de éstos, casi 7 millones (una tercera parte) se realizan en transporte privado, el 60% son en el Distrito Federal.
- c. Los 22 millones de viajes diarios fueron divididos en el estudio en 30.6 millones de tramos de viaje.¹⁹

Al concluirlo, se reconocieron siete motivos de desplazamiento en el estudio: Trabajo, estudio, llevar o recoger a alguien, compras, social y diversión, trámites e ir a comer. Teniendo los siguientes resultados:

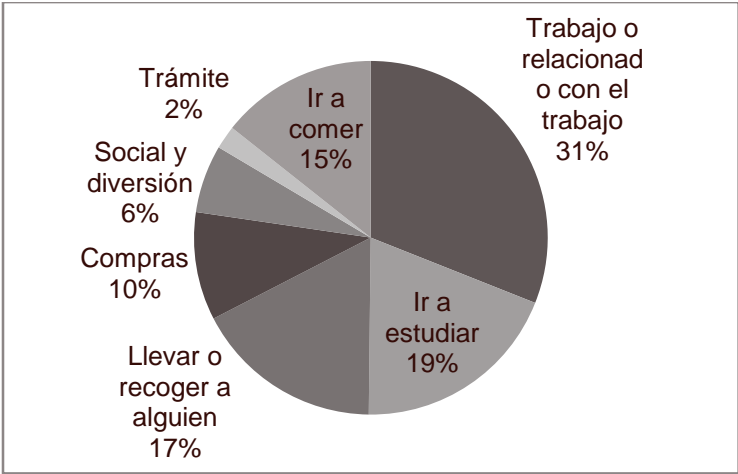


Gráfico 1. Motivos de desplazamiento

Podemos observar que casi la mitad de los viajes metropolitanos tienen como destino el trabajo y 16% el estudio (sin descontar los viajes de regreso), lo que se relaciona con los flujos y necesidades de la Ciudad.

¹⁹(INEGI, 2007)

Más de la mitad de los viajes se concentran en 10 delegaciones (municipios en el estado de México):

Delegación o Municipio	Viajes
Iztapalapa	8.3%
Cuauhtémoc	7.7%
Gustavo A. Madero	6.6%
Ecatepec de Morelos	6.6%
Coyoacán	5.0%
Benito Juárez	4.5%
Álvaro Obregón	4.3%
Miguel Hidalgo	4.3%
Naucalpan de Juárez	4.3%
Nezahualcóyotl	4.1%

3. Distribución de los viajes por delegación o municipio

No todas las delegaciones y municipios tienen el mismo tipo de viajes.

El promedio de viajes en la Zona Metropolitana es de 2.4; en el Distrito Federal, las delegaciones con mayor cantidad de viajes producidos y atraídos son Iztapalapa, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero y Coyoacán. En Cuauhtémoc, la cantidad de viajes atraídos por trabajo (45.5%) se explica porque allí se concentran las actividades económicas del Valle de México.

En Iztapalapa, se concentra alrededor de una quinta parte de la población del Distrito Federal, sin embargo sólo el 22% de los viajes que ha atraído son por regreso al trabajo.

En Coyoacán, el 18% de los viajes que atrae son por motivo de estudios lo que se entiende si se considera que en esta delegación se ubica la Universidad Nacional Autónoma de México.

Al considerar el origen y destino de los viajes se puede apreciar que Milpa Alta, Xochimilco, Iztapalapa y Cuajimalpa son delegaciones donde más de la mitad de los viajes efectuados tienen como origen y destino la misma delegación.

El estudio al contemplar los motivos y horarios para realizar los viajes proporciona también información acerca de las características de los usuarios, tipo de transporte, cantidad de usuarios por vehículo, etc. A continuación se presenta un desglose de los datos recopilados:

- a. Las delegaciones que atraen una mayor cantidad de viajes por trabajo o actividades relacionadas con el mismo son: Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo y Benito Juárez; por centros comerciales: Cuauhtémoc, Iztapalapa y Venustiano Carranza; y con destino a actividades escolares o de educación: Coyoacán, Gustavo A. Madero y Cuauhtémoc.
- b. La mayor parte de los viajes se realizan hacia la zona central del Valle de México (Delegaciones: Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo, Venustiano Carranza y Benito Juárez) con excepción de los de estudios, cuyos viajes se concentran en Ciudad Universitaria y las instalaciones del Instituto Politécnico Nacional en la Delegación Gustavo A. Madero.

Se estudió el horario de los desplazamientos, con el fin de obtener las horas de máxima demanda y la distribución de los movimientos en la Ciudad de México obteniendo los siguientes resultados:

- a. Existen 3 periodos de máxima demanda: matutino de 6:00 a 9:00, medio día entre las 13:00 y las 16:00 y un periodo vespertino de las 17:00 a las 20:00.
- b. Los viajes durante el primer periodo de máxima demanda los realiza la mayor parte de la población económicamente activa y escolar al trasladarse al sitio de sus actividades. Este periodo equivalió al 26.8% de los viajes diarios.
- c. Durante el periodo de medio día se realizan el 19.3% de los traslados diarios. El flujo está dado por los trabajadores que salen a comer y es coincidente con los que terminan sus actividades escolares.
- d. A las 17 h comienza el último periodo de máxima demanda que representa el 17.3% de los viajes. En este periodo los viajes son motivados por el retorno de los trabajadores (Población Económicamente Activa) a sus hogares o a realizar otro tipo de actividades.

La duración de estos viajes dependerá de su destino o motivo del traslado. En zonas metropolitanas grandes los viajes son largos, sobre 30min, en la Ciudad de México la duración promedio es de 89 minutos entre el sitio de su actividad cotidiana y el de pernocta en algunos municipios del Estado de México. De no tomarse medidas drásticas la tendencia de estos valores es de incrementarse. En la siguiente tabla se indican tiempos y costos obtenidos durante la realización de la Encuesta Origen-Destino 2007 por el INEGI.

Área Geográfica [Origen-Destino]	Tiempo promedio			Costo promedio	
	Público	Privado	Mixto	(MXN)	
Promedio ZMVM	00:58	00:41	01:21	\$	8.42
DF - DF	00:51	00:38	01:12	\$	6.94
EDOMEX - DF	01:29	01:06	01:38	\$	10.81
EDOMEX - EDOMEX	00:47	00:32	01:01	\$	8.95

4. Costo promedio por viaje por Origen-Destino

2.2 Proyectos de infraestructura por construir

Las obras de infraestructura que requiere la ciudad se pueden separar en transporte privado y público, se planea la modernización de vialidades como parte de un plan integral para cada una de las zonas de la Ciudad de México (Norte-Oriente-Poniente-Sur) y la construcción y concesión de nuevas vialidades de altas especificaciones que funcionarán a partir del cobro de peaje al usuario final.

A continuación se analizará un poco más a detalle cada una de las propuestas del gobierno de la Ciudad en cuanto a construcción de infraestructura en el corto y mediano plazo.²⁰

a. Ampliación del servicio del Sistema de Transporte Colectivo-Metro

Actualmente se trabaja en la construcción de la 12^a línea del Sistema, resolviendo el problema de conectividad entre las líneas que llegan al sur de la Ciudad estableciendo una línea que unirá oriente con poniente y con las actuales líneas 2, 3, 7 y 8; además de una extensión que llevará el servicio de metro a la zona Sur-oriente del Distrito Federal, que concentra población de bajos ingresos. En total la línea tendrá 24.5km de longitud.

A futuro existe un Plan Maestro que incluye la construcción de nuevas líneas. Durante el periodo de construcción se genera una alteración a la movilidad de los habitantes de la región por donde va a cruzar. Esta afectación incluye cierres de vialidades de forma longitudinal y transversal al trazo de la obra. Se han tomado medidas que permiten disminuir la amplitud y la duración de las afectaciones, sin embargo el efecto no ha sido del todo eliminado.

b. Sistema Metrobús

Se quiere integrar una Red de Servicio del Sistema Metrobús, que reduzca la desorganización que impera en la operación del sistema de transporte público de superficie, el

²⁰(Gobierno del Distrito Federal, 2010)

actual tiene como consecuencias accidentes, contaminación, servicio deficiente y uso poco eficiente de la infraestructura vial de la Ciudad. Según estimaciones del gobierno se deberán construir 7 líneas en los próximos años, además de las 3 que se encuentran en operación para poder considerar este sistema como exitoso.

Busca integrarse a los demás sistemas de transporte, construyendo estaciones de paso y de terminal, en las que se implementará un sistema de transferencia modal.

La construcción de la infraestructura para que este sistema de transporte opere es un caso particular para el tema de movilidad. La construcción de las primeras líneas ha generado efectos en la movilidad que han resultado permanentes. Estas afectaciones se han presentado debido a que el sistema, por diseño, y posiblemente por defecto, requiere la eliminación de dos de los carriles utilizados para el tráfico de vehículos privados, además del área requerida para la instalación de las estaciones y de la infraestructura para el uso de los autobuses.

Los autobuses requieren modificaciones al proyecto geométrico de los carriles donde se va a instalar el sistema, lo que ha generado la necesidad de rediseñar la vialidad por la que cruza. De no realizarse estas modificaciones, el sistema degenera en un medio de transporte que entorpece el flujo de los demás vehículos y en una fuente probable de accidentes.

Además, las condiciones del sistema tienen como resultado una mayor restricción a la circulación durante el proceso de construcción, como en el caso del metro, de forma longitudinal así como transversal. Cuando el sistema se encuentra operando, la movilidad se restablece con excepción de las restricciones contempladas en el proyecto mismo..

c. Corredores Cero Emisiones

Es el siguiente paso en la modernización del sistema de Servicios de Transportes Eléctricos (STE) en el Distrito Federal. Los corredores Cero Emisiones consisten en la creación de una ruta donde el único medio de transporte público permitido sea una línea de trolebús. Para este efecto, se realiza un estudio de las necesidades de la ruta para incorporar el número de vehículos necesarios para proveer el servicio al usuario. Adicionalmente se delimita el carril de uso exclusivo para el transporte público y se modifica la imagen y el mobiliario urbano necesario para señalar las paradas de los trolebuses y la ruta a seguir.

Este sistema no genera afectaciones importantes durante su construcción ya que hace uso de la vialidad como fue diseñada desde la creación de los ejes viales, aunque al igual que en el Metrobús se debiera colocar una superficie de rodamiento de mayor resistencia y una confinación total del carril por el que circula.

d. Tranvía

Otro sistema que se incorporaría al servicio proporcionado por transportes eléctricos es el tranvía, que en un principio se tuvo contemplado en una ruta Buenavista-Centro Histórico, pero que al verse detenida esta opción se puede considerar en otras rutas de la zona centro de la Ciudad.

Para su instalación se requiere la construcción de vías que permitan su circulación y estaciones que para que los usuarios lo aborden. La inversión por realizar es mucho mayor que la del sistema BRT denominado Metrobús, lo que compensa con una capacidad mayor.

e. Calles con integración con todos los modos de movilidad

Este programa resulta de la necesidad de fomentar el uso de medios de transporte alternativos para los desplazamientos dentro de la Ciudad de México. Consiste en realizar las adecuaciones necesarias en la vialidad que permitan el tráfico seguro de bicicletas, peatones y, en determinadas rutas, del transporte público. El construir corredores con estas características elevará el número de usuarios que opten por las alternativas de transporte público y personal.

Las obras relacionadas con este proyecto son:

- i. Separación del tráfico privado del transporte público a través de la instalación de carriles de uso exclusivo del transporte público, con separación física o delimitada por señalamientos horizontales y de manera simultánea hacer la modernización de los vehículos.
- ii. Separación del tráfico motorizado del peatonal y del no motorizado. Se logrará por medio de la instalación de carriles exclusivos para el uso de vehículos no motorizados, del mismo modo que los carriles de transporte público, pueden ser delimitados a través de señalamiento horizontal y vertical o a través de carriles con separación física de la calzada destinada al transporte motorizado.
- iii. Un componente intrínseco de este proyecto es la reducción de la capacidad de la vialidad en cuanto al transporte privado (automóviles). Sin embargo, una vez que sea puesto en operación, el número de usuarios que requieren hacer uso de estas vialidades con vehículos propios será menor al actual debido a las mejoras realizadas a los transportes alternativos.
- iv. Por las dificultades intrínsecas de la obra se deberán crear alternativas para la circulación de los vehículos antes, durante y después de la puesta en marcha del proyecto, ello reducirá la afectación a unos usuarios en beneficio de otros.

f. Zonas de tráfico calmado

Esta expresión proviene del término aplicado en los EE. UU., y su objetivo es disminuir la velocidad de los vehículos motorizados en una sección particular de la vía. Se realiza para incrementar la seguridad de los habitantes de los sectores residenciales y reducir el tráfico pesado en la zona para disminuir la contaminación acústica.

Estas áreas se crean reduciendo la capacidad de una vía, ya sea de forma aparente o real. Se logra a través de la instalación de obstáculos al tráfico: reductores de velocidad y modificaciones al proyecto geométrico. Su función consiste en desalentar el paso del usuario por las vías secundarias. Se instalará preferentemente en áreas residenciales y en aquellas en donde se pretenda dar prioridad al peatón.

La creación de dichas zonas se puede usar como un recurso para evitar que el tráfico que se ha desviado de una vialidad primaria durante la construcción de un proyecto, continúe circulando a través de las zonas residenciales y así cumplir con la promesa de no afectar de forma permanente áreas que se encuentren fuera del trazo del proyecto en estudio.

g. Modernización de los Centros de Transferencia Modal creación de nuevas

Como ya se mencionó, existe un problema de orden en los Centros de Transferencia Modal existentes en la ciudad. Los CETRAM se encuentran invadidos por vendedores ambulantes y el transporte concesionado que ahí opera se encuentra desordenado y proporciona un servicio de calidad deficiente. Se han llevado a cabo proyectos de modernización de su operación y estructura, un ejemplo es el CETRAM ubicado en la estación terminal de la línea B del STC Metro, en Cd. Azteca, Municipio de Ecatepec, Estado de México.

h. Obras de modernización de vialidades

Son obras que inciden directamente en la movilidad de los usuarios de las vialidades que se encuentran saturadas y por tanto requieren de ampliación, reparación, cambio de trazo o modernización.

Se debe realizar la programación de las actividades y restricciones a la circulación con el fin de proveer a los usuarios de alternativas de acuerdo a los estudios realizados al respecto.

El flujo de vehículos no sólo se ve afectado sobre el trazo del área en construcción, sino que también tiene repercusiones sobre vialidades transversales y se genera un efecto en un área completa alrededor de la zona de trabajos.

3. Propuesta de metodología para la determinación de requerimientos de capacidad en las vías alternas propuestas

3.1 Características y propiedades del diseño geométrico

Para analizar la viabilidad de una propuesta de alternativas a la ruta afectada por el proyecto de construcción se deben conocer los factores que afectan la capacidad de llevar a cabo la función para la cual fue diseñada, tomando en cuenta las necesidades agregadas durante el proceso objeto de este estudio.

En primer lugar, se deben considerar las características del diseño geométrico de la vialidad, ya que es la parte cuya participación es más importante para determinar la capacidad y por tanto en el volumen de servicio (VS).

La forma en que cada uno de estos afecta la capacidad de la vía se detalla a continuación:

- a. **Ancho de carril:** Determina la capacidad al incrementarse la posibilidad de que un vehículo invada otro carril del mismo sentido de circulación, o en el caso de las vías de 2 carriles el tiempo que un vehículo invade el sentido contrario de circulación durante una maniobra de rebase.
- b. **Obstáculos laterales:** En altos volúmenes de tráfico, la presencia de obstáculos en las orillas de la calzada (a una distancia menor de 1.80m) reduce la sensación de seguridad en el conductor y por tanto, éste, disminuye la velocidad a la que se siente cómodo. El efecto es menor en los casos en que los obstáculos son continuos, ya sea una barrera metálica o de concreto. La existencia de un obstáculo en un sitio determinado de una carretera puede generar un congestionamiento por la diferencia en la capacidad de la vía, inclusive si éste no se encuentra físicamente dentro de la calzada. Para fines de estudio, se considera un binomio consistente en los factores de ancho de carril y obstáculos laterales.
- c. **Acotamientos:** Además de representar un refugio para los vehículos descompuestos en aquellos casos donde se presentan condiciones de máxima demanda en la carretera, los acotamientos representan un incremento en el ancho efectivo de los carriles adyacentes.
- d. **Carriles auxiliares:** Permiten la utilización de los carriles de la carretera para el fin principal, el tránsito de largo itinerario, mejorando el nivel de servicio de la vialidad e incrementando la seguridad. No significan un aumento en la capacidad de los carriles principales de la carretera.
- e. **Alineamiento:** Mantiene una relación recíproca con la velocidad de proyecto, y en conjunto, inciden en el volumen de servicio de una vía.

Una vez que se han considerado estas características físicas del camino, se debe proceder al análisis del tráfico que requiere la vía. Los factores relativos al tráfico influyen en la capacidad y volumen de servicio del camino. Sus principales características se mencionan a continuación:

- a. **Camiones:** Reducen la capacidad de un camino en un porcentaje que depende de las características físicas de la vialidad. Para realizar el estudio se debe considerar que el tráfico mixto se convertirá a través de un factor a un tráfico ligero equivalente. El análisis es menos preciso en carreteras de carriles múltiples debido a la distribución del tráfico a través de ellos.
- b. **Autobuses:** Su afectación a la capacidad de una vía es menor, por lo que, sólo se realizará el cálculo cuando su porcentaje sea elevado, en caso contrario se deberán agregar al porcentaje de vehículos pesados del tráfico.
- c. **Interrupciones de tráfico:** Su efecto puede repercutir en puntos críticos del camino que se localizan antes de la interrupción. Se pueden clasificar en: intersecciones a nivel y otras causas (casetas de peaje, cruceros de ferrocarril, puentes móviles).

