17 GEOGRAFÍA PARA EL SIGLO XXI SERIE: LIBROS DE INVESTIGACIÓN

Bicicletas para la ciudad

Una propuesta metodológica para el diagnóstico y la planeación de infraestructura ciclista

Manuel Suárez Lastra
Carlos Galindo-Pérez
Masanori Murata

IG INSTITUTO DE GEOGRAFÍA UNAM
CDMX CIUDAD DE MÉXICO
SEDEMA

Bicicletas para la ciudad

Una propuesta metodológica para el diagnóstico y la planeación de infraestructura ciclista

Manuel Suárez Lastra
Carlos Galindo-Pérez
Masanori Murata

México, 2016

Suárez Lastra, Manuel
Bicicletas para la ciudad: Una propuesta metodológica para el diagnóstico y la planeación de infraestructura ciclista / Manuel Suárez Lasta, Carlos Galindo Pérez, Masanori Murata. --México : UNAM, Instituto de Geografía, 2016
160 p. : il. (Geografía para el Siglo XXI. Libros de Investigación; 17)
ISBN 970-32-2976-X (Obra completa)
ISBN 978-607-02-7602-6 (Libro)
ISBN 78-607-02-7623-1 (Anexo digital)

1. Bicicletas – Ciudad de México I. Suárez Lastra, Manuel, coaut. II. Galindo Pérez, Carlos, coaut. III. Murata, Masanori, coaut. IV: Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía V. Ser.

Bicicletas para la ciudad. Una propuesta metodológica para el diagnóstico y la planeación de infraestructura ciclista

Primera edición, 15 de abril de 2016.

D.R. © 2016 Universidad Nacional Autónoma de México

Ciudad Universitaria,
Coyoacán, 04510 México, D. F.
Instituto de Geografía,
www.unam.mx, www.igeograf.unam.mx

Editor académico: José Luis Palacio Prieto.
Editores asociados: María Teresa Sánchez Salazar y Héctor Mendoza Vargas.
Editor técnico: Raúl Marcó del Pont Lalli.

Prohibida la reproducción parcial o total por cualquier medio,
sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

La presente publicación presenta los resultados de una investigación científica y contó con dictámenes de expertos externos, de acuerdo con las normas editoriales del Instituto de Geografía.

Geografía para el siglo XXI (Obra general)
Serie Libros de investigación
ISBN (Obra general): 970-32-2976-X
ISBN: 978-607-02-7602-6
ISBN (anexo digital): 978-607-02-7623-1

Impreso y hecho en México

Índice

Introducción……9

Apuntes teóricos sobre el uso de la bicicleta……15

Sección I. Diagnóstico

Capítulo 1. Características generales para el uso……23
de la bicicleta en la Ciudad de México

Capítulo 2. Movilidad en la Ciudad de México……51

Capítulo 3. Percepción social del uso de la bicicleta……83
en la Ciudad de México: análisis de la encuesta
de movilidad ciclista 2008

Conclusiones: definición de criterios para la selección……105
de rutas y el establecimiento de biciestacionamientos
y programa de bicicletas públicas

Sección II. Planeación de infraestructura ciclista

Capítulo 4. Rutas principales de ciclovías……113

Capítulo 5. Biciestacionamientos……133

Capítulo 6. Programa de bicicletas públicas……143

Reflexiones finales……151

Bibliografía……155

Introducción

La bicicleta es el modo de transporte más eficiente, el más barato (después de caminar) y en promedio, el más rápido cuando se consideran las condiciones actuales de congestionamiento de la ciudad. Sin embargo, pocas personas la usan como medio de transporte en la Ciudad de México. Incluso, parecería que pocos piensan en la bicicleta como un medio de transporte factible en el Distrito Federal (D. F.). Aunque solo uno por ciento de los viajes de la ciudad se realicen en bici, lo cierto es que goza de una percepción muy positiva por parte de la gente. La gran mayoría de los viajeros del D. F. afirma estar dispuesta a utilizar una bicicleta si se dieran determinadas condiciones de infraestructura y seguridad. Quizá la razón por la cual el número de estos viajes en bicicleta es tan bajo sea, precisamente, que no existen las condiciones para utilizarla como modo de transporte cotidiano.

Hace algunos años se construyó una ciclovía sobre la antigua vía del tren que conectaba a la Ciudad de México con Cuernavaca. Quien la haya recorrido estará de acuerdo con que viajar por ella resulta un *paseo* muy agradable, salvo por algunos cortes repentinos a lo largo de su trazo. Sin embargo, son pocas las personas que la utilizan. ¿Por qué? El problema estriba en que la bicicleta no es, por naturaleza, un artículo para la recreación; al contrario, es un medio de transporte. Sucede que en la ciclovía de la antigua vía del tren se pueden visitar lugares con vistas espectaculares, pero muy pocos centros a los que la gente vaya para realizar actividades cotidianas. Sucede también que, de acuerdo con la información disponible, la mayoría de la gente que anda en bicicleta por la ciudad la utiliza precisamente para desarrollar sus actividades cotidianas, ya sea para trabajar o para ir a la escuela. La pregunta entonces es si es posible aumentar el número de usuarios de bicicleta mediante una red de ciclovías que conecten una serie de orígenes y destinos entre los cuales la gente ya viaja cotidianamente y si es posible reemplazar ciertos tramos de viajes de medios motorizados por viajes en bicicleta mediante la integración de ésta con otros medios de transporte.

Esta investigación parte del supuesto de que las respuestas a las preguntas anteriores son afirmativas. Aunque no podamos predecir el futuro, conocemos muchas de las características de quienes viajan todos los días en la ciudad, entre

ellos, de quienes lo hacen en bicicleta. Partimos del razonamiento científico de que las características de quienes viajan hoy y sus elecciones en cuanto a transporte se asemejan a las de quienes realizarán viajes en el futuro cercano. Es entonces evidente que si se planea un sistema de infraestructura ciclista que se enfoque a cubrir las necesidades de quienes tienen *características similares* a quienes hoy ya usan la bicicleta, y si este sistema cubre los orígenes y destinos entre los que esas personas viajan, la probabilidad de que un programa ciclista tenga éxito es significativamente más alto que si no se tomaran en cuenta las características actuales del transporte, de quiénes se transportan, de cómo lo hacen, por qué y de dónde a dónde se desplazan.

Esta investigación nació como parte de la Estrategia de movilidad en bicicleta y proyectos ejecutivos de infraestructura ciclista de la Ciudad de México que concibió el Gobierno del Distrito Federal (GDF) a través de la Secretaría del Medio Ambiente, y cuyo objetivo es fomentar el uso de la bicicleta para convertirla en un medio efectivo de transporte, y así contribuir a agilizar la movilidad de la población al interior de la ciudad y reducir los efectos no deseados del transporte motorizado.

Para poner en marcha la planeación de esta estrategia, el gobierno capitalino comisionó al Departamento de Vinculación de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) para realizar el proyecto ejecutivo. Para ello se reunió a un grupo de geógrafos urbanos para realizar un estudio-diagnóstico en el que se evaluara el potencial que tiene la Ciudad de México para estimular el uso de la bicicleta, y para realizar recomendaciones para determinar los lugares más propicios en donde establecer los diferentes componentes del programa.

Los componentes centrales de la estrategia son tres: *a)* una red de ciclovías, *b)* un programa de biciestacionamientos y *c)* un programa de bicicletas públicas.

Cada uno de los componentes de la estrategia cumple con una función distinta en cuanto a movilidad ciclista se refiere. La red de ciclovías consta de tramos de diferentes jerarquías que van desde ciclovías segregadas del arroyo vehicular hasta ciclovías que lo comparten. El propósito principal de las ciclovías es el de unir secuencias de orígenes y destinos con una alta demanda de viajes y con una alta probabilidad de usuarios potenciales que se estima pueden hacer viajes completos en bicicleta, como del hogar al trabajo o del hogar a la escuela.

Por su lado, los biciestacionamientos permiten el resguardo temporal de una bicicleta particular ya sea en nodos de actividad o facilitando el acceso al transporte público. Una de las características que se notaron al principio del estudio era que los viajes que se realizan en bicicleta son, por lo general, cortos. Por tanto,

conociendo las distancias actuales de traslado en la ciudad, sería irreal pensar que todas las personas pueden reemplazar su modo de transporte cotidiano por la bicicleta (aun si lo desearan), simplemente por las distancias que se tienen que recorrer. Así, los biciestacionamientos permiten que los tramos iniciales de los viajes, específicamente aquellos que van del hogar al Metro, puedan ser reemplazados por viajes en bicicleta, cuando el viaje completo es muy largo para ser realizado en bici. El programa de biciestacionamientos implica el uso de una bicicleta propiedad del usuario, que se utiliza del hogar hasta una estación de Metro en la que se encadena el viaje. Posteriormente, al regreso de su viaje, vuelve a utilizar la bicicleta de la estación de Metro al hogar. Aunque el análisis aquí realizado solo contempla la conexión con estaciones del Metro, la metodología puede ser replicada para cualquier otro modo de transporte.