Estos factores se tomarán en consideración y se añadirán otros relevantes dependiendo del tipo de vialidad por analizar.

RESTRICCIONES	Autopistas y Vías Rápidas	Caminos de 2 carriles	Caminos de carriles múltiples	Arterias Urbanas	Calles de la zona central
Ancho del carril	X	X	X		
Obstáculos laterales	X	X	X		
Camiones	X	X	X	X	X
Autobuses	X	X	X	X	
Pendiente	X	X	X		
Entrecruzamientos	X				
Enlaces	X	X	X		
Interrupciones del tráfico		X	X	X	X
Sistema de semáforos				X	X
Sentido de operación				X	X

5. Factores de análisis por tipo de vialidad

Como se puede apreciar en la tabla anterior, las características de cada tipo de camino determinan los puntos que se analizarán. El estudio para determinar la capacidad deberá tener en consideración que cada caso es diferente. A continuación se detallan las principales características de cada uno de los tipos de camino:

a. Autopistas y vías rápidas:

- i. Obstáculos laterales: Generan una reducción en el ancho efectivo del carril, provocando una menor capacidad de la vía en los puntos donde éstos se encuentren. Sin embargo, la presencia de obstáculos continuos, como pueden ser las barreras laterales, son asimilados como parte del camino por el conductor habitual, lo que produce un impacto menor a los obstáculos aislados.
- ii. Camiones y Autobuses: El impacto que estos generan depende sobretodo de la pendiente del tramo a estudiar, siendo mayor para los camiones que para los autobuses, por lo que los últimos sólo se analizarán de forma particular en los casos en que representen un porcentaje importante del tráfico.
- iii. Zonas de entrecruzamiento: Representan los puntos críticos en el análisis de las vías rápidas, su diseño debe ser tal que permita conservar el nivel de servicio a través de ella.
- iv. Interrupciones de tráfico: Ocasionan situaciones ajenas al diseño del camino, por lo que se evitará la presencia de puntos fijos de interrupción al tráfico.

b. Carreteras de carriles múltiples:

- i. Obstáculos laterales: Los ajustes por obstáculos en ambos lados deberán usarse únicamente cuando el camino esté separado temporalmente por obstáculos en dos calzadas, por ejemplo cuando se instalan barreras centrales, elementos estructurales de pasos a desnivel y obstrucciones que tengan las mismas características, siempre y cuando estos estén colocados a una distancia menor de la que separa a los dos sentidos de tráfico no dividido.
- ii. Interrupciones fijas de tráfico: A diferencia de las autopistas, en estas vías se pueden presentar cruces a nivel, intersecciones controladas con semáforos y señales de alto. El desarrollo de actividades comerciales a lo largo de la ruta genera interrupciones adicionales, lo que requiere un análisis puntual y obliga a realizar un estudio global de la ruta.

c. Carreteras de dos carriles:

- i. La restricción principal en la capacidad de estos caminos es la distancia de visibilidad de rebase en el tramo debido a que un incremento del volumen de tráfico genera rápidamente un decremento en la velocidad de operación.

- ii. Interrupciones de tráfico: tienen un efecto mucho mayor que en otro tipo de caminos y se deben considerar en los estudios.

d. Arterias Urbanas:

- i. Velocidad global: se debe considerar esta velocidad en vez de la de operación debido a la dificultad que existe en predecir las interrupciones, cuyo efecto varía de acuerdo al volumen y las variaciones en la capacidad de las intersecciones. Para determinar esta velocidad se debe considerar: Límites de velocidad, número de intersecciones y conflictos a la mitad de la cuadra.
- ii. Progresión del sistema de semáforos: La capacidad se determina como la máxima utilización de la arteria durante periodos de luz verde en las intersecciones controladas por semáforo. Por lo que es importante la concepción del sistema de semaforización para que los ciclos permitan maximizar los tiempos.
- iii. Operación en uno o dos sentidos: la capacidad se ve disminuida por las condiciones en los movimientos de vuelta en todo el tramo.

e. Calles de la zona central:

- i. Su función es dar servicio al tráfico generado por los negocios locales.
- ii. El análisis se debe hacer intersección por intersección por medio de los procedimientos para arterias urbanas, después, conociendo los tiempos de recorrido se puede determinar la velocidad global a lo largo del tramo.²¹

A continuación se mostrará el procedimiento para llevar a cabo el análisis de las intersecciones controladas por semáforo:

Para obtener la capacidad de la entrada a cualquier intersección controlada por semáforo se requiere tener los siguientes datos:

- a. **Ancho de la calzada.** Para el análisis de las intersecciones urbanas, es más importante el ancho de la calzada que el número de carriles, de esto depende la capacidad general de la intersección en vehículos por hora de luz verde, unidad de medida que representa la cualidad de cualquier sistema de semáforos de soportar tráfico similar a las vías de acceso controlado durante los periodos de luz verde. El factor se analizará más adelante.

²¹(Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991)

- b. **Nivel de Servicio.** Al no poder medir este factor a través de la velocidad de operación, como se realiza en otros casos, la capacidad del camino se representa como la cantidad de vehículos que pasan por la vialidad durante los periodos de luz verde y el nivel de servicio como el porcentaje de ocupación de dicha capacidad máxima. A partir del nivel de servicio se obtiene la capacidad real presenta el camino en la entrada de la intersección. En aras de encontrar la capacidad en vehículos por hora de la intersección debe multiplicarse por el tiempo que se tiene luz verde para ese movimiento en la intersección.
- c. **Respuesta de los conductores.** La capacidad de una intersección se ve afectada por el tiempo de respuesta de los conductores, el cual se ha determinado está en función del tamaño de la ciudad en la que acostumbran circular, si lo hace en ciudades mayores, tiene tiempos de respuesta menores. Este factor indica que en una ciudad de más de un millón de habitantes la respuesta de los conductores produce un incremento cercano al 30% en la capacidad sobre aquellas localizadas en ciudades menores a cien mil habitantes.
- d. **Ubicación.** El volumen de tráfico que tiene capacidad una intersección depende de su ubicación dentro de la propia ciudad. Para este propósito se han dividido las ciudades en 4 categorías: Zona Centro, Zona Circundante, Zona Comercial fuera del Centro y Zona Residencial.
- e. **Factores adicionales.** También está relacionada la capacidad con el número de sentidos de la calle y si está permitido o no el estacionamiento en el camino (por lo menos 75 m antes de la intersección para poder considerarlo como Zona sin Estacionamiento). La diferencia en capacidad entre dos zonas puede ser hasta de un 25%, tomando en consideración que los factores anteriores son consistentes. En caso de que se prohíba el estacionamiento en una zona se puede obtener un incremento hasta de 125% en la capacidad del camino (caso de un camino de un solo sentido de circulación y 6m de ancho de calzada), esta ventaja disminuye conforme el ancho de la calzada aumenta. Del mismo modo, cambiar la circulación de una calzada de dos a un sentido implica un incremento en la capacidad total del camino, considerando el tráfico en ambos sentidos, únicamente cuando se permite el estacionamiento sobre el camino, sin embargo se debe considerar el mejor aprovechamiento de la capacidad instalada en una hora determinada, mayor mientras la diferencia en la dirección del tráfico en el tiempo sea más marcada.

W (m)	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
6	1,800	800	400	1,600	1,000
8	2,350	1,600	1,120	2,120	1,500
10	2,900	2,200	1,750	2,650	1,900
14	4,200	3,500	3,100	3,750	2,300
18	5,550	4,750	4,300	4,750	3,680

6. Capacidad de las arterias urbanas por características y ancho de la vía

Vehículos por hora por tipo de camino, donde:

T-1: Calle de un sentido, sin estacionamiento

T-2: Calle de un sentido, con estacionamiento en un lado

T-3: Calle de un sentido, con estacionamiento en ambos lados

T-4: Calle de dos sentidos, sin estacionamiento

T-5: Calle de dos sentidos, con estacionamiento.²²

3.1.1 Análisis de las ventajas del cierre temporal de las intersecciones no prioritarias

Los estudios anteriores toman consideraciones estándar en las características del tráfico y los movimientos que los conductores realizan al llegar a una intersección, aquí se propone analizar el impacto que tendría en un camino eliminar las vueltas, tanto derecha como izquierda para generar un camino exclusivamente para trayectos largos.

En primer lugar, al llevar a cabo el análisis de la capacidad de una arteria urbana se considera entre los parámetros estándar la presencia de vueltas a la derecha e izquierda del 10% del tráfico, al reducir a cero el número de vueltas en ambos sentidos, tenemos una ventaja que puede ser de hasta el 15% en una vialidad de 7m de ancho con dos sentidos de circulación.

²²(Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991)

Como hemos observado la falta de aplicación del reglamento de tráfico, sobre todo la restricción de estacionamiento y parada sobre la vía pública genera una disminución muy importante en la capacidad de un camino o vialidad determinada.

3.2 Estudio de las acciones de respuesta y sus efectos

Previo al inicio de la obra, se llevará a cabo la delimitación del área necesaria para llevarla a cabo, con lo que se puede considerar éste el momento en el que se requieren las rutas alternas y modificaciones a las vialidades actuales. El programa de obra puede permitir generar un proceso de transición donde el conductor se vaya acostumbrando a las reducciones y por tanto realizar un cambio gradual a las nuevas rutas sugeridas. Este procedimiento permite evaluar la respuesta correcta de las alternativas y aplicar correcciones en caso de requerirse.

La programación de las áreas que necesitan delimitación de acuerdo a las actividades a realizar durante la construcción puede llevar a un mejor aprovechamiento de los tiempos y espacios con el objetivo claro de reducir las consecuencias económicas y sociales que generan dichos cierres. Dependiendo de la magnitud de la obra a realizar, del tiempo de construcción y de la relevancia en cuestión de movilidad que tenga el área que resultará afectada se debe definir cuál es el costo real de los cierres, no sólo para el constructor sino para la sociedad que, al final, es el usuario de los trabajos de construcción a través del producto terminado.

Una vez que está definida el área mínima a afectar, y el tiempo en el que esta afectación debe llevarse a cabo, el siguiente paso es realizar un programa que establezca las características que deben cumplir las rutas alternas, contemplando la capacidad adicional que les va a ser requerida, así como los tiempos en que deben de estar habilitadas, tanto para la apertura como cuando ya no sea necesario su uso.

Enfocándose a la capacidad de las rutas alternas, se debe tener en cuenta que la razón principal para requerir su habilitación es la saturación que, en primer lugar, presentan las vialidades de la Ciudad de México.

Para este estudio se interpreta que para satisfacer la demanda adicional, que se genera durante el tiempo del proyecto, sobre estas rutas alternas se debe incrementar la capacidad de las mismas de forma proporcional. Como se ha mencionado con anterioridad, los factores principales que determinan la capacidad en las arterias urbanas son el ancho del camino, la ubicación dentro de la ciudad, los vehículos que dan vuelta hacia el camino en estudio, la composición del tráfico y la circulación de autobuses urbanos.

Para la habilitación de estas vialidades con el fin de que cumpla con la función esperada debe ser un compromiso entre los factores:

- a. Economía
- b. Tiempo de habilitación
- c. Seguridad
- d. Facilidad de uso

Si no se toma en cuenta alguno de esos factores para el diseño de las soluciones, se puede poner en problemas la viabilidad del proyecto original a partir de la falta de eficacia de las adecuaciones convirtiéndolas en una carga económica que no proporciona resultados positivos.

Los primeros dos factores tienen como característica que afectan al constructor: si se proponen rutas alternas que requieren una fuerte inversión para ser viables, éste costo será transferido al constructor e irían en detrimento de sus utilidades. Asimismo, si el tiempo que se requiere para la habilitación de las rutas es muy largo, el retraso afectaría al proyecto original y por tanto, iría en contra de la razón principal para ser construidas, convirtiéndolas en una imposibilidad.

Los siguientes factores representan la calidad de la vía y afectan directamente al usuario, si este último no se siente cómodo utilizando la nueva ruta, invariablemente regresará al camino original rompiendo con el objetivo que es minimizar el daño que se genera durante la construcción a la movilidad dentro de la ciudad.

Siguiendo la pauta marcada por los factores anteriores, las adecuaciones para incrementar la capacidad de las rutas alternas para satisfacer la demanda adicional deben ir ordenadas de menor a mayor costo y de menor a mayor complejidad. Usualmente estos dos conceptos: costo y complejidad van aumentando de forma directamente proporcional, pero es importante no perder de vista ninguno de ellos para evitar problemas durante la ejecución del proyecto.

En este caso, al estar localizado en la Ciudad de México, el reglamento de tráfico favorece el máximo aprovechamiento de la capacidad de las vialidades. Las normas que estudiamos en este caso son la prohibición de estacionamiento en vías primarias y de las vueltas izquierdas en vías de doble sentido.

Fuera de las vías primarias, estas acciones deberán ser las primeras las primeras acciones a realizar puesto que son las soluciones que incrementan de forma más importante la capacidad de un camino sin realizar modificaciones al proyecto geométrico, por tanto, las soluciones más baratas.

A continuación analizaremos cada una de las propuestas, sus ventajas y afectaciones probables:

a. Eliminación del estacionamiento:

- i. **Características:** Esta medida aplica restricciones de estacionamiento en el camino en cuestión. Se puede realizar por horario, de forma parcial o en la totalidad del camino. Es la primera opción debido al gran efecto que tiene en la capacidad del camino, se deberá evaluar las necesidades de cada tramo para tomar la decisión.
- ii. **Requisitos:** Instalación de señales verticales indicando la aplicación de la nueva regla. Requiere de vigilancia por parte de las autoridades para garantizar su efectividad, constante en un principio y ocasional una vez que el usuario se haya acostumbrado a la medida. Delimitación de las nuevas áreas de estacionamiento, se debe procurar indicar alternativas en las calles cercanas o señalar la localización de estacionamientos públicos.
- iii. **Ventajas:** Incremento muy importante en la capacidad de una vialidad. Costos mínimos de instalación, sólo requiere señalamiento vertical y horizontal.
- iv. **Desventajas:** Requiere supervisión de la autoridad para vigilar su cumplimiento incurriendo en costos adicionales. Genera molestias a los vecinos y zonas comerciales instaladas sobre la ruta que puede producir conflictos. Incrementa la necesidad de lugares de estacionamiento en las zonas afectadas, desviando los problemas de tráfico a calles cercanas.

b. Eliminación de vueltas izquierda en vías de dos sentidos:

- i. **Características:** Se limita el número de movimientos comenzando por el que más afecta el tráfico que sigue de frente, logrando un incremento en la capacidad de la ruta. No siempre es conveniente llevarlo a cabo en todos los cruces, depende de las necesidades del tráfico local y las alternativas posibles.
- ii. **Requisitos:** Instalación de señales verticales indicando la aplicación de la nueva regla. Vigilancia de parte de las autoridades para obligar a los usuarios al cumplimiento de las nuevas disposiciones, por lo menos durante los primeros días de forma permanente y ocasional en un futuro. Habilitar alternativas para permitir que los usuarios realicen el movimiento, y en ciertos casos, se deben construir carriles para ese fin que pueden tener controles especiales en el ciclo de los semáforos.
- iii. **Ventajas:** Incremento en la capacidad. Redistribución del tráfico local. Mejor aprovechamiento de los ciclos de los semáforos y al reducir el número de movimientos facilita la programación en toda la ruta.

- iv. **Desventajas:** Requiere supervisión por parte de la autoridad. Genera recorridos mayores para realizar el mismo movimiento. En caso de habilitar carriles especiales se requiere espacio adicional afectando áreas verdes. Modifica los patrones de tráfico en las calles aledañas.

c. Eliminación de vueltas a la derecha:

- i. **Características:** Limita el número de movimientos en la intersección, el incremento de la capacidad del camino es mínimo, pero permite una redistribución del tráfico local en calles aledañas.
- ii. **Requisitos:** Instalación de señales verticales y horizontales indicando la aplicación de la nueva regla. Requiere de vigilancia por parte de las autoridades para garantizar su efectividad, constante en un principio y ocasional una vez que el usuario se haya acostumbrado a la medida. Instalación de señales que ofrezcan rutas alternas para los usuarios locales. Programa de información para dar a conocer la temporalidad del programa y alternativas.
- iii. **Ventajas:** Redistribución del tráfico local. Mejor aprovechamiento de la ruta para usuarios de trayectos largos. Permite tener una mayor velocidad global por el menor número de interrupciones en el tráfico
- iv. **Desventajas:** Genera una fuerte disrupción social al no permitir el aprovechamiento de la vialidad para usuarios locales. Requiere una mayor supervisión de las autoridades. Sus ventajas no son evidentes para el usuario local.

d. Modificaciones a la programación de semáforos en las intersecciones:

- i. **Descripción:** Incremento a los tiempos de luz verde para la dirección de la ruta, estas modificaciones son difíciles de llevar a cabo porque interrumpen el flujo transversal a la ruta que se quiere habilitar, deben realizarse después de un análisis profundo de sus consecuencias y prever las alteraciones en el flujo transversal y, si es necesario, llevar a cabo algún proyecto de mitigación.
- ii. **Requisitos:** Cumplir con el análisis de los cambios que generará la nueva programación. Realizar la modificación de forma que se respete la progresión del sistema de semáforos, permitiendo un avance constante de los vehículos en la arteria principal.