Finalmente, el programa de bicicletas públicas implica que un usuario se inscriba a un programa en el que, mediante la presentación de una tarjeta electrónica, tome prestada –de manera gratuita– una bicicleta que tendrá que regresar al término de un tiempo establecido. Mediante este programa se pueden reemplazar viajes cortos que se hacen, por ejemplo, a mediodía, relacionados con el trabajo; pero también de manera similar a los que se realizan mediante el programa de biciestacionamientos. Es decir, mediante la instalación de este programa en cercanía a estaciones del Metro, el usuario puede reemplazar el último tramo de viaje (del Metro al trabajo o del Metro a la escuela) por uno en bicicleta.

Es necesario apuntar que ninguno de los tres componentes son excluyentes y que las tres partes del programa pueden o no combinarse. Así, cada componente puede servir a diferentes tipos de población con determinadas características de viaje aunque esté disponible para cualquiera.

Este trabajo se ocupa, en el caso de las ciclovías, de la identificación de orígenes y destinos y de su jerarquización relativa, pero no de las calles por las que deba pasar cada ciclovía ni de las características físicas de su diseño. Esto es cierto también en el caso de los biciestacionamientos y del programa de bicicletas públicas, para los cuales se identifican y jerarquizan nodos potenciales y se realizan estimaciones relativas de uso potencial. El diseño y las decisiones de construcción en calles específicas queda sujeto a muchas otras condicionantes que incluyen la viabilidad técnica, la disponibilidad de espacio, el tránsito vehicular, el presupuesto, el diseño arquitectónico e ingenieril, e incluso, decisiones políticas que superan por mucho los alcances de este libro.

La decisión de convertir la investigación original en un libro nace en la inquietud de dar a conocer una metodología innovadora para la identificación de aquellos lugares de una ciudad en los que se puedan implementar programas de

infraestructura ciclista. Dicha metodología la presentamos aplicada a la Ciudad de México en espera de que sea utilizada tanto en esta urbe como en otras que deseen desarrollar programas de tal naturaleza.

El libro está dividido en un apartado teórico y dos secciones divididas en seis capítulos. En el apartado teórico se hace una revisión de los principales hallazgos de la investigación académica en torno a la bicicleta. Posteriormente, en la primera sección se realiza el estudio-diagnóstico a partir del cual se identifican los criterios para la selección de rutas de ciclovías y la ubicación del programa de bicicletas públicas y biciestacionamientos. La segunda sección presenta los análisis realizados a partir de dichos criterios así como los resultados de la metodología empleada.

En el primer capítulo se traza un perfil socioeconómico de la Ciudad de México con base en el análisis de sus características demográficas generales, entre las que se incluyen: la población absoluta, la densidad de población urbana, la estructura de la población por edades, el nivel de escolaridad de la población, la población económicamente activa (PEA), el empleo formal y el ingreso. De este primer capítulo se reconoce la distribución geográfica de distintos grupos de población de acuerdo con las variables mencionadas para identificar áreas de alta concentración poblacional y de actividad económica que son potenciales generadoras y atractoras de viajes, lo que permite entrever las principales áreas a conectar mediante una estrategia de movilidad en bicicleta.

El segundo capítulo se enfoca al diagnóstico de la movilidad de la población en la Ciudad de México. Se analizan los tipos de viajes, los modos de transporte en que se realizan, así como su duración, costo y distribución geográfica para, en conjunto, evaluar las implicaciones socioeconómicas del transporte en la ciudad. Se realizan comparaciones entre distintos grupos sociales y la forma en la que se trasladan y se analizan las características de los viajes que actualmente se realizan en bicicleta para compararlas con las de otros modos de transporte. Finalmente se traza un perfil de los usuarios actuales de los distintos modos de transporte para conocer las características de los usuarios potenciales de los distintos componentes de la estrategia de movilidad en bicicleta.

Así se definen los criterios a considerar para la elección de rutas de ciclovías, se determinan los tipos de viajes que actualmente pueden ser reemplazados por viajes en bicicleta y se especifican las principales características relacionadas con la población y los viajes que realiza para, en conjunto, identificar los sitios más aptos para ser impulsados como Centros de Transferencia Modal (CETRAM), con acceso a biciestacionamientos y programas de bicicletas públicas.

En el tercer capítulo se analiza la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008* para evaluar la percepción social del uso de la bicicleta en la Ciudad de México y ratificar los hallazgos realizados hasta esta parte del trabajo.

Para finalizar la primera sección se presentan las correspondientes conclusiones. Entre ellas destaca que la bicicleta es el modo de transporte más barato, más rápido y, por lo tanto, más eficiente cuando se trata de viajes cortos. Además, se concluye también que el mayor volumen de usuarios potenciales de bicicleta reside en la zona oriente de la Ciudad de México y que esos usuarios se caracterizan por ser hombres, jóvenes que pertenecen a estratos de bajo ingreso. Por último, se plantean los criterios a considerar para elegir las rutas más propicias para construir ciclovías y ubicar los biciestacionamientos y el programa de bicicletas públicas, se identifican los tipos de viajes que actualmente pueden ser reemplazados por viajes en bicicleta y se especifican las principales características relacionadas con la población y los viajes que realiza. Estos criterios se identifican mediante la observación del comportamiento de las variables en las estadísticas presentadas en el documento.

Los análisis realizados y los datos obtenidos en la primera sección del trabajo sirven de sustento empírico para desarrollar el contenido de la segunda sección. En el cuarto capítulo, a través de un modelo logístico binomial, se determina la influencia particular de cada una de las características identificadas en la primera sección y se infiere estadísticamente a la población que tiene mayor probabilidad de convertirse en usuaria de bicicletas. Así mismo, se identifican los viajes que estas personas realizan y mediante un modelo teórico denominado Red Hipotética de Ciclovías, se agregan probabilidades de viajes para así jerarquizar rutas potenciales de ciclovías en distintas categorías.

El quinto capítulo se dedica al análisis de CETRAM para, mediante un análisis de usuarios potenciales que parte de los criterios establecidos en la primera sección, poder instalar biciestacionamientos. Se identifican y jerarquizan estaciones del Metro con mayor probabilidad de uso, las cuales se ubican principalmente en la periferia.

El sexto capítulo utiliza una metodología similar (aunque inversa) para identificar áreas de la ciudad, y en específico estaciones del Metro, para el establecimiento del programa de bicicletas públicas. El análisis sugiere, al contrario que el de biciestacionamientos, que el programa de bicicletas públicas tiene mayor probabilidad de éxito en la áreas centrales de la ciudad.

La segunda seción cierra con un apartado de reflexiones finales.

El libro cuenta, además, con un anexo digital dónde el lector encontrará información y una serie de mapas complementarios que tienen como objetivo

enriquecer los resultados y alcances de lo aquí expuesto. Con el código QR se puede acceder al anexo digital desde cualquier dispositivo móvil que cuente con un lector adecuado.

URL del anexo digital:

http://www.igg.unam.mx/publicaciones/bicicletas

Código QR:

Apuntes teóricos sobre el uso de la bicicleta

El uso de la bicicleta ha tomado una renovada fuerza a nivel mundial. Cada día más y más ciudades se suman a la larga lista de urbes que cuentan con infraestructura pública diseñada para el uso exclusivo de bicicletas o bien para facilitar su uso. Distintas ciudades han desarrollado diversos modelos para el diseño e implementación de programas que fomentan el uso de la bicicleta, sin que haya un consenso en cuanto a las ventajas y desventajas de cada uno. Inclusive la investigación académica al respecto es escasa. En esta sección se presenta un breve resumen de los enfoques metodológicos, las tendencias en cuanto a la implementación de programas ciclistas, así como los avances académicos más significativos en torno al estudio del uso de la bici tanto en términos de infraestructura como de percepción para la elección de la bicicleta como modo de transporte.

¿Qué hemos aprendido de los programas de infraestructura ciclista existentes?