- iii. **Ventajas:** Incremento de la capacidad de la ruta. Se puede programar para que el ajuste se realice únicamente para los tiempos de máxima demanda y respetar los tiempos actuales cuando no sea necesario el incremento en capacidad.
- iv. **Desventajas:** Altera la capacidad y por tanto el flujo de todas las vías transversales. Si no se analiza adecuadamente, puede servir únicamente para mover el punto crítico a otros tramos cuyas características geométricas limiten la capacidad.

Además de estas opciones, existen alternativas que implican la modificación física del camino: ampliación del número de carriles, construcción de carriles auxiliares para los movimientos de vuelta, construcción de pasos a desnivel, etc.

También se han realizado modificaciones con el fin de habilitar desde un carril hasta la totalidad de la vía para funcionar en diferentes sentidos dependiendo de la dirección de la demanda, estos trabajos pueden mejorar el flujo aprovechando la capacidad subutilizada de las vialidades durante las horas cuya demanda sea inferior a la máxima para satisfacer las necesidades de transporte de la dirección contraria; sin embargo, antes de llevar a cabo una adaptación de esta naturaleza de la infraestructura se deben analizar las consecuencias de incrementar la capacidad de este modo, donde se requiere un área para la redistribución del tráfico en el sitio donde termine el tramo cuya capacidad hemos aumentado. Asimismo, se deberá proveer de rutas alternativas a los usuarios cuyo camino habitual ha sido cerrado, evitando generar problemas de tráfico al enviar el flujo a vías que no tienen la capacidad instalada.

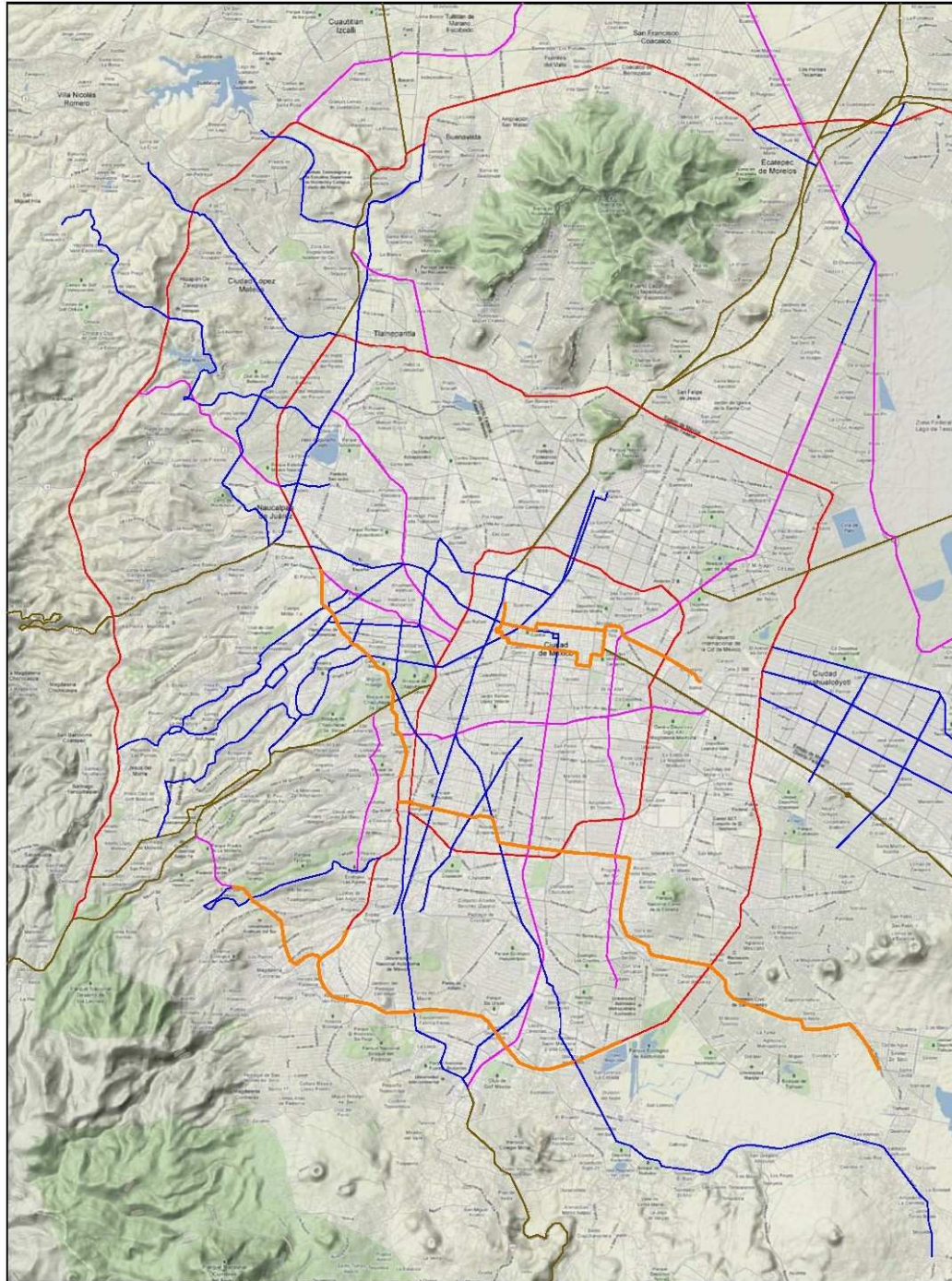


Ilustración 1. Localización de las zonas con reducción de capacidad por obras de construcción de infraestructura en la ZMVM

Simbología:

- ZonadeObras
- Viaductos y vialidades radiales
- VialidaddeCircunvalación
- VialidadPrimaria

4. Estudio de caso: Autopista Urbana Norte

4.1 Características del proyecto a evaluar

Es una vialidad a construir sobre el trazo actual del Anillo Periférico (Blvd. Manuel Ávila Camacho y Blvd. Adolfo López Mateos) que contará con 3 carriles por sentido y una longitud de 9,817m como troncal, además de 4,990m correspondientes a ramales para accesos y salidas de la autopista. Será construida para operar como carretera de cuota con un sistema de cobro de peaje a distancia. Está formada por tres tramos, de acuerdo a la solución planteada, donde el tramo central será a nivel construyendo un túnel para sustituir la vialidad existente. La parte elevada se desarrollará sobre 320 apoyos, los cuales se localizarán en la mediana de la vialidad actual y en ciertos tramos (accesos y salidas) existirán apoyos en las áreas que separan carriles centrales de laterales. La cimentación profunda está resuelta con pilas y la subestructura se conforma por zapatas aisladas. La velocidad de proyecto es de 80km/h, proporcionando un incremento en aforo para el Anillo Periférico de 77,000veh/día.

Para efectos del presente estudio, la vialidad existente deberá permanecer abierta al tráfico entre las 5:00 y las 23:00 horas de lunes a jueves, con cierres más prolongados en fines de semana.²³

Para conocer el área de afectación a la vialidad durante la realización de la obra se requiere conocer cuáles serán sus características, además de su proceso constructivo que se describe a continuación:

- **Vía elevada:**

- Considera una cimentación profunda a base de pilas coladas en sitio hasta un estrato profundo capaz de resistir las sollicitaciones de la estructura de acuerdo a sondeos o estudio de Mecánica de Suelos. La cimentación profunda para cada zapata-columna consta de cuatro pilas de 80cm de diámetro con una profundidad promedio que oscila entre 20 y 35m.
- La subestructura y estructura estará formada por un elemento colado monolíticamente, la zapata tiene una sección de 1.70x3.60x4.60m y la columna es de sección variable, hueca y presforzada, ésta última tiene un cabezal para soportar la trabe. La superestructura estará formada por trabes tipo TAR y TCR, su montaje es alternado.
- Después del montaje de las trabes se realizará el de las tabletas prefabricadas tipo TAB-12 y TAB-13 instalando sobre estas las guarniciones prefabricadas.

²³(Autopista Urbana Norte, S.A. de C.V., 2010)

- Finalmente, se llevarán a cabo los trabajos de pavimento de asfalto y la señalización horizontal y vertical.
- **Vía subterránea:**
 - En la zona descubierta se tienen los siguientes elementos estructurales: un cajón en forma de U. compuesto por dos hileras de pilas verticales a lo largo del deprimido para contener el empuje del terreno que se presenta en ambos extremos y empotradas bajo el terreno natural un 70% bajo la altura libre de empuje. Existe una losa de fondo que liga a los dos ejes de pilas. Esta losa tiene un espesor variable en la sección transversal, con espesor máximo al centro del claro y mínimo en los extremos que se conectan a las pilas. También varía su espesor a lo largo del deprimido.
 - La zona cubierta se compone de los siguientes elementos estructurales: se tienen tabletas prefabricadas apoyadas en cabezales colados en sitio, sobre las pilas descritas en el párrafo anterior. Sobre las tabletas se cuela en sitio un firme estructural que funciona como diafragma para unir éstas, y al mismo tiempo, conecta el sistema de piso al cabezal, dándole continuidad para que el sistema funcione como marco.
- **Paseo de la Reforma:**
 - Se contempla la ampliación de la sección de la avenida con el fin de no interrumpir la circulación.
 - Estará formada por dos ejes de pilas con diámetro de 80cm a una profundidad de 11 a 20m, sobre las cuales se construirá un cabezal que soportará tabletas prefabricadas y pretensadas. Por último, sobre las tabletas se construirán las guarniciones y parapetos, asimismo se llevará a cabo la colocación de pavimento de asfalto y la colocación de señalamiento vertical y horizontal.

Debido a que el trazo principal del proyecto coincide con el trazo original del Anillo Periférico, en su mayor parte la afectación será constante a través de la longitud del área afectada, se requiere un derecho de vía para la construcción de por lo menos 6m con el objetivo de llevar a cabo la excavación para el colado en sitio de las pilas de cimentación y la posterior colocación de las zapatas-columnas en cada una de ellas.

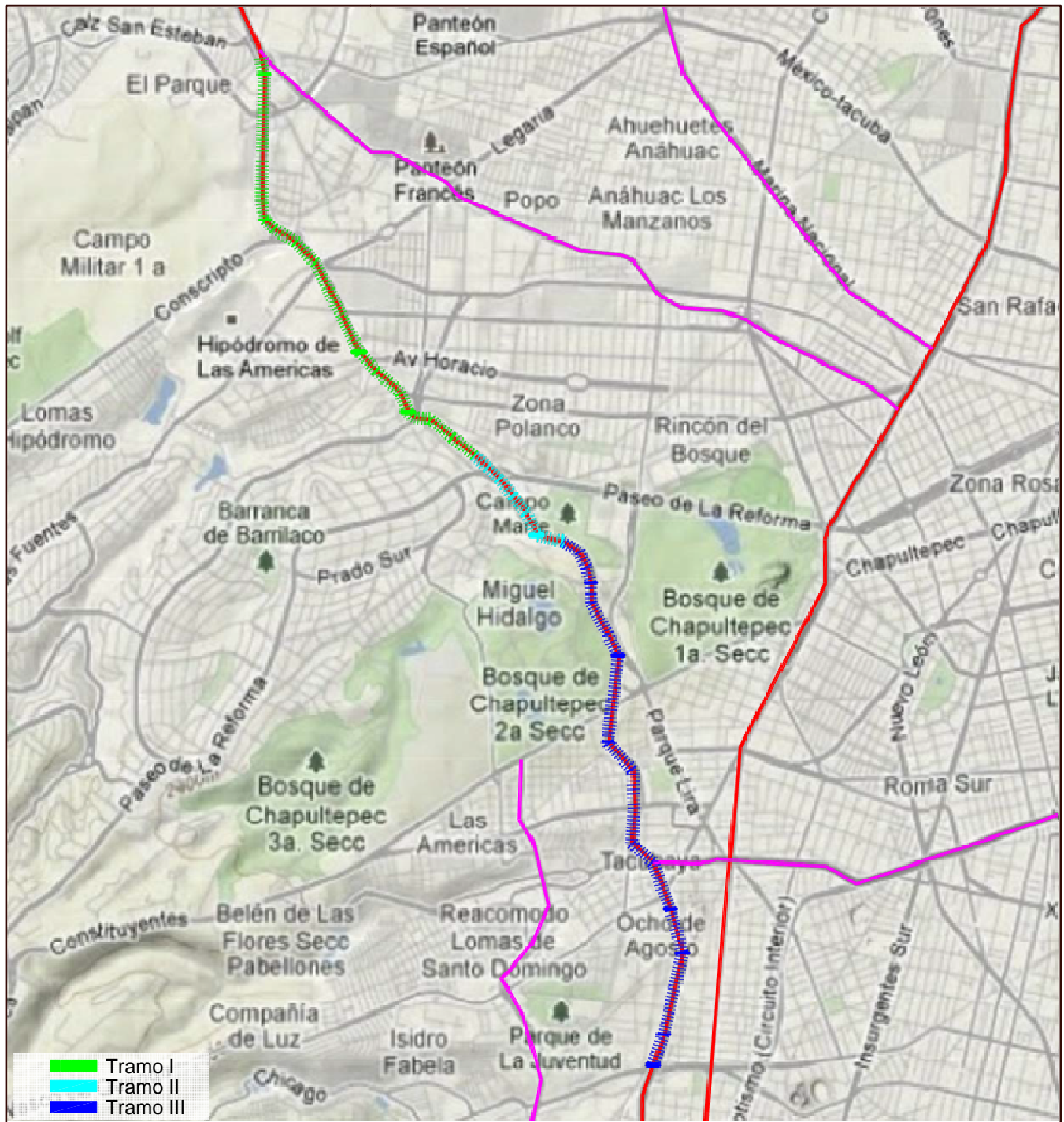


Ilustración 2. Plano de localización de la Autopista Urbana Norte y sus tramos

La sección transversal actual del Anillo Periférico, en sus carriles centrales, como ya se había mencionado consta de:

- 3 carriles de 3.50m por sentido, creando un ancho de calzada de 10.50m
- Divididos por una barrera central de concreto prefabricado de 60cm de ancho, sobre una mediana formada por una guarnición y plataforma de concreto a 10cm sobre la calzada de 1.50m.

Al centro de esta sección transversal se tendrá que delimitar el área de trabajo, retirando la barrera central existente y sustituyéndola por dos barreras independientes formadas por elementos plásticos con geometría similar a las barreras de concreto diseñadas para tal efecto.

Para lograr dicha delimitación del área de trabajo se deberá reducir el ancho de la calzada del Anillo Periférico, quedando en 3 carriles de 2.75m de ancho a lo largo de toda la zona de obra, con excepción del tramo II que es subterráneo y cuyas afectaciones se analizarán de forma distinta.

Para determinar el diferencial de capacidad lo primero que se debe realizar es el cálculo de la capacidad actual de forma separada de las diferentes secciones y los distintos tramos que conforman el Anillo Periférico, se consideraron los carriles centrales con características de Vía Rápida, al igual que los carriles laterales en los tramos en los que no se tienen cruces a nivel y presenta accesos y salidas con características de vía rápida. Por último se hizo el análisis individual de los cruces a nivel controlados por semáforo.

El mismo procedimiento fue utilizado para calcular la capacidad durante la ejecución de la obra, debido a que en su mayor parte únicamente afecta a los carriles centrales por las características de la obra, ésta fue la única sección que sufre disminución en su capacidad a lo largo de toda la ruta.²⁴

²⁴(Autopista Urbana Norte, S.A. de C.V., 2010)

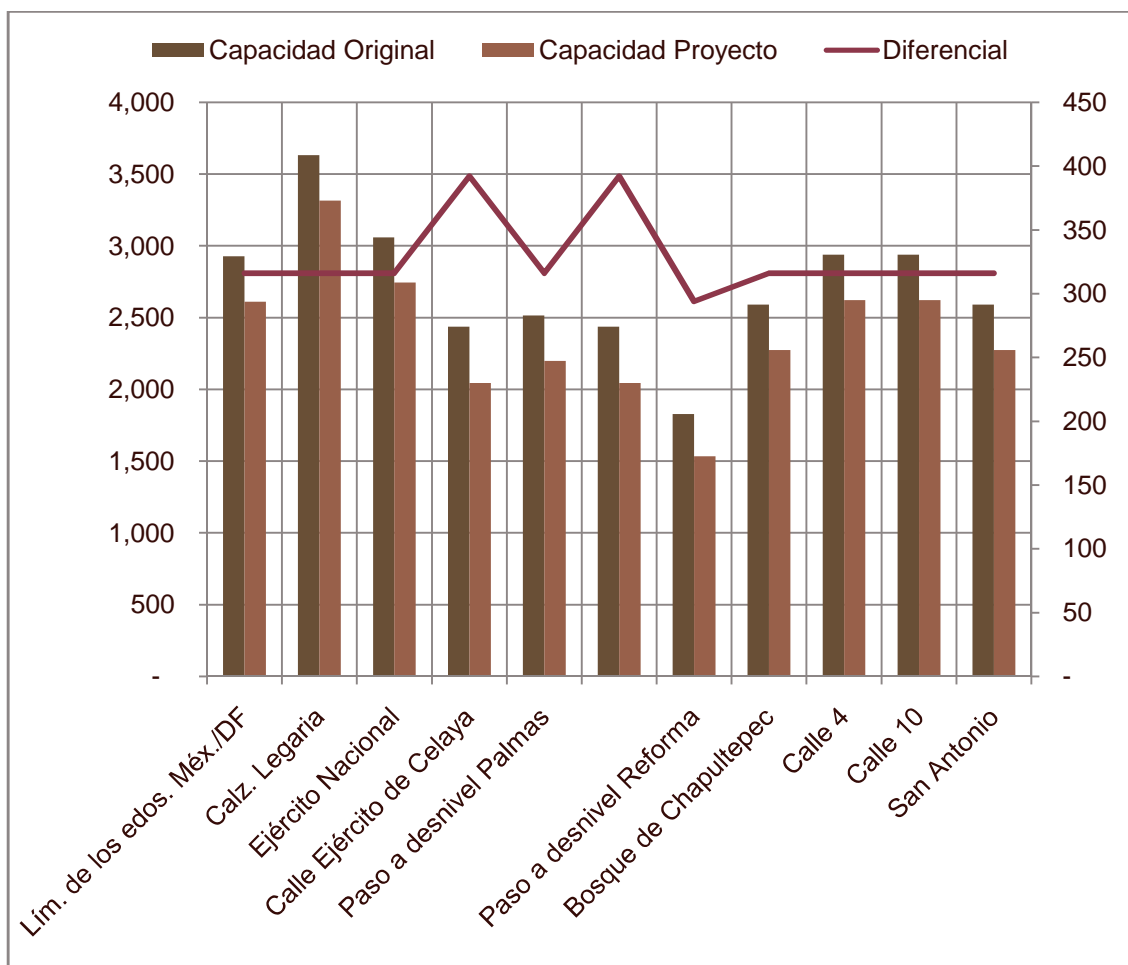


Gráfico 2. Capacidad actual y durante el proyecto del Anillo Periférico

4.2 Descripción y características al momento de elaboración del proyecto

El anillo periférico, en su estado previo al inicio de la construcción de la Autopista Urbana Norte se puede dividir en tres tramos:

Tramo I: Del límite de los estados (DF-Méx.) a la Av. Batalla de Celaya en el Residencial Militar en el sentido norte-sur, y su respectivo tramo sur-norte, donde cuenta con las siguientes características:

- i. Vía Rápida Urbana de 6 carriles (tres por sentido) con velocidad de proyecto de 80km/h y nivel de servicio F, flujo forzado, durante las horas de máxima demanda (de 6:00 a 9:00 y de 14:00 a 16:00 en el sentido norte-sur, de 14: 00 a 16:00 y de 18:00 a 21:00 en el sentido inverso). Se considera flujo próximo al inestable, nivel de servicio D, para el análisis de la capacidad de la vía durante el resto del tiempo. Su uso es exclusivo para tráfico ligero.