El auge reciente de la bicicleta parece estar relacionado con el fenómeno del cambio climático provocado en parte por las emisiones del transporte público así como al reconocimiento de la falta de sostenibilidad del modelo basado en el auto particular. Al contrario de los viajes en medios motorizados, los que se realizan caminando o en bicicleta consumen menor cantidad de energía proveniente de recursos no renovables, implican menores costos para la adquisición y mantenimiento de vehículos e infraestructura de transporte, además de que representan una actividad saludable para la población. Así pues, los planes de transporte de diversas ciudades del mundo contemplan cada vez más el desarrollo de medios de transporte no-motorizados como parte de políticas integrales de tránsito, energéticas, ambientales y de salud pública que implican una mejor imagen urbana y acercan a las ciudades hacia un modelo más sustentable.

El desarrollo de infraestructura para bicicletas comenzó en Europa en la década de 1970 con el fin de reducir la mortalidad provocada por los accidentes vehiculares así como para disminuir la contaminación atmosférica. Entre 1970

y 1994 Holanda logró una reducción de entre 40 y 70% de las emisiones de CO y NOx, mediante programas para la reducción del uso del automóvil en el que la bicicleta ha jugado un papel importante. En algunas ciudades europeas el uso de la bici ha alcanzado ya el 15% de los viajes (Andersen, 1997; Kroon, 1997; Pucher, Komanoff y Schimek, 1999; Welleman, 1997) y en los últimos años distintas ciudades han construido sistemas públicos de bicicletas compartidas así como la infraestructura para su uso. Desde que el primer sistema de bicicletas públicas se instaló en la ciudad de Sandnes en Noruega en 1985, muchas ciudades continúan siendo equipadas (como la Ciudad de México en 2010 y Nueva York en 2013) para aumentar la movilidad de los ciudadanos que tengan la capacidad de acceder a las bici estaciones y bicis públicas (*Estrategia de movilidad en bicicleta en la ciudad de México, 2010; New York Bike, 2011; Seattle Bicyle Master Plan, 2013*). Entre 2007 y 2014 el número de ciudades con sistemas de bicicletas públicas aumentó de 16 a 200 en todo el mundo. En este sentido, podría decirse que existe un *boom* de los programas públicos de bicicletas a nivel mundial, lo que pronto permitirá una amplia discusión de los cambios en la movilidad generados por dichos sistemas.

Mientras tanto, las estadísticas indican que los hombres jóvenes de bajo ingreso que no tienen automóvil son los más propensos a utilizar la bicicleta. La literatura reporta, por lo general, traslados en bicicleta relativamente cortos, yendo de 2 hasta 5 km (Howard *et al*., 2001; Martens, 2004). Los viajes más cortos (y comunes en algunas ciudades) son aquellos que conectan al hogar con las estaciones de Metro o tren para el primer traslado del día. En ciudades japonesas este tipo de viajes son tan comunes que se ha propuesto dirigir los programas de protección de ciclistas solo a ese tipo de viajes (Hyodo, Suzuki y Takahashi, 2000; Muraleetharan *et al*., 2005). Por su parte, los viajes más largos son aquellos cuyo único modo es la bicicleta. Estos viajes se ven fomentados por la construcción de ciclovías (Krizek y Jhonson, 2006). Tanto para los viajes unimodales como los multimodales existe la posibilidad de utilizar bicicleta siempre que los tramos sean cortos y con condiciones seguras y eficientes.

En términos de estructura urbana, la ciudad compacta parece ser aquella que brinda la mayor probabilidad de uso de la bicicleta. Esto es evidente cuando se observa el uso de la bici en ciudades europeas como Copenhague o Ámsterdam. En cambio en ciudades desbordadas de baja densidad, como en el caso de las ciudades medias norteamericanas, orientadas al uso del automóvil, la probabilidad de utilizar bicicleta se ve mermada (Pucher *et al.*, 1999). En las grandes ciudades, con amplios sistemas de transporte público, el uso de la bicicleta se incrementa debido a la posibilidad de realizar viajes multimodales (Noland y Kunreuther,

1995). En estos casos, los tiempos de espera del transporte público juegan un papel importante en la decisión de utilizar la bicicleta en combinación con otros medios de transporte (Ortúzar *et al.*, 2000).