- ii. Vialidad complementada por 4 carriles laterales (dos por sentido) en todo el tramo con dos intersecciones controladas por semáforo (Calz. Legaria y Ejército Nacional). El tráfico pesado, así como el transporte público, circula por estos carriles.

Tramo II: De la Av. Batalla de Celaya en el Residencial Militar, en el sentido norte-sur, al cruce con Paseo de la Reforma, dividida en sub-tramos debido a que las intersecciones con Paseo de las Palmas y Paseo de la Reforma fueron resueltas de forma diferente al tramo principal y sus características se enlistan a continuación:

- i. El tramo principal está formado por una arteria urbana de 8 carriles (cuatro por sentido), con velocidad de proyecto de 80km/h y nivel de servicio F, flujo forzado, durante las horas de máxima demanda (de 6:00 a 9:00 y de 14:00 a 16:00 en el sentido norte-sur, de 14:00 a 16:00 y de 18:00 a 21:00 en el sentido inverso). Se considera flujo próximo al inestable, nivel de servicio D, para el análisis de la capacidad de la vía durante el resto del tiempo. En este tramo se mezcla el tráfico proveniente de carriles centrales y laterales, por lo que se incorpora al estudio el tráfico pesado y transporte público.
- ii. El cruce con Paseo de las Palmas fue resuelto mediante 6 carriles principales (tres por sentido) y 2 carriles laterales para los movimientos en la intersección y el tráfico pesado y transporte público que continua por la vía. El flujo en la intersección es controlado por semáforo.
- iii. El cruce con Paseo de la Reforma cuenta con 6 carriles por sentido para tráfico mixto y salidas para ambos sentidos de Paseo de la Reforma.

Tramo III: Desde Paseo de la Reforma hasta Av. San Antonio. Sus características son similares a los del Tramo I, cuenta con intersecciones controladas por semáforos en las calles 4 y 10 de la colonia San Pedro de los Pinos. Los carriles centrales tienen velocidad de proyecto de 80km/h y en los carriles laterales varía entre los 40km/h y los 70km/h. La principal intersección en este tramo es con el Viaducto Miguel Alemán, la cual fue resuelta de norte a sur con una salida desde los carriles centrales y en el sentido inverso la salida del Viaducto se incorpora a los carriles laterales del Anillo Periférico.²⁵

4.3 Análisis de las alternativas posibles y requerimientos adicionales

Para este estudio se llevó a cabo el análisis de una ruta alterna al Anillo Periférico a través de Polanco, usando de norte a sur las calles de Lago Rodolfo y Lamartine; y de sur a norte las calles de Arquímedes y Lago Onega, cuyas características se citan a continuación.

²⁵(Gobierno del Distrito Federal, 2010)

Ruta 1:

Av. Río San Joaquín:

La ruta contempla el uso de esta avenida con características de vía rápida desde el distribuidor vial con el Anillo Periférico en la zona de Cuatro Caminos, Naucalpan, México. En las condiciones originales esta avenida está conformada por cuatro cuerpos de dos carriles cada uno. Los carriles centrales (dos por cada sentido) tienen acceso controlado a lo largo de toda la vialidad y ningún cruce a nivel, se encuentra prohibido el tráfico de vehículos de carga y motocicletas. Los carriles laterales, por tanto, tienen un alto porcentaje de vehículos de carga, sobre todo por ser acceso a la zona industrial de la colonia Granada, sus cruces son resueltos a nivel con control de semáforos en las intersecciones con: Ingenieros Militares, Calzada Legaria, F.C. a Cuernavaca y Miguel de Cervantes Saavedra. Al ejercer como una barrera física entre las colonias que se ubican al norte y al sur de la vialidad, las intersecciones que permiten su cruce se encuentran saturadas durante las horas de máxima demanda.

El análisis determinó que la capacidad de los carriles centrales, considerando un nivel de servicio D, es de 1,500veh/h, y de los carriles laterales un máximo de 1,356veh/h en el cruce con Miguel de Cervantes Saavedra y un mínimo de 897veh/h en el cruce con Calzada Legaria.

En Río San Joaquín, el Gobierno del Distrito Federal con la intención de ampliar la capacidad durante la hora de máxima demanda en dirección Poniente-Oriente, realizó obras para ampliar la calzada que presenta los carriles centrales para 3 carriles de 2.75m, y la habilitación de un tramo reversible sobre la otra calzada de carriles centrales logrando tener 7 carriles en dirección al Oriente en el periodo entre las 6:30am y las 10:00am.

El análisis de esta solución determinó una capacidad, con nivel de servicio D, de 1604veh/h en los carriles centrales y 1474veh/h en los carriles reversibles, permitiendo el flujo de 3000veh/h en el horario aplicable.

El tráfico debe distribuirse después entre la Av. Ejército Nacional (tramo: Mariano Escobedo-Circuito Interior) y el Eje 3 PTE (Av. Thiers), debido a que ninguna de estas tiene la capacidad suficiente para recibir el flujo completo.

Ruta 1: Norte-Sur

Lago Rodolfo: Calle de la Colonia Granada con un ancho de calzada de 8.00m y que permite el estacionamiento en ambos lados. En el tramo de la ruta que corresponde a esta calle se localizan dos cruces: Lago Nyassa y Ejército Nacional. El primero corresponde a un cruce sin control por semáforos donde no hay instaladas señales que establezcan el derecho de paso, lo que tiene como consecuencia, debido a los sentidos de circulación, que la calle Lago Nyassa tenga el derecho por procedencia del lado derecho del conductor que se acerca al cruce del lado de Lago Rodolfo. Después, el siguiente cruce es con la Av. Ejército Nacional, cuyo paso se encuentra controlado por semáforo, el ciclo favorece al tráfico que cruza Lago Rodolfo, razón por la que se puede considerar la primera intersección con conflictos y última de Lago Rodolfo.

Lamartine: Una vez que la ruta ha cruzado Ejército Nacional, entra en Polanco con el nombre de Lamartine, el ancho de la calzada se incrementa a 10m lo que permite un flujo más rápido, sin embargo, por ser una colonia con mayor densidad habitacional y la presencia de comercios en la vialidad se registran automóviles estacionados en ambas aceras y movimientos de carga y descarga en doble fila. Este problema de cumplimiento del reglamento de tráfico es el primer problema que genera una disminución en la capacidad de la vialidad. En esta zona la ruta tiene los siguientes cruces: Homero, Horacio, Newton, Presidente Masaryk, Polanco, Campos Elíseos y Tres Picos, de los cuales podemos destacar la intersección con Horacio, por encontrarse en ella los accesos a la estación del metro Polanco, y por tanto ser un área de intercambio modal en el transporte, el tráfico es controlado por semáforo cuyo ciclo favorece a los vehículos que circulan sobre Horacio; también es importante la intersección con Campos Elíseos por sustituir el control por semáforo con una separación física de movimientos a través de una glorieta. Durante la longitud de este tramo se tiene una reducción en

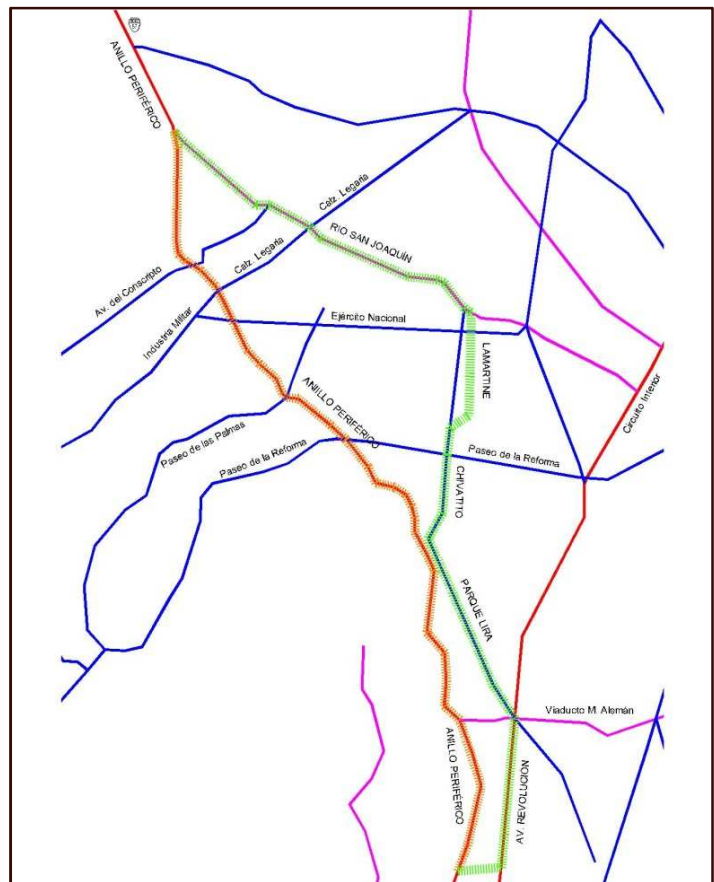


Ilustración 3. Plano de localización de vías alternas propuestas (NTE-SUR)

el ancho de la calzada a 9m pasando la Av. Horacio, se encuentra prohibido el estacionamiento en ambas aceras, sin embargo se encuentran vehículos estacionados en todas las cuadras.

Rubén Darío: La calle Lamartine termina en el cruce con Rubén Darío en el límite del Bosque de Chapultepec, la ruta continuará hacia el poniente por esta avenida hasta llegar al Paso Inferior Vehicular que permitirá el cruce a desnivel de Paseo de la Reforma evitando interacción con el tráfico que se mueve en dirección Poniente y Oriente.

A través de este tramo, los ciclos de los semáforos tienen un tiempo similar con excepción del cruce con Ejército Nacional y Horacio. Del análisis se obtiene una capacidad promedio de 1,173veh/h a lo largo del tramo, con una capacidad máxima de 1,316veh/h en el cruce Tres Picos y un mínimo de 780 en la intersección de Ejército Nacional.

Ruta 1: Sur-Norte

Chivatito: La sección de esta ruta, en dirección al norte, donde se separan ambos sentidos de circulación comienza en Chivatito, en el acceso al Paso Inferior Vehicular que permite evitar la intersección con Paseo de la Reforma que desemboca en la Calle Arquímedes, en la colonia Polanco.

Arquímedes: Cuando la ruta llega a esta calle se encuentra con uno de los tramos más amplios, con un ancho de calzada de 14m, tráfico en un sentido y sin estacionamiento en ningún lado de la calzada, ésta situación sólo ocurre durante una cuadra hasta el cruce con Campos Elíseos, primera de las intersecciones con control de semáforo en dirección al norte. A pesar de ser zona comercial y con alta densidad habitacional, la prohibición de estacionamiento a lo largo de la calle Arquímedes es respetada, por lo que el

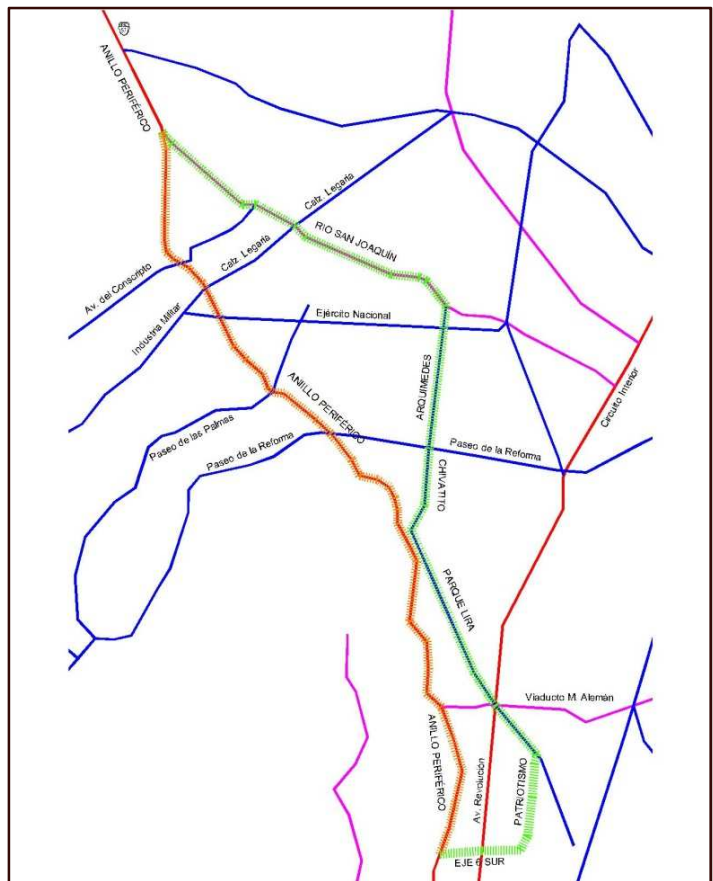


Ilustración 4. Plano de localización de vías alternas propuestas (SUR-NTE)

tramo que cuenta con 9m de ancho de calzada tiene 3 carriles libres en todo lo largo, evitando los conflictos que se aprecian en el sentido norte-sur sobre la calle de Lamartine. Se presentan 4 cruces: Presidente Masaryk, Horacio, Homero y Ejército Nacional. Destaca la intersección con la Av. Horacio, debido a la presencia de la estación del Metro Polanco, y la gran cantidad de vehículos que realizan el movimiento de vuelta izquierda sobre Horacio que ha llevado a las autoridades a la instalación de un tiempo de luz verde protegido por el semáforo, lo que disminuye la duración de luz verde para la calle de Arquímedes.

Lago Onega: Después de la intersección con Av. Ejército Nacional, la calzada cuenta con 14m de ancho, además del cambio de uso de suelo, lo que permite una mayor capacidad en el último cruce antes de unirse a la ruta Norte-Sur en Río San Joaquín. Aquí se presenta el cruce más conflictivo del análisis, debido a la intersección en una misma cuadra de la Av. Miguel de Cervantes Saavedra, Río San Joaquín y Lago Onega; además el cruce a nivel del F.C. a Cuernavaca que añade otro semáforo al área. El ciclo del semáforo se tiene que dividir entre estas vialidades dejando aproximadamente una tercera parte del tiempo total para luz verde en la calle Lago Onega, haciendo que el cruce tenga una capacidad similar a los de la calle Arquímedes.

4.4 Propuesta de modificaciones necesarias

Del análisis de capacidad del Anillo Periférico se deduce que las modificaciones en las características geométricas, sobretodo en el ancho de los carriles centrales que tienen una reducción de 3.50m a 2.75m, provocan una disminución en la capacidad que tiene la vialidad. Esta reducción en la capacidad conlleva una necesidad de generar nuevas rutas dentro de la Ciudad para evitar el colapso de la ruta.

Para el caso de este estudio se supone que las rutas existentes en la dirección analizada se encuentran saturadas durante el periodo de máxima demanda, con este razonamiento, se puede determinar que cualquier opción que se utilice para el trazo de la ruta alterna debe sufrir modificaciones con el fin de incrementar su capacidad, cuando menos en 400veh/h.

Por lo cual, considerando los factores que dictan la capacidad de un camino y estableciendo un orden de aplicación de las medidas correctivas, se llegó a las siguientes propuestas:

Av. Río San Joaquín:

Las acciones tomadas por el Gobierno del Distrito Federal:

- a. Habilitar carriles reversibles y operarlos en dirección Oriente durante el periodo de máxima demanda en esa dirección.
- b. Ampliación del cuerpo de carriles centrales en dirección Oriente para habilitar 3 carriles de 2.75m, en lugar de 2 carriles de 3.5m.

Se propone para los carriles laterales lo siguiente:

Los cruces con F.C. de Cuernavaca y con Miguel de Cervantes Saavedra son los únicos que forman parte de la ruta en los carriles laterales, se propone para la dirección poniente:

- a. Cambio de programación de los semáforos:
 - i. Av. Miguel de Cervantes Saavedra: Incremento del periodo de luz verde en 5 segundos (s), sin alterar el tiempo total del ciclo.
 - ii. F.C. de Cuernavaca: Incremento del periodo de luz verde en 10s, que se reflejan directamente en el tiempo total del ciclo.
- b. Se ha omitido el primer paso debido a que a lo largo de la ruta el estacionamiento está prohibido y es respetado.
- c. El incremento en el tiempo de luz verde en las intersecciones controladas por semáforo repercutirá proporcionalmente en el tiempo del ciclo del semáforo, excepto donde se indique lo contrario. Los ciclos en todos los cruces, incluyendo aquellos que no forman parte de la ruta, pero se encuentran sobre la Av. Río San Joaquín, fueron ajustados para permitir una correcta progresión del sistema de semáforos.
- d. Se ha descartado aplicar restricciones en los movimientos de vuelta a lo largo de la ruta, con excepción del cruce con Miguel de Cervantes Saavedra, donde la vuelta a la izquierda será restringida para los vehículos ligeros, con el propósito de incrementar la capacidad de la vía.

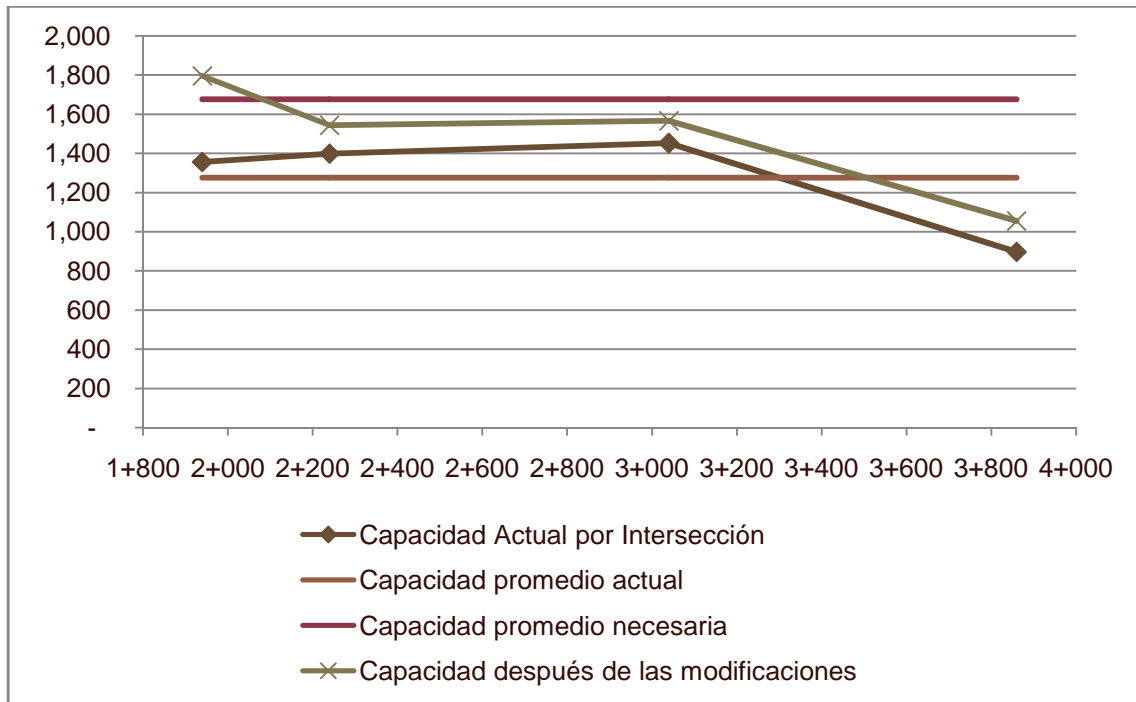


Gráfico 3. Comparativo de capacidad después de la propuesta de modificaciones. Río San Joaquín PTE

Para la dirección PTE-OTE se propone lo siguiente:

- a. Cambio de programación de los semáforos:
 - i. Av. Miguel de Cervantes Saavedra: Incremento del periodo de luz verde en 5s sin alterar el tiempo total del ciclo.
 - ii. F.C. de Cuernavaca: Incremento del periodo de luz verde en 10s, que se reflejan directamente en el tiempo total del ciclo.
- b. Ampliación de 1m de calzada utilizando el espacio que se encuentra entre los carriles laterales y la estructura del paso a desnivel sobre el que se encuentran los carriles centrales.
- c. Del mismo modo que en la dirección opuesta, los ciclos de los semáforos en todos los cruces, incluyendo aquellos que no forman parte de la ruta, pero se encuentran sobre la Av. Río San Joaquín, fueron ajustados para permitir una correcta progresión del sistema de semáforos.

Se ha descartado aplicar restricciones en los movimientos de vuelta a lo largo de la ruta.

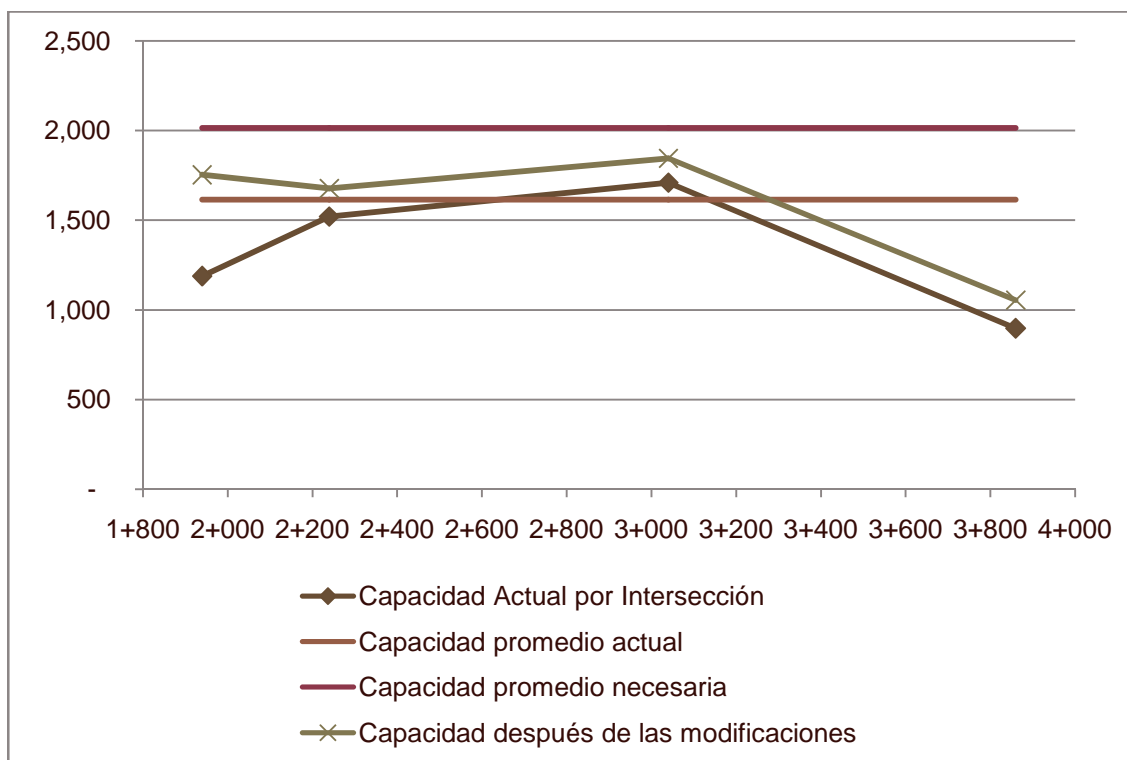


Gráfico 4. Comparativo de capacidad después de la propuesta de modificaciones. Río San Joaquín OTE

Lago Rodolfo/Lamartine:

- a. Se ha obtenido un promedio de 1,173veh/h en la capacidad actual del camino, para recibir los 400veh/h adicionales que se requieren por las obras del Anillo Periférico se deberán tomar medidas para que todos los cruces tengan por lo menos capacidad de 1,573veh/h.
- b. El primer paso es de gran relevancia en esta ruta, debido a que a lo largo de la ruta hay tramos en los que el estacionamiento está permitido a ambos lados de la calzada, y en otros donde está prohibido, no es respetada la medida, por lo que se obtendrá un importante incremento en la capacidad, sobretodo en el primer tramo que es muy angosto, aumentando la capacidad de la calle en alrededor de 50%.
- c. La prohibición del tránsito pesado repercute en un incremento del 5% de la capacidad de la vía, en cambio, el efecto en la reducción de la demanda será de 79veh/h, lo que permite disminuir la capacidad necesaria hasta 1,494veh/h

- d. El incremento en el tiempo de luz verde en las intersecciones controladas por semáforo repercutirá proporcionalmente en el tiempo total del ciclo del semáforo:
 - i. El incremento fue de 3s en la calle de Tres Picos.
 - ii. Se incrementó el tiempo de luz verde en 5s para todos los demás cruces, con excepción de Horacio y Rubén Darío donde no hubo incremento.
- e. Todos los ciclos deben ser similares para permitir una correcta progresión del sistema de semáforos. Por esta razón todos los ciclos han sido llevados a un tiempo de 80s. En el cruce con Ejército Nacional (km1+060) y Horacio (km1+560) se redujo el tiempo total del ciclo, por lo que se afecta la capacidad de las vías transversales.
- f. Se ha descartado aplicar restricciones en los movimientos de vuelta en la ruta por el efecto social que tendrían. Sin embargo, se reserva el derecho de hacerlo en caso de presentar resultados pobres en las mediciones de seguimiento, descritas más adelante, para lo cual se tiene que habilitar alguna ruta de acceso local.

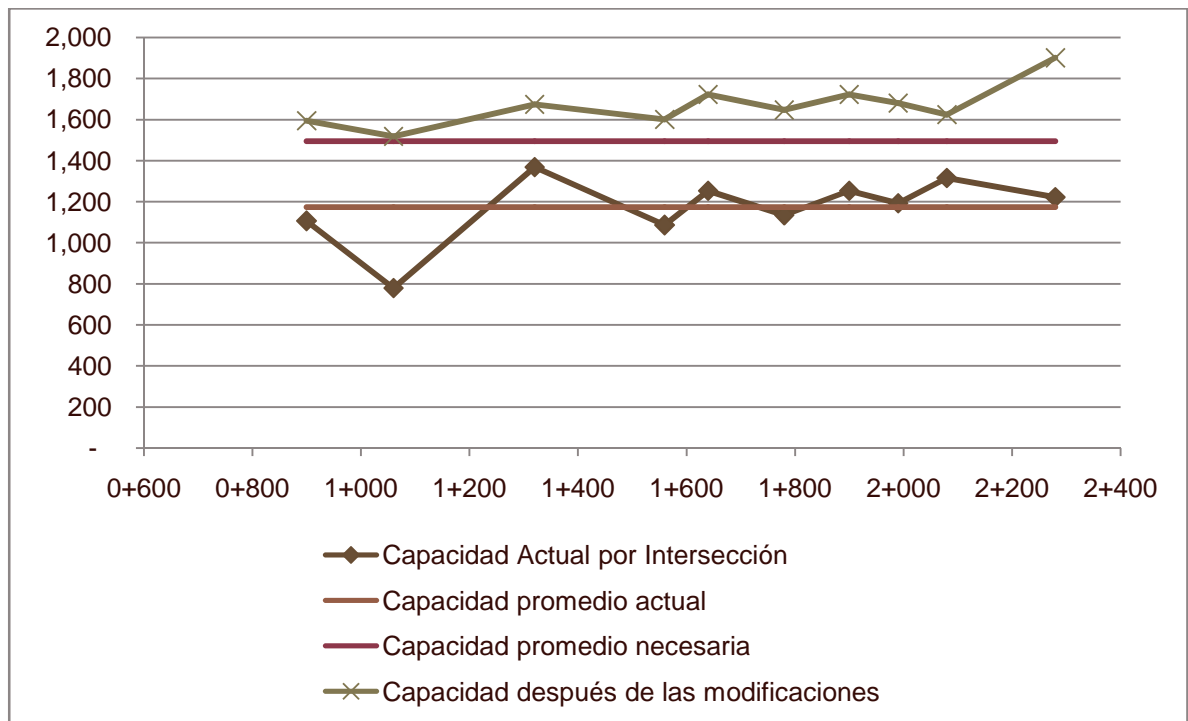


Gráfico 5. Comparativo de capacidad después de la propuesta de modificaciones. Lago Rodolfo/Lamartine

Arquímedes/Lago Onega

- Se ha obtenido un promedio de 1,726veh/h en la capacidad actual del camino, para recibir los 400veh/h adicionales que se requieren por las obras del Anillo Periférico se deberán tomar medidas para que todos los cruces tengan por lo menos capacidad de 2,126veh/h.
- El primer paso se ha omitido debido a que a lo largo de la ruta el estacionamiento está prohibido y es respetado, las medidas a tomar son: prohibir el paso a tránsito pesado, modificación a la programación de los semáforos.
- La prohibición del tránsito pesado repercute en un incremento del 5% de la capacidad de la vía, en cambio, el efecto en la reducción de la demanda será de 106veh/h, lo que permite una capacidad de 2,020veh/h
- El incremento en el tiempo de luz verde en las intersecciones controladas por semáforo repercutirá proporcionalmente en el tiempo total del ciclo del semáforo. Todos los ciclos deben ser similares para permitir una correcta progresión del sistema de semáforos. En el cruce con Horacio (km 4+240) se realizó un cambio mayor para permitir que el flujo sea constante a lo largo de la ruta. La capacidad afectada en ese cruce debe analizarse como un caso particular.
- Se ha descartado aplicar restricciones en los movimientos de vuelta en la ruta.

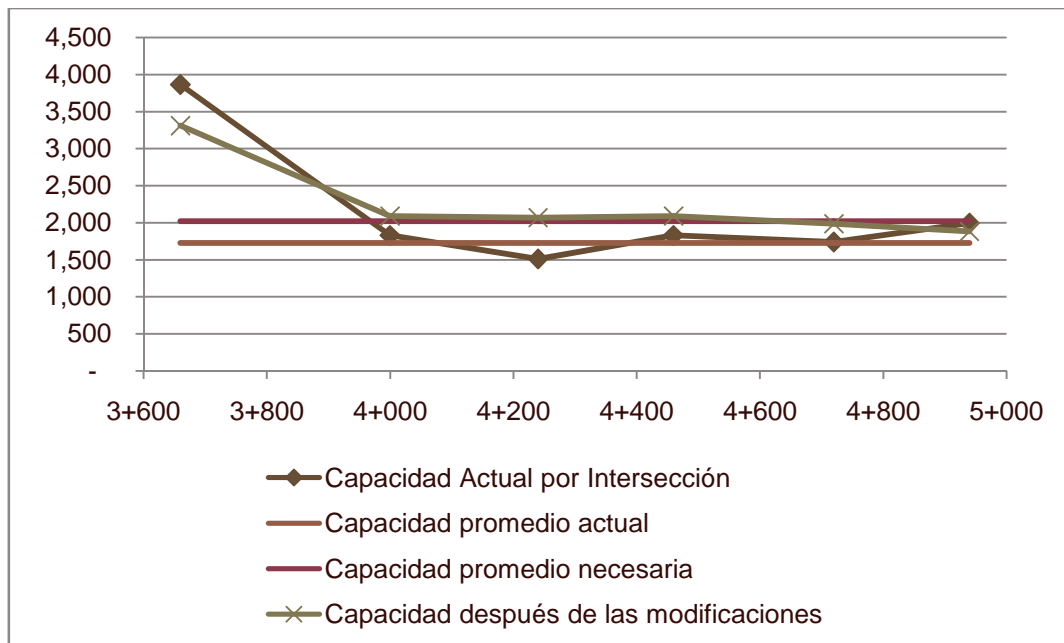


Gráfico 6. Comparativo de capacidad después de la propuesta de modificaciones. Arquímedes/Lago Onega

4.5 Programa de implementación de las soluciones

El proyecto de vialidades alternas deberá estar concluido y aprobado antes del inicio de la obra principal, con suficiente anticipación para permitir su correcta instalación y conocimiento por parte de los usuarios, lo anterior con el fin de que el funcionamiento esté garantizado desde el primer día de obras, y el impacto positivo en el usuario no se vea disminuido.

Cuando el proyecto se haya concluido se procederá al desmantelamiento de todas las instalaciones provisionales que se generaron durante el tiempo de la obra. Principalmente consisten en dispositivos de tráfico, en su mayoría reutilizables, por lo que deberán ser trasladados al sitio donde serán rehabilitados y puestos a punto para la siguiente obra a realizar.

Se deberán desmontar todos los señalamientos inmediatamente después del término de la obra e instalar los definitivos en caso de que las condiciones originales de la zona no regresen a la situación que se tenía antes del inicio del proyecto. Una vez que se haya realizado se podrá abrir completamente la vialidad al tráfico.