Distintas investigaciones indican que los ciclistas deciden sus rutas de acuerdo con las velocidades de flujo de las calles así como por la cantidad y densidad de automóviles (Landis, 1996; Landis, Vattikuti y Brannick, 1997). Newmann y Kenwrothy (1999) encontraron que tanto la jerarquía vial como las calles con programas de tráfico calmado afectaban la elección de rutas de los ciclistas (Aultman-Hall y Kaltenecker, 1999; Sener *et al.*, 2009). Adicionalmente, se reconoce una asociación entre la existencia de la vías férreas, las zonas de tráfico densas y la rugosidad del pavimento y un menor uso de la bici (Aultman-Hall *et al.*, 1997).

Aunque el consenso parece ser que la infraestructura que mejor promueve el uso de la bicicleta es la de ciclovías (por dar una percepción de seguridad a los usuarios), esto de ninguna manera parece ser una regla. Experiencias como la de Santiago de Chile muestran que los usuarios de bicicleta tienden a sacrificar sus condiciones de seguridad para ahorrar tiempo y dinero en su viaje (Ortúzar *et al.*, 2000). Por otro lado, la investigación de Hochmair (2007) en ciudades norteamericanas concluye que la seguridad es más importante que el tiempo y el costo de viaje para los ciclistas. Sin embargo, la idea de seguridad no parece corresponder al flujo de autos ni a la existencia de ciclovías. Por ejemplo, una encuesta en los Estados Unidos reveló que los usuarios de bicicleta dicen que los flujos vehiculares densos y la no existencia de ciclovías no altera su decisión de usar la bici, aunque al mismo tiempo piensen que la seguridad es el factor más importante para decidir si usarla o no (Bovy y Bradly, 1985; Hopkinson y Wardman, 1996).

La reticencia a utilizar bicicleta como medio de transporte se debe a una serie de limitantes físicas y de percepción. Los principales factores físicos que limitan el uso de la bicicleta son la pendiente, los cambios repentinos en el tiempo (particularmente lluvia y viento) así como la distancia de viaje. Entre los factores de percepción destacan el estatus social, la educación vial y la inseguridad por temor al robo y a los accidentes de tránsito, pero sobre todo, a la tendencia creciente de uso del automóvil particular (Shayler, 1993, citado por Noland y Kunreuther, 1995). Para reducir el impacto de estas limitantes, distintas ciudades han puesto en marcha la construcción de redes de ciclovías y de biciestacionamientos con el fin de disminuir el número de accidentes y robos de bicicletas, respectivamente (Hopkinson y Wardman, 1996). Sin embargo, la decisión de la mayoría de la población de no usar la bicicleta deja clara la existencia de varios factores negativos que no han sido del todo analizados.

Mientras se intentan descubrir las debilidades de los programas que fomentan el uso de la bicicleta, algunos científicos han llegado a la conclusión de que la mejor manera de fomentar el uso de la bicicleta es forzar la disminución del uso de los autos particulares (Tolley, 1997; Newman y Kenworthy, 1999; Martens, 2004; Litman *et al*., 2006). Dicha política anti-automóvil no parece estar ganado terreno, ya que la mayoría de las personas siguen apostando por la movilidad motorizada. La tendencia al uso del automóvil sigue aumentando a pesar de numerosos programas como la creación de zonas de baja velocidad, el diseño de caminos que impiden el tránsito de vehículos y el manejo de la *platoon dispersion* (nivelación de la hora pico y valle de tráfico) (Sharpless, 1993; Tolley, 1997; Landis *et al*., 1997). Por ello, el estudio e implementación de programas de control de viajes en auto particular y del fomento de viajes no motorizados no deben separarse en la discusión de la agenda política de tránsito del siglo XXI.

Así, las políticas para fomentar el uso de la bicicleta deben buscar, en primer lugar, cambiar la opinión de la población respecto al uso de la bicicleta. Para incentivar su uso se deben reconocer las condiciones actuales de riesgo físico y la percepción sobre dicho riesgo, por lo que es deseable que la investigación al respecto se extienda a tres campos relacionados con el uso de la bici:

- Seguridad (en ciclovías ya existentes, condiciones y tipo de pavimentación, velocidad promedio, densidad de vehículos motorizados, visibilidad y eficacia de semáforos).
- Características naturales (clima, temperatura, contaminación, pendiente).
- Estructura espacial de la ciudad (extensión, densidades de población y empleo).