4.6 Medidas de información para el usuario y desvíos.

Para que el usuario habitual de un camino acepte cambiar su ruta diaria, éste debe sentir que representa una ventaja para él, además el usuario se debe sentir cómodo con la nueva ruta y seguro de que es el camino correcto. Por estas razones, informar al usuario debe ser uno de los aspectos más importantes a tomar en cuenta ya que de esto depende que el usuario acepte o no una nueva opción y ese es el objetivo último de esta clase de proyectos.

La señalización debe ser conocida, uniforme y fácil de entender, para lograr este objetivo en México debemos remitirnos a la aplicación del Manual de Dispositivos para el Tráfico que ha elaborado la SCT.

Este manual señala las consideraciones más importantes a tomar en cuenta para que las señales y dispositivos de control de tránsito cumplan con su objetivo: proyecto, ubicación, uniformidad y conservación.

El proyecto se refiere al diseño de los dispositivos que debe ser tal que llame la atención al conductor y que permitan la identificación inmediata de parte del usuario del mensaje que se quiere dar, para que él tome las medidas correspondientes a las diversas alternativas y seleccione adecuadamente la ruta que le sea más conveniente.

La señal se deberá ubicar de forma que atraiga la atención del conductor, de forma sistemática en la misma posición para facilitar que el usuario la encuentre, su lectura sea rápida y pueda interpretarla y reaccionar de modo acorde de acuerdo con la velocidad de operación del camino.

La uniformidad en las señales debe ser obligatoria para que puedan de ser interpretadas de forma similar cada vez que se repiten a lo largo de la ruta. El conductor debe reconocer de forma sistemática la instrucción o advertencia y conocer la razón por la que fue necesaria su instalación, si se colocan señales diferentes a aquellas de las que el usuario está habituado, el tiempo de reacción se incrementa y la señal pierde relevancia conforme el conductor tenga que descubrir por sí mismo las características del camino.

La conservación de las señales es tan importante como lo es el mantenimiento del camino, son parte integral, periódicamente deberán limpiarse, verificar su visibilidad y reponerse para que sigan cumpliendo con su función.

En el caso de este estudio la necesidad de las señales preventivas y restrictivas debe encontrarse cubierta por el diseño original de las calles y avenidas que serán usadas como parte de las rutas alternas por habilitar, sin embargo esto no debe ser obviado y se debe revisar la existencia de las señales necesarias de acuerdo al proyecto existente o a las normas marcadas por el manual de dispositivos.

Una vez que se ha revisado el estado actual de los señalamientos a lo largo de la ruta se debe proceder a la generación de un proyecto de señalización basado en las necesidades adicionales que se le van a imponer a las vialidades.

Para reiterar al usuario que se encuentra sobre la ruta alterna se propone que la instalación de las señales informativas adicionales con las características señaladas en el capítulo VI del Manual de Dispositivos denominado: Dispositivos para protección en obras, con las siguientes leyendas:

- a. PRINCIPIA TRAMO EN REPARACIÓN A 1km



b. DESVIACIÓN A 1km



c. OBRA EN CONSTRUCCIÓN DESVIACIÓN A1km



Entre otras que sean consideradas necesarias para establecer el conocimiento de las obras en el usuario. Asimismo, se debe informar de la presencia de una ruta alterna para reducir las afectaciones con las siguientes leyendas:

a. ANILLO PERIFÉRICO EN OBRA / USE RUTA ALTERNA #1



b. RUTA ALTERNA #1 / PRÓXIMA SALIDA A 500m



c. RUTA ALTERNA #1 /VIA AV. SAN ANTONIO



Una vez que el usuario ha sido informado de la presencia de la nueva ruta, se le debe informar de forma clara las direcciones a tomar, en este caso se instalarán las señales decisivas:

a. RUTA ALTERNA 1 / CALZ. CHIVATITO



Sin embargo, al haber presencia del señalamiento normal del camino puede generarse un exceso de indicaciones para el conductor, que disminuye la efectividad de las señales. En estos casos es preferible contar con una forma gráfica que permita al conductor identificar el camino a seguir.

b. RIO SAN JOAQUIN / CIRCUITO INTERIOR (RUTA 1)



La adición del método gráfico también permitirá se le asegure al conductor de forma recurrente la presencia de la ruta alterna sin utilizar señales de tamaño completo, y que además de reducir el impacto visual e incrementar la efectividad de las señales y seguridad de la vía, permiten reducir los costos implicados con la colocación y mantenimiento de las señales durante el tiempo de construcción. Se ha propuesto una señalización muy simple y sin mayores identificadores (RUTA 1, RUTA 2, etc.)

con el fin de que los elementos puedan ser reutilizados en cada proyecto en el que se generen problemas de tráfico.



Se propone que el uso de esta señal de identificación de ruta sea igual al que se indica en el Manual de Dispositivos para las señales correspondientes a carreteras: En zonas urbanas... las señales de ruta se ubicarán a intervalos deseables de 200m, y siempre en aquellos lugares donde la ruta cambie de dirección o se intersecten dos rutas diferentes. Tanto los escudos, como los conjuntos se colocarán en los lugares más visibles al conductor.



Las señales informativas y de destino pueden estar complementadas por un programa de información y concientización de los usuarios por medio de campañas de entrega de volantes y mediante la descripción de las rutas a través de los medios de comunicación.

Muchas veces toda la información disponible por estos medios tradicionales no genera la necesidad del conductor de cambiar sus rutas, por lo que se le puede complementar con el uso de información en tiempo real. A lo largo de la Ciudad de México se están instalando señales variables que pueden proporcionar información adicional, siendo en los tiempos de recorrido donde el conductor puede visualizar de forma explícita las ventajas de continuar por la ruta alterna que se le está proporcionando. También se deben usar para informar sobre cambios en la vialidad, cierres parciales y demás información relevante. En el mismo rubro, a través de los informes de tráfico en los medios masivos de comunicación se debe hacer énfasis en las ventajas del uso de las rutas alternas.

En las zonas donde el estacionamiento será restringido por las necesidades adicionales que se tienen durante la obra y que la autoridad local no considere que la restricción debe ser permanente, se

instalará por debajo de la señal un tablero adicional color naranja, para identificarlo con las obras, con la leyenda: TEMPORAL, para indicarle al usuario que la restricción es por la duración del proyecto y que a su término la restricción será retirada. Básicamente se utilizará para dar tranquilidad a los usuarios y vecinos que una vez terminada la obra, se regresará a la situación previa en las rutas de acceso, y disminuir la posibilidad de conflictos sociales.²⁶

²⁶(Dirección General de Servicios Técnicos (SCT), 1986)

5. Seguimiento y análisis de la efectividad de las soluciones implementadas.

5.1 Análisis del costo/beneficio generado

El beneficio de un proyecto se puede medir en lo económico, técnico y social; y del conjunto de estos tres factores se debe tomar la decisión de cómo aplicarlo y bajo qué circunstancias.

El mayor beneficio de los trabajos propuestos es el social, los usuarios cotidianos de la infraestructura que va a ser afectada, así sea temporalmente, tendrán menores problemas para continuar con sus traslados diarios a través de la zona de obras. Esto da una mejor imagen al proyecto en general y a la constructora, lo que permitirá que se realicen mayores inversiones para el beneficio de los mismos usuarios, cerrando un ciclo que permite que los beneficios sociales traídos por la construcción de infraestructura no se vean mermados por la imagen negativa que se genera durante la realización de las obras.

Uno de los mayores problemas que se tiene en proyectos de grandes obras en entornos urbanos, es el espacio disponible para realizar las maniobras. Esa razón lleva a la toma de decisiones que incrementa de forma exponencial los costos de construcción, como la reducción de espacios y horarios de trabajo no habituales. Al llevar al proyecto las propuestas generadas para la habilitación de rutas alternas se puede maximizar el área de trabajo disminuyendo el riesgo de generar un colapso en las vialidades afectadas, por lo que un mayor número de actividades pueden llevarse a cabo durante las horas de la jornada regular, dejando para las jornadas nocturnas únicamente las operaciones que son estrictamente necesarias. No se debe caer en el error de utilizar el espacio ganado con fines no productivos como la instalación de bodegas o patios de almacenamiento que en vez de beneficiar al proyecto, puede llegar a afectarlo al inutilizar este espacio cuyo costo es alto, además de disminuir la imagen positiva que se puede generar a través del orden y limpieza en los trabajos.

Los trabajos que se proponen en este estudio además de representar un beneficio directo para el usuario le restan a la constructora la presión social que se genera alrededor de las grandes obras. Esta presión social puede llegar a tener una fuerza tal que hagan que proyectos enteros sean retirados, por lo que es muy importante generar este margen de negociación que permita a la constructora seguir adelante y no perder inversiones, costos ejercidos, contratos y clientes. Por lo que el llevar a cabo estos trabajos adicionales se puede interpretar como una medida de prevención que facilita obras y proyectos, pequeños y grandes que cubren extensas áreas urbanas como el que se analiza en este caso.

5.2 Seguimiento permanente durante la operación

El trabajo no puede terminar una vez que ha comenzado la operación de las rutas sino que se debe dar seguimiento para determinar si los trabajos realizados están teniendo el efecto deseado en el flujo vehicular.

Esto se determinará mediante mediciones de aforo vehicular y de velocidad global en distintos puntos. Verificando se cumplan con las necesidades planteadas en un principio.

En caso contrario se deberán tomar las medidas correspondientes para determinar la causa del no cumplimiento con los pronósticos, usualmente se debe a que no se satisficieron las recomendaciones dadas por el estudio y el desapego de las disposiciones del reglamento de tráfico. En otros casos, es necesaria la modificación del proyecto por cambios inesperados en la composición del tráfico o una incorrecta interpretación de las disposiciones y señalamientos por parte de los conductores.

Los controles de efectividad de la operación de las rutas deben continuar hasta el término del proyecto, tomando los datos provenientes del análisis como retroalimentación para futuros proyectos.

Conclusiones

PRIMERA. Considerando la necesidad de modificar la forma en que se desarrollan las ciudades, se propone que el ordenamiento provenga, ya no de requerimientos aislados, sino de un plan integral de desarrollo que considere los distintos escenarios que pueda enfrentar y las necesidades que estos tendrán como consecuencia.

SEGUNDA. En el Plan de Desarrollo se incluirán las provisiones que permitan el reacondicionamiento de las áreas existentes con el fin de integrarlas en el proyecto general de la ciudad, considerando que éstas tienen su vocación y características particulares.

TERCERA. Para conseguir los objetivos planteados se requiere la construcción o ampliación de la infraestructura de las ciudades. Las obras afectarán al desarrollo de las actividades cotidianas de la población y deberán llevarse a cabo las acciones necesarias para mitigar los efectos negativos que generen.

CUARTA. Las acciones de mitigación son responsabilidad compartida entre la entidad que solicita la construcción y la empresa que la realiza. Se presentan de forma pasiva como en el escalonamiento de obra pública, así como de forma activa como al maximizar la capacidad de las vías existentes.

QUINTA. El éxito en la aplicación de las medidas para mejorar el tráfico durante el desarrollo de las actividades del proyecto principal es directamente proporcional al cumplimiento de las premisas: rápido, sencillo y económicamente viable.

SEXTA. Se genera una revisión iterativa entre la aplicación de soluciones y los efectos secundarios para asegurar que la afectación en zonas adyacentes sea tolerable y medida a través de parámetros cuantificables y definidos previamente al inicio del proyecto.

SÉPTIMA. Los vecinos del proyecto y las acciones de mitigación planteadas deberán ser considerados durante la planeación y desarrollo de las actividades, sin permitir que estas negociaciones desvíen el objetivo principal de las mismas.

OCTAVA. La dependencia que solicita la construcción del proyecto principal deberá considerar que, a pesar de que, el costo de las acciones será asumido en primer término por la constructora del proyecto principal, se trasladará al costo final del proyecto y deberán tomarse previsiones para asegurar que éste se realice de forma clara y transparente.

NOVENA. Es obligación del proyectista considerar los puntos anteriores desde la concepción del proyecto para tomar la decisión sobre los métodos constructivos y la programación de las diversas etapas incluyendo, como parte integral del proyecto, las obras de mitigación necesarias.

DÉCIMA. El análisis deberá convertirse en regla y no en la excepción, creando una nueva imagen para los proyectos de obra pública en las ciudades, facilitando la convivencia de la sociedad con la realización de estos proyectos de gran escala.

Bibliografía

Ley General de Asentamientos Humanos. (1993). México, DF.

Autopista Urbana Norte, S.A. de C.V. (2010). *Manifestación de Impacto Ambiental*. México, DF.

CONAPO. (2005). *Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México*.

Departamento del Distrito Federal. (s.f.). *Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal*.

Dirección General de Servicios Técnicos (SCT). (1986). *Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras*. México, DF.

Garber, N. J., & Hoel, L. A. (2002). *Traffic and Highway Engineering*. Thomson.

Garza, G., & Araceli, D. (1991). *Ciudad de México. Etapas de crecimiento, infraestructura y equipamiento*. México, DF: El Colegio de México.

Gobierno del Distrito Federal. (2010). *Programa Integral de Transporte y Vialidad 2007-2012*. México, DF.

Gobierno del Distrito Federal. (2010). *Título de Concesión de Vialidad Periférica Elevada*.

INEGI. (2007). *Cuaderno Estadístico Metropolitano del Valle de México*.

INEGI. (2007). *Encuesta Origen-Destino de los viajes de los residentes de la Zona Metropolitana del Valle de México*.

INEGI. (2011). *Censo de Población y Vivienda 2010*.

INEGI. (s.f.). *Banco de Información Económica*. Recuperado el 30 de 03 de 2011, de <http://dgcnesyp.inegi.org.mx>

Sánchez Luna, G. (s.f.). *El crecimiento urbano del Distrito Federal (Ciudad de México) y su legislación urbana*. México, DF.

Sánchez Ruíz, G. G. (s.f.). *Planificación y Urbanismo en la Ciudad de México del Siglo XX*. México, DF: UAM Azcapotzalco.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (1991). *Manual de proyecto geométrico de carreteras*. México, DF.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (s.f.). *Dirección General de Servicios Técnicos*.

Recuperado el 25 de Febrero de 2011, de Datos Viales:

<http://dgst.sct.gob.mx/index.php?id=459>

Unikel, L. (1978). *El Desarrollo Urbano de México*. México, DF: El Colegio de México.

Índice de elementos:

Tablas

1. Padrón Vehicular en la ZMVM
2. Red de vialidades del Distrito Federal
3. Distribución de los viajes por delegación o municipio
4. Costo promedio por viaje por Origen-Destino
5. Factores de análisis por tipo de vialidad
6. Capacidad de las arterias urbanas por características y ancho de la vía

Gráficos

- Gráfico 1. Motivos de desplazamiento
- Gráfico 2. Capacidad actual y durante el proyecto del Anillo Periférico
- Gráfico 3. Comparativo de capacidad después de la propuesta de modificaciones. Río San Joaquín PTE
- Gráfico 4. Comparativo de capacidad después de la propuesta de modificaciones. Río San Joaquín OTE
- Gráfico 5. Comparativo de capacidad después de la propuesta de modificaciones. Lago Rodolfo/Lamartine
- Gráfico 6. Comparativo de capacidad después de la propuesta de modificaciones. Arquímedes/Lago Onega

Ilustraciones

- Ilustración 1. Localización de las zonas con reducción de capacidad por obras de construcción de infraestructura en la ZMVM
- Ilustración 2. Plano de localización de la Autopista Urbana Norte y sus tramos
- Ilustración 3. Plano de localización de vías alternas propuestas (NTE-SUR)
- Ilustración 4. Plano de localización de vías alternas propuestas (SUR-NTE)

ANEXOS

ANEXO 1: Análisis de capacidad en el Anillo Periférico

Sección A: Capacidad previa al inicio de la obra

Análisis de capacidad de los carriles centrales:

Operación Normal

Anillo Periférico	
Tramo: Cuatro Caminos-Ejército Nacional	
Vel. Operación	80
Núm. carriles	3
F.H.M.D	0.90
Ancho carril	3.50
Dist. Obst. Der	0.5
Dist. Obst. Izq.	0.5
Tipo de Terreno	1
% Camiones	0%
% Autobuses	0%
v/c	0.405
F.A.W.	0.79
TL	1.00
BL	1.00
Volumen Serv.	1,920

Operación Normal

Anillo Periférico	
Tramo: Ejército Nacional - Paseo de las Palmas	
Vel. Operación	80
Núm. carriles	4
F.H.M.D	0.90
Ancho carril	3.50
Dist. Obst. Der	0.5
Dist. Obst. Izq.	1.8
Tipo de Terreno	1
% Camiones	10%
% Autobuses	5%
v/c	0.405
F.A.W.	0.87
TL	0.91
BL	0.95
Volumen Serv.	2,437

Operación Normal

Anillo Periférico	
Paso a desnivel: Paseo de las Palmas	
Vel. Operación	60
Núm. carriles	3
F.H.M.D	0.90
Ancho carril	3.50
Dist. Obst. Der	0.5
Dist. Obst. Izq.	0.5
Tipo de Terreno	1
% Camiones	0%
% Autobuses	0%
v/c	0.405
F.A.W.	0.79
TL	1.00
BL	1.00
Volumen Serv.	1,920

Operación Normal

Anillo Periférico	
Tramo: Paseo de las Palmas - P. de la Reforma	
Vel. Operación	80
Núm. carriles	4
F.H.M.D	0.90
Ancho carril	3.50
Dist. Obst. Der	0.5
Dist. Obst. Izq.	1.8
Tipo de Terreno	1
% Camiones	10%
% Autobuses	5%
v/c	0.405
F.A.W.	0.87
TL	0.91
BL	0.95
Volumen Serv.	2,437