Enfoques metodológicos para la planeación ciclista

Las condiciones físicas y de estructura urbana de distintas ciudades tienen como consecuencia el diseño de infraestructura y de políticas para incentivar el uso de la bici con características particulares para cada tipo de ciudad. Las ciudades norteamericanas, por ejemplo, cuentan con las ciclovías más largas debido al uso generalizado del auto particular y a la baja densidad de población, características que generalmente frenan el uso de la bici (Newman y Kenworthy, 1999). En contraste, aunque la Ciudad de México ofrece la posibilidad de usar la bicicleta debido a una alta densidad poblacional, tiene limitantes físicas en su zona poniente debido a la existencia de pendientes mayores a 6%, además de existir limitantes sociales por una percepción generalizada de inseguridad en toda la ciudad.

Los enfoques metodológicos y de planeación en torno a la infraestructura ciclista varían debido a que existen distintas concepciones sobre el uso de la bicicleta y su potencial como modo de transporte en una ciudad. La pregunta inicial es si debe considerarse como un modo de transporte a la par de los vehículos motorizados (Katz, 1995); si se debe categorizar dentro de un grupo especial (Sharpless, 1993; citado en Ortúzar, 2000) o si debe valorarse dentro de la categoría de los vehículos no motorizados y planear dentro de los esquemas de movilidad peatonal, compartiendo los mismos segmentos de la calle que los transeúntes (Hyodo *et al.*, 2000).

Además de existir debates de carácter esencial (qué es y para qué sirve en verdad la bicicleta), los enfoques en cuanto al uso de información y su tratamiento también han evolucionado. En un principio, la planeación de la infraestructura ciclista utilizaba análisis meramente descriptivos que se justificaban en políticas ecológicas, de salud pública y de ahorro de energía (*Boston Bicycle Plan*, 2001). Los análisis abarcaban descripciones de variables como las velocidades y distancias promedio de viaje, el número de vehículos registrados, así como el volumen y densidad de los vehículos en circulación (Davis, 1995). Por supuesto, los análisis han ido adquiriendo grados de complejidad cada vez mayores y el que se presenta en este trabajo es uno de los más avanzados a nivel mundial.

Actualmente existen dos enfoques de investigación que pueden complementarse mutuamente. Por un lado está el enfoque de preferencia declarada (*stated-preference approach- SPA)* que permite evaluar la disponibilidad de los individuos a utilizar bicicleta mediante encuestas de opinión; éstas preguntan qué tan dispuesta se encuentra la población para utilizar la bicicleta si se cumple con una serie de condiciones tanto de infraestructura como de impacto en la percepción, y permiten evaluar la coherencia del comportamiento de los ciudadanos respecto a sus características socioeconómicas mediante la implementación de análisis de regresión logística (Ben-Akiva y Morikawa, 1990). Por otro lado, existe el enfoque de preferencia revelada (*revealed-preference approach:* RPA) que utiliza datos de movilidad general, por ejemplo, encuestas origen destino, para conocer las condiciones de elección con respecto a las características socioeconómicas y de viaje de los individuos.

A mediados de los años noventa, el RPA era comúnmente utilizado para la planeación de sistemas de infraestructura ciclista, pero con el paso del tiempo ha sido cada vez más común utilizar el SPA, ya que permite incluir escenarios hipotéticos de infraestructura (Sener *et al.*, 2009) e incluir preguntas de acuerdo con el interés de los desarrolladores (Bradly y Daly, 1997; Ben Akiva y Morikawa, 1990). Sin embargo, habrá que anotar que el SPA permite deducir tendencias de

aceptación pero no de uso probable, como quedará claro más adelante, en el capítulo 3. Por su parte, la ventaja del RPA es que utiliza datos de uso observado, por lo que puede considerarse como información verídica. Su desventaja es que el uso observado de la bicicleta (y de cualquier modo de transporte) depende también de la infraestructura existente, no de aquella que está en miras de planeación, por lo que el RPA puede proveer información sesgada (Morikawa, 1989, 1994) sobre todo cuando la infraestructura ciclista es poca o nula.

Actualmente las dos metodologías suelen ser utilizadas: el RPA para conocer las condiciones generales (ciudad completa) y el SPA en el plano individual (Cherchi y Ortúzar, 2006). En el campo de la estadística y matemática se están trabajando formas para ponderar la información que proveen ambos enfoques (Morikawa *et al.*, 2002). En este trabajo se avanza hacia la integración de ambos una vez