Operación Normal

Anillo Periférico	
Paso a desnivel: Paseo de la Reforma	
Vel. Operación	80
Núm. carriles	3
F.H.M.D	0.90
Ancho carril	3.50
Dist. Obst. Der	0.5
Dist. Obst. Izq.	1.8
Tipo de Terreno	1
% Camiones	10%
% Autobuses	5%
v/c	0.405
F.A.W.	0.87
TL	0.91
BL	0.95
Volumen Serv.	1,828

Operación Normal

Anillo Periférico	
Paseo de la Reforma - San Antonio	
Vel. Operación	60
Núm. carriles	3
F.H.M.D	0.90
Ancho carril	3.50
Dist. Obst. Der	0.5
Dist. Obst. Izq.	0.5
Tipo de Terreno	1
% Camiones	0%
% Autobuses	0%
v/c	0.405
F.A.W.	0.79
TL	1.00
BL	1.00
Volumen Serv.	1,920

Análisis de la capacidad en carriles laterales:

Operación Normal LATERAL

Anillo Periférico	
Tramo: Cuatro Caminos-Av. del Conscripto	
Vel. Operación	80
Núm. carriles	3
F.H.M.D	0.90
Ancho carril	3.00
Dist. Obst. Der	0.5
Dist. Obst. Izq.	0.5
Tipo de Terreno	1
% Camiones	20%
% Autobuses	10%
v/c	0.405
F.A.W.	0.66
TL	0.69
BL	0.91
Volumen Serv.	1,007

Operación Normal LATERAL

Anillo Periférico	
Tramo: Av. del Conscripto - Ejército Nacional	
Vel. Operación	80
Núm. carriles	3
F.H.M.D	0.90
Ancho carril	3.00
Dist. Obst. Der	0.5
Dist. Obst. Izq.	0.5
Tipo de Terreno	1
% Camiones	20%
% Autobuses	10%
v/c	0.405
F.A.W.	0.66
TL	0.69
BL	0.91
Volumen Serv.	1,007

Operación Normal LATERAL

Anillo Periférico	
Tramo: Paseo de la Reforma - San Antonio	
Vel. Operación	80
Núm. carriles	2
F.H.M.D	0.90
Ancho carril	3.00
Dist. Obst. Der	0.5
Dist. Obst. Izq.	0.5
Tipo de Terreno	1
% Camiones	20%
% Autobuses	10%
v/c	0.405
F.A.W.	0.66
TL	0.69
BL	0.91
Volumen Serv.	671

Análisis de la capacidad en las intersecciones en carriles laterales:

Calle:

ANILLO PERIFÉRICO

Intersección con:	Calz. Legaria	Ejército Nacional	Paseo de las Palmas	Calle 4	Calle 10
	*	*			
Ancho del camino	10.00	10.00	7.00	6.00	6.00
N.º Sentidos	1	1	1	1	1
Estacionamiento	-	-	-	-	-
Luz Verde (s)	60	40	30	30	30
Tiempo de Ciclo (s)	120	120	120	60	60
FHMD	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Tipo de Ubicación	III	III	III	III	III
% Vueltas Derecha	10%	10%	10%	10%	10%
% Vueltas Izquierda	15%	15%	15%	15%	15%
% Tránsito Pesado	20%	20%	20%	20%	20%
% Autobuses	0%	0%	0%	0%	0%
Vol. Servicio	2,957	2,957	2,085	1,787	1,787
G/C	0.50	0.33	0.25	0.50	0.50
F.A.C.	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Ubicación	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
F.A.V. Derecha	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
F.A.V. Izquierda	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98
F.A. Tránsito Pesado	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
F.A. Autobuses	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Capacidad por hora	1,711	1,140	594	1,018	1,018

Sección B: Capacidad durante el desarrollo de la obra

Operación Restringida por Obras

Anillo Periférico	
Tramo: Cuatro Caminos-Paseo de las Palmas	
Vel. Operación	80
Núm. carriles	3
F.H.M.D	0.90
Ancho carril	2.75
Dist. Obst. Der	-
Dist. Obst. Izq.	-
Tipo de Terreno	1
% Camiones	0%
% Autobuses	0%
v/c	0.405
F.A.W.	0.66
TL	1.00
BL	1.00
Volumen Serv.	1,604

Operación Restringida por Obras

Anillo Periférico	
Tramo: Ejército Nacional - Paseo de las Palmas	
Vel. Operación	80
Núm. carriles	4
F.H.M.D	0.90
Ancho carril	2.75
Dist. Obst. Der	0.5
Dist. Obst. Izq.	1.8
Tipo de Terreno	1
% Camiones	10%
% Autobuses	5%
v/c	0.405
F.A.W.	0.73
TL	0.91
BL	0.95
Volumen Serv.	2,045

Operación Restringida por Obras

Anillo Periférico	
Paso a desnivel: Paseo de las Palmas	
Vel. Operación	60
Núm. carriles	3
F.H.M.D	0.90
Ancho carril	2.75
Dist. Obst. Der	0.5
Dist. Obst. Izq.	0.5
Tipo de Terreno	1
% Camiones	0%
% Autobuses	0%
v/c	0.405
F.A.W.	0.66
TL	1.00
BL	1.00
Volumen Serv.	1,604

Operación Restringida por Obras

Anillo Periférico	
Tramo: Paseo de las Palmas - P. de la Reforma	
Vel. Operación	80
Núm. carriles	4
F.H.M.D	0.90
Ancho carril	2.75
Dist. Obst. Der	0.5
Dist. Obst. Izq.	1.8
Tipo de Terreno	1
% Camiones	10%
% Autobuses	5%
v/c	0.405
F.A.W.	0.73
TL	0.91
BL	0.95
Volumen Serv.	2,045

Operación Restringida por Obras

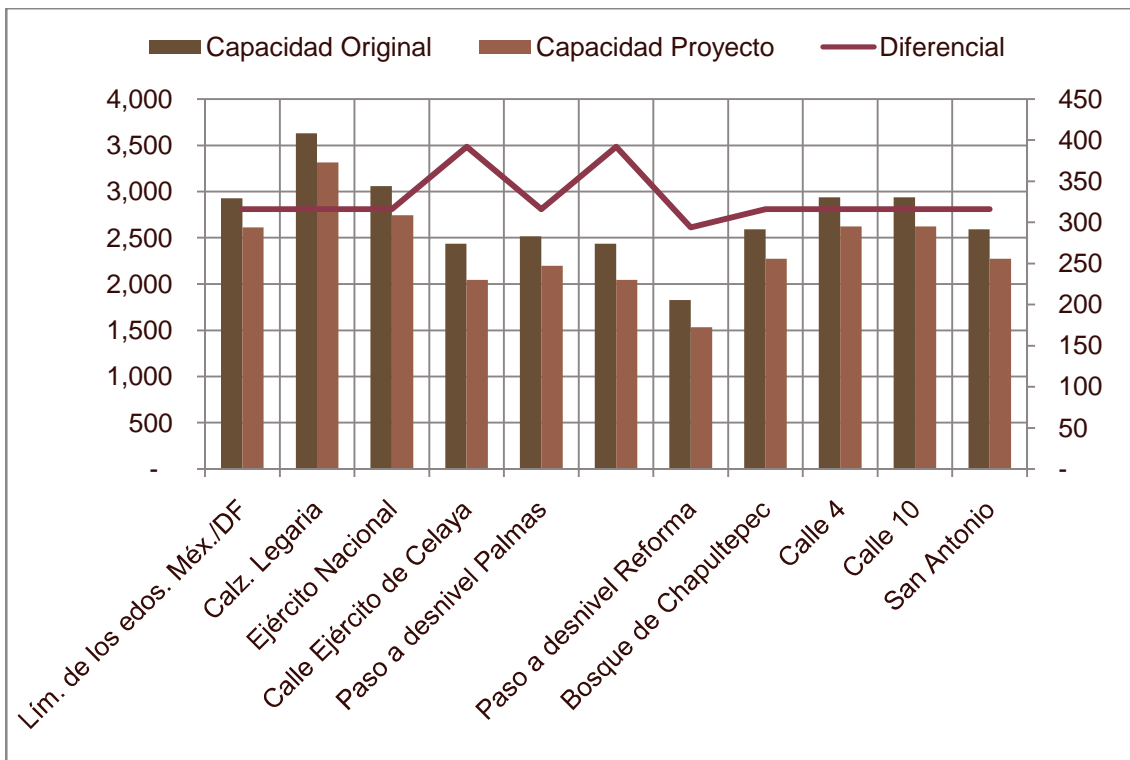
Anillo Periférico	
Paseo a desnivel: Paseo de la Reforma	
Vel. Operación	80
Núm. carriles	3
F.H.M.D	0.90
Ancho carril	2.75
Dist. Obst. Der	0.5
Dist. Obst. Izq.	1.8
Tipo de Terreno	1
% Camiones	10%
% Autobuses	5%
v/c	0.405
F.A.W.	0.73
TL	0.91
BL	0.95
Volumen Serv.	1,534

Operación Restringida por Obras

Anillo Periférico	
Paseo de la Reforma - San Antonio	
Vel. Operación	60
Núm. carriles	3
F.H.M.D	0.90
Ancho carril	2.75
Dist. Obst. Der	0.5
Dist. Obst. Izq.	0.5
Tipo de Terreno	1
% Camiones	0%
% Autobuses	0%
v/c	0.405
F.A.W.	0.66
TL	1.00
BL	1.00
Volumen Serv.	1,604

Sección C: Resumen y Tabla de Capacidades

Cad.	Lugar	Descripción	Capacidad Original	Capacidad Proyecto	Diferencial
0+000	Lím. de los edos. Méx./DF	Inicia zona de obra	2,927	2,611	316
1+360	Calz. Legaria	Intersección controlada por semáforo	3,631	3,315	316
1+760	Ejército Nacional	Intersección controlada por semáforo	3,060	2,744	316
2+160	Calle Ejército de Celaya	Termina tramo con carriles laterales	2,437	2,045	392
2+600	Paso a desnivel Palmas	Intersección controlada por semáforo	2,514	2,198	316
3+020		Termina tramo con carriles laterales	2,437	2,045	392
3+380	Paso a desnivel Reforma	Reducción a 3 carriles / sin carriles laterales	1,828	1,534	294
4+000	Bosque de Chapultepec	Inicia tramo con carriles laterales	2,591	2,275	316
8+220	Calle 4	Intersección controlada por semáforo	2,938	2,622	316
8+420	Calle 10	Intersección controlada por semáforo	2,938	2,622	316
8+940	San Antonio	Termina zona de obra	2,591	2,275	316



ANEXO 2: Análisis de capacidad actual en vialidades de la RUTA 1

Sección A: Río San Joaquín

Operación Normal

Av. Río San Joaquín	
Vía Rápida	
Vel. Operación	80
Núm. carriles	2
F.H.M.D	0.90
Ancho carril	3.50
Dist. Obst. Der	0.6
Dist. Obst. Izq.	0.6
Tipo de Terreno	1
% Camiones	0%
% Autobuses	0%
v/c	0.405
F.A.W.	0.91
TL	1.00
BL	1.00
Volumen Serv.	1,474

Análisis de capacidad Av. Ejército Nacional (Tramo: Mariano Escobedo-Circuito Interior)

Ejército Nacional (Mariano Escobedo-Cto. Interior)

Ejército Nacional	
Vía Rápida	
Vel. Operación	80
Núm. carriles	3
F.H.M.D	0.90
Ancho carril	3.50
Dist. Obst. Der	1.8
Dist. Obst. Izq.	1.8
Tipo de Terreno	1
% Camiones	5%
% Autobuses	2%
v/c	0.405
F.A.W.	0.97
TL	0.95
BL	0.98
Volumen Serv.	2,194

Sección B: Laterales de Río San Joaquín

Análisis dirección Poniente (Circuito Interior-Anillo Periférico). El cad. 0+000 se encuentra en el límite de los edos. Méx/DF sobre Av. Ingenieros Militares.

Calle: Cadenamiento: Intersección con:	Lateral de Río San Joaquín			
	1+940	2+240	3+040	3+860
	Cervantes Saavedra	FC de Cuernavaca	Moliere	Legaria
	*	*		
Ancho del camino	10.00	7.00	7.00	7.00
N.º Sentidos	2	2	2	2
Estacionamiento	-	-	-	-
Luz Verde (s)	30	40	45	30
Tiempo de Ciclo (s)	85	75	75	75
FHMD	0.9	0.9	0.9	0.9
Tipo de Ubicación	III	III	III	III
% Vueltas Derecha	3%	10%	5%	20%
% Vueltas Izquierda	10%	10%	20%	20%
% Tránsito Pesado	10%	10%	10%	10%
% Autobuses	0%	0%	0%	0%
Vol. Servicio	2,702	1,872	1,872	1,872
G/C	0.35	0.53	0.60	0.40
F.A.C.	1.18	1.18	1.18	1.18
Ubicación	1.25	1.25	1.25	1.25
F.A.V. Derecha	1.02	1.00	1.03	0.95
F.A.V. Izquierda	1.00	1.00	0.90	0.90
F.A. Tránsito Pesado	0.95	0.95	0.95	0.95
F.A. Autobuses	1.00	1.00	1.00	1.00
Capacidad por hora	1,356	1,399	1,452	897

Análisis dirección Oriente (Anillo Periférico-Circuito Interior). El cadenamiento 0+000 se encuentra en el límite de los estados Méx/DF sobre Av. Ingenieros Militares.

Calle:	Lateral de Río San Joaquín			
Cadenamiento:	1+940	2+240	3+040	3+860
Intersección con:	Cervantes Saavedra	FC de Cuernavaca	Moliere	Legaria

Ancho del camino	10.00	7.00	7.00	7.00
N.º Sentidos	2	2	2	2
Estacionamiento	-	-	-	-
Luz Verde (s)	30	40	45	30
Tiempo de Ciclo (s)	85	75	75	75
FHMD	0.9	0.9	0.9	0.9
Tipo de Ubicación	III	III	III	III
% Vueltas Derecha	5%	3%	3%	20%
% Vueltas Izquierda	25%	5%	5%	20%
% Tránsito Pesado	10%	10%	10%	10%
% Autobuses	0%	0%	0%	0%

Vol. Servicio	2,702	1,872	1,872	1,872
G/C	0.35	0.53	0.60	0.40
F.A.C.	1.18	1.18	1.18	1.18
Ubicación	1.25	1.25	1.25	1.25
F.A.V. Derecha	1.01	1.04	1.04	0.95
F.A.V. Izquierda	0.88	1.05	1.05	0.90
F.A. Tránsito Pesado	0.95	0.95	0.95	0.95
F.A. Autobuses	1.00	1.00	1.00	1.00

Capacidad por hora	1,188	1,520	1,710	897
--------------------	-------	-------	-------	-----

Sección C: Lago Rodolfo / Lamartine

Calle:

Lago Rodolfo / Lamartine

Cadenamiento: 0+900 1+060 1+320 1+560 1+640 1+780 1+900 1+990 2+080 2+280

Intersección con: Lago Nyassa Ejército Nacional Homero Horacio Newton P. Masaryk Polanco Campos Elíseos Tres Picos Rubén Darío

* * * * *

Ancho del camino	8.00	8.00	10.00	10.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
N.º Sentidos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Estacionamiento	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Luz Verde (s)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	40
Tiempo de Ciclo (s)	70	90	70	90	70	70	70	70	70	80
FHMD	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Tipo de Ubicación	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
% Vueltas Derecha	0%	15%	15%	12%	10%	15%	0%	10%	10%	50%
% Vueltas Izquierda	0%	5%	15%	8%	0%	15%	10%	10%	0%	15%
% Tránsito Pesado	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	0%	5%
% Autobuses	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

1.53

Vol. Servicio	1,574	1,574	2,191	2,191	1,872	1,872	1,872	1,872	1,872	1,872
G/C	0.43	0.33	0.43	0.33	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.50
F.A.C.	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
Ubicación	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
F.A.V. Derecha	1.05	0.98	0.99	1.00	1.00	0.98	1.05	1.00	1.00	0.90
F.A.V. Izquierda	1.05	1.03	0.99	1.01	1.05	0.98	1.00	1.00	1.05	0.98
F.A. Tránsito Pesado	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.05	1.00
F.A. Autobuses	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Capacidad por hora	1,106	780	1,369	1,086	1,253	1,134	1,253	1,193	1,316	1,222
--------------------	-------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Sección D: Arquímedes / Lago Onega

Calle:	Arquímedes / Lago Onega					
Cadenamiento:	3+660	4+000	4+240	4+460	4+720	4+940
Intersección con:	Campos Elíseos	Presidente Masaryk	Horacio	Homero	Ejército Nacional	R. Río San Joaquín

Ancho del camino	14.00	9.00	9.00	9.00	9.00	14.00
N.º Sentidos	1	1	1	1	1	1
Estacionamiento	-	-	-	-	-	-
Luz Verde (s)	40	30	25	30	30	30
Tiempo de Ciclo (s)	60	60	60	60	60	85
FHMD	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Tipo de Ubicación	III	III	III	III	III	III
% Vueltas Derecha	10%	10%	15%	10%	20%	20%
% Vueltas Izquierda	10%	10%	10%	10%	20%	80%
% Tránsito Pesado	5%	5%	5%	5%	5%	5%
% Autobuses	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Vol. Servicio	4,213	2,660	2,660	2,660	2,660	4,213
G/C	0.67	0.50	0.42	0.50	0.50	0.35
F.A.C.	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Ubicación	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
F.A.V. Derecha	1.00	1.00	0.99	1.00	0.98	0.98
F.A.V. Izquierda	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00
F.A. Tránsito Pesado	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
F.A. Autobuses	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Capacidad por hora	3,862	1,829	1,509	1,829	1,738	1,993
--------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

ANEXO 3: Análisis de capacidad propuesta en vialidades de la RUTA 1

Sección A: Río San Joaquín

Modificación realizada por el GDF previo al inicio de obras

Av. Río San Joaquín	
Vía Rápida	
*Modificado	
Vel. Operación	80
Núm. carriles	3
F.H.M.D	0.90
Ancho carril	2.75
Dist. Obst. Der	-
Dist. Obst. Izq.	-
Tipo de Terreno	1
% Camiones	0%
% Autobuses	0%
v/c	0.405
F.A.W.	0.66
TL	1.00
BL	1.00
Volumen Serv.	1,604

Av. Río San Joaquín	
Carriles Reversibles	
*Modificado	
Vel. Operación	80
Núm. carriles	2
F.H.M.D	0.90
Ancho carril	3.50
Dist. Obst. Der	0.6
Dist. Obst. Izq.	0.6
Tipo de Terreno	1
% Camiones	0%
% Autobuses	0%
v/c	0.405
F.A.W.	0.91
TL	1.00
BL	1.00
Volumen Serv.	1,474

Sección B: Laterales de Río San Joaquín

Análisis dirección Poniente (Circuito Interior-Anillo Periférico). El cad. 0+000 se encuentra en el límite de los edos. Méx/DF sobre Av. Ingenieros Militares.

Calle:	Arquímedes / Lago Onega			
	1+940	2+240	3+040	3+860
Cadenamiento:				
Intersección con:	Cervantes Saavedra	FC de Cuernavaca	Moliere	Legaria
	*	*		
Ancho del camino	11.00	7.00	7.00	7.00
N.º Sentidos	2	2	2	2
Estacionamiento	-	-	-	-
Luz Verde (s)	35	50	55	40
Tiempo de Ciclo (s)	85	85	85	85
FHMD	0.9	0.9	0.9	0.9
Tipo de Ubicación	III	III	III	III
% Vueltas Derecha	13%	10%	5%	20%
% Vueltas Izquierda	0%	10%	20%	20%
% Tránsito Pesado	10%	10%	10%	10%
% Autobuses	0%	0%	0%	0%
Vol. Servicio	2,979	1,872	1,872	1,872
G/C	0.41	0.59	0.65	0.47
F.A.C.	1.18	1.18	1.18	1.18
Ubicación	1.25	1.25	1.25	1.25
F.A.V. Derecha	1.00	1.00	1.03	0.95
F.A.V. Izquierda	1.05	1.00	0.90	0.90
F.A. Tránsito Pesado	0.95	0.95	0.95	0.95
F.A. Autobuses	1.00	1.00	1.00	1.00
Capacidad por hora	1,796	1,543	1,566	1,055

Análisis dirección Oriente (Anillo Periférico-Circuito Interior). El cad. 0+000 se encuentra en el límite de los edos. Méx/DF sobre Av. Ingenieros Militares.

Calle:	Lateral de Río San Joaquín			
Cadenamiento:	1+940	2+240	3+040	3+860
Intersección con:	Cervantes Saavedra	FC de Cuernavaca	Moliere	Legaria

Ancho del camino	12.00	7.00	7.00	7.00
N.º Sentidos	2	2	2	2
Estacionamiento	-	-	-	-
Luz Verde (s)	35	50	55	40
Tiempo de Ciclo (s)	85	85	85	85
FHMD	0.9	0.9	0.9	0.9
Tipo de Ubicación	III	III	III	III
% Vueltas Derecha	5%	3%	3%	20%
% Vueltas Izquierda	25%	5%	5%	20%
% Tránsito Pesado	10%	10%	10%	10%
% Autobuses	0%	0%	0%	0%

Vol. Servicio	3,234	1,872	1,872	1,872
G/C	0.41	0.59	0.65	0.47
F.A.C.	1.18	1.18	1.18	1.18
Ubicación	1.25	1.25	1.25	1.25
F.A.V. Derecha	1.01	1.04	1.04	0.95
F.A.V. Izquierda	0.93	1.05	1.05	0.90
F.A. Tránsito Pesado	0.95	0.95	0.95	0.95
F.A. Autobuses	1.00	1.00	1.00	1.00

Capacidad por hora	1,753	1,677	1,845	1,055
--------------------	-------	-------	-------	-------

Sección C: Lago Rodolfo / Lamartine

Calle:

Lago Rodolfo / Lamartine

Cadenamiento:	0+900	1+060	1+320	1+560	1+640	1+780	1+900	1+990	2+080	2+280
Intersección con:	Lago Nyassa	Ejército Nacional	Homero	Horacio	Newton	P. Masaryk	Polanco	Campos Elíseos	Tres Picos	Rubén Darío

Ancho del camino	8.00	8.00	10.00	10.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
N.º Sentidos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Estacionamiento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Luz Verde (s)	35	35	32	30	35	35	35	35	33	40
Tiempo de Ciclo (s)	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
FHMD	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Tipo de Ubicación	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
% Vueltas Derecha	0%	15%	15%	12%	10%	15%	0%	10%	10%	50%
% Vueltas Izquierda	0%	5%	15%	8%	0%	15%	10%	10%	0%	15%
% Tránsito Pesado	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
% Autobuses	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Vol. Servicio	2,404	2,404	2,957	2,957	2,660	2,660	2,660	2,660	2,660	2,660
G/C	0.44	0.44	0.40	0.38	0.44	0.44	0.44	0.44	0.41	0.50
F.A.C.	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Ubicación	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
F.A.V. Derecha	1.03	0.99	0.99	1.00	1.00	0.99	1.03	1.00	1.00	1.00
F.A.V. Izquierda	1.03	1.01	0.99	1.01	1.03	0.99	1.00	1.00	1.03	0.99
F.A. Tránsito Pesado	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
F.A. Autobuses	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Capacidad por hora	1,595	1,518	1,674	1,601	1,722	1,647	1,722	1,680	1,624	1,901
--------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Sección D: Arquímedes / Lago Onega

Calle:	Arquímedes / Lago Onega					
Cadenamiento:	3+660	4+000	4+240	4+460	4+720	4+940
Intersección con:	Campos Elíseos	Presidente Masaryk	Horacio	Homero	Ejército Nacional	R. Río San Joaquín

Ancho del camino	14.00	9.00	9.00	9.00	9.00	14.00
N.º Sentidos	1	1	1	1	1	1
Estacionamiento	-	-	-	-	-	-
Luz Verde (s)	40	40	40	40	40	30
Tiempo de Ciclo (s)	70	70	70	70	70	90
FHMD	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Tipo de Ubicación	III	III	III	III	III	III
% Vueltas Derecha	10%	10%	15%	10%	20%	20%
% Vueltas Izquierda	10%	10%	10%	10%	20%	80%
% Tránsito Pesado	5%	5%	5%	5%	5%	5%
% Autobuses	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Vol. Servicio	4,213	2,660	2,660	2,660	2,660	4,213
G/C	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.33
F.A.C.	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Ubicación	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
F.A.V. Derecha	1.00	1.00	0.99	1.00	0.98	0.98
F.A.V. Izquierda	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00
F.A. Tránsito Pesado	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
F.A. Autobuses	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Capacidad por hora	3,310	2,090	2,069	2,090	1,987	1,883
--------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

ANEXO 4: Tablas de análisis de capacidad

Sección A: Autopistas y Vías Rápidas

Volumen de servicio para autopistas y vías rápidas con nivel de servicio D

Velocidad	Factor
0 km/h	0.45
95 km/h	0.80
110 km/h	0.90

Factor del efecto combinado del ancho de carril y de la distancia a obstáculos laterales sobre la capacidad y los volúmenes de servicio en autopistas y vías rápidas con circulación continua.

	W para carreteras de 4 carriles					W para carreteras de más de 4 carriles				
	Dist/Ancho	3.65	3.35	3.05	2.75	Dist/Ancho	3.65	3.35	3.05	2.75
Obstáculos de un lado	0	0.90	0.87	0.82	0.73	0	0.94	0.91	0.85	0.74
	0.6	0.97	0.94	0.88	0.79	0.6	0.97	0.93	0.87	0.76
	1.2	0.99	0.96	0.90	0.80	1.2	0.99	0.95	0.88	0.77
	1.8	1.00	0.97	0.91	0.81	1.8	1.00	0.96	0.89	0.78

	W para carreteras de 4 carriles					W para carreteras de más de 4 carriles				
	Dist/Ancho	3.65	3.35	3.05	2.75	Dist/Ancho	3.65	3.35	3.05	2.75
Obstáculos de ambos lados	0	0.81	0.79	0.74	0.66	0	0.91	0.87	0.81	0.70
	0.6	0.94	0.91	0.86	0.76	0.6	0.96	0.92	0.85	0.75
	1.2	0.98	0.95	0.89	0.79	1.2	0.98	0.94	0.87	0.77
	1.8	1.00	0.97	0.91	0.81	1.8	1.00	0.96	0.89	0.78

Vehículos Equivalentes por Camiones y Autobuses

Terreno	1	2	3
Camiones	2.0	4.0	8.0
Autobuses	1.6	3.0	5.0

(Secretaría de Comunicaciones y Transportes)

Factores de ajuste por camiones y autobuses en autopistas, carreteras de carriles múltiples y carreteras de dos carriles.

V.L.E.\PT	0%	1%	2%	3%	4%	5%
2	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95
3	1.00	0.98	0.96	0.94	0.93	0.91
4	1.00	0.97	0.94	0.92	0.89	0.87
5	1.00	0.96	0.93	0.89	0.86	0.83
6	1.00	0.95	0.91	0.87	0.83	0.80
7	1.00	0.94	0.89	0.85	0.81	0.77
8	1.00	0.93	0.88	0.83	0.78	0.74

V.L.E.\PT	7%	8%	9%	10%	12%	14%
2	0.93	0.93	0.92	0.91	0.89	0.88
3	0.88	0.86	0.85	0.83	0.81	0.78
4	0.83	0.81	0.79	0.77	0.74	0.70
5	0.78	0.76	0.74	0.71	0.68	0.64
6	0.74	0.71	0.69	0.67	0.63	0.59
7	0.70	0.68	0.65	0.63	0.58	0.54
8	0.67	0.64	0.61	0.58	0.54	0.51

V.L.E.\PT	16%	18%	20%	25%	30%	35%
2	0.86	0.85	0.83	0.80	0.77	0.74
3	0.76	0.74	0.71	0.67	0.63	0.59
4	0.68	0.65	0.63	0.57	0.53	0.49
5	0.61	0.58	0.56	0.50	0.45	0.42
6	0.56	0.53	0.50	0.44	0.40	0.36
7	0.51	0.48	0.45	0.40	0.36	0.32
8	0.47	0.44	0.42	0.36	0.32	0.29

V.L.E.\PT	40%	45%	50%	55%	60%
2	0.71	0.69	0.67	0.65	0.63
3	0.56	0.53	0.50	0.48	0.45
4	0.45	0.43	0.40	0.38	0.36
5	0.38	0.36	0.33	0.31	0.29
6	0.33	0.31	0.29	0.27	0.25
7	0.29	0.27	0.25	0.23	0.22
8	0.26	0.24	0.22	0.21	0.19

(Secretaría de Comunicaciones y Transportes)

Sección B: Arterias Urbanas, Intersecciones controladas por semáforo

Volumen de servicio para el acceso a una intersección urbana

Ancho de la vía	1 Sentido			2 Sentidos	
	S/E	C/1E	C/2E	S/E	C/E
3	-	-	-	809	-
4	-	-	-	1,021	-
5	-	-	-	1,319	-
6	1,787	979	-	1,596	-
7	2,085	1,255	-	1,872	1,277
8	2,404	1,574	1,128	2,128	1,447
9	2,660	1,872	1,468	2,426	1,660
10	2,957	2,191	1,766	2,702	1,915
11	3,234	2,532	2,085	2,979	2,106
12	3,596	2,830	2,426	3,234	2,362
13	3,957	3,149	2,745	3,489	2,574
14	4,213	3,489	3,085	3,745	2,830
15	4,596	3,851	3,404	4,021	3,043
16	4,894	4,149	3,745	4,255	3,277
17	5,234	4,532	4,064	4,511	3,489
18	5,532	4,766	4,340	4,745	3,702

(Secretaría de Comunicaciones y Transportes)

Factor de ajuste combinado por Factor de Hora de Máxima Demanda

FHMD	FAC				
	Ancho de la vía	1 Sentido			2 Sentidos
		S/E	C/1E	C/2E	S/E
0.75	1.10	1.04	1.05	1.07	1.05
0.80	1.10	1.09	1.09	1.11	1.10
0.85	1.20	1.14	1.14	1.14	1.14
0.90	1.10	1.19	1.19	1.18	1.19
0.95	1.10	1.24	1.24	1.21	1.24
1.00	1.20	1.29	1.29	1.25	1.29

(Secretaría de Comunicaciones y Transportes)

Ajuste por ubicación dentro de la ciudad

	1 Sentido			2 Sentidos		
	S/E	C/1E	C/2E	S/E	C/E	
I	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Centro
II	1.10	1.00	1.00	1.25	1.25	Circ. Centro
III	1.10	1.20	1.15	1.25	1.25	Comercial
IV	1.20	1.20	1.25	1.25	1.25	Residencial

(Secretaría de Comunicaciones y Transportes)

Ajuste por Camiones y Autobuses Foráneos

Tránsito Pesado	
%	Ajuste
0%	1.05
1%	1.04
2%	1.03
3%	1.02
4%	1.01
5%	1.00
6%	0.99
7%	0.98
8%	0.97
9%	0.96
10%	0.95
11%	0.94
12%	0.93
13%	0.92
14%	0.91
15%	0.90
16%	0.89
17%	0.88
18%	0.87
19%	0.86
20%	0.85

(Secretaría de Comunicaciones y Transportes)

Factor de ajuste por movimientos de vuelta

	Derecha e Izquierda de un sentido					
	Sin Estacionamiento			Con Estacionamiento		
	<4.50	>8.00		<6.00	>9.50	
0	1.200	1.050	1.025	1.200	1.050	1.025
1	1.180	1.045	1.020	1.180	1.045	1.020
2	1.160	1.040	1.020	1.160	1.040	1.020
3	1.140	1.035	1.015	1.140	1.035	1.015
4	1.120	1.030	0.115	1.120	1.030	1.015
5	1.100	1.025	1.010	1.100	1.025	0.010
6	1.080	2.020	1.010	1.080	1.020	1.010
7	1.060	1.015	1.005	1.060	1.015	1.005
8	1.040	1.010	1.005	1.040	1.010	1.005
9	1.020	1.005	1.000	1.020	1.005	1.000
10	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
11	0.990	0.995	1.000	0.990	0.995	1.000
12	0.980	0.990	0.995	0.980	0.990	0.995
13	0.970	0.985	0.995	0.970	0.985	0.995
14	0.960	0.980	0.990	0.960	0.980	0.990
15	0.950	0.975	0.990	0.950	0.975	0.990
16	0.940	0.970	0.985	0.940	0.970	0.985
17	0.930	0.965	0.985	0.930	0.965	0.985
18	0.920	0.960	0.980	0.920	0.960	0.980
19	0.910	0.955	0.980	0.910	0.955	0.980
20	0.900	0.950	0.975	0.900	0.950	0.975
22	0.890	0.940	0.980	0.890	0.940	0.980
24	0.880	0.930	0.985	0.880	0.930	0.985
26	0.870	0.920	0.990	0.870	0.920	0.990
28	0.860	0.910	0.995	0.860	0.910	0.995
30	0.850	0.900	1.000	0.850	0.900	1.000

(Secretaría de Comunicaciones y Transportes)

Factor de ajuste por movimientos de vuelta (continuación):

	Izquierda de dos sentidos					
	Sin Estacionamiento			Con Estacionamiento		
	<4.50		>11.00	<6.00		>12.50
0	1.300	1.100	1.050	1.300	1.100	1.050
1	1.270	1.090	1.045	1.270	1.090	1.045
2	1.240	1.080	1.040	1.240	1.080	1.040
3	1.210	1.070	1.035	1.210	1.070	1.035
4	1.180	1.060	1.030	1.180	1.060	1.030
5	1.150	1.050	1.025	1.150	1.050	1.025
6	1.120	1.040	1.020	1.120	1.040	1.020
7	1.090	1.030	1.015	1.090	1.030	1.015
8	1.060	1.020	1.010	1.060	1.020	1.010
9	1.030	2.010	1.005	1.030	1.010	1.005
10	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
11	0.980	0.990	0.995	0.980	0.990	0.995
12	0.960	0.980	0.990	0.960	0.980	0.990
13	0.940	0.970	0.985	0.940	0.970	0.985
14	0.920	0.960	0.980	0.920	0.960	0.980
15	0.900	0.950	0.975	0.900	0.950	0.975
16	0.890	0.940	0.970	0.890	0.940	0.970
17	0.880	0.930	0.965	0.880	0.930	0.965
18	0.870	0.920	0.960	0.870	0.920	0.960
19	0.860	0.910	0.955	0.860	0.910	0.955
20	0.850	0.900	0.950	0.850	0.900	0.950
22	0.840	0.890	0.940	0.840	0.890	0.940
24	0.830	0.880	0.930	0.830	0.880	0.930
26	0.820	0.870	0.920	0.820	0.870	0.920
28	0.810	0.860	0.910	0.810	0.860	0.910
30	0.800	0.850	0.900	0.800	0.850	0.900

(Secretaría de Comunicaciones y Transportes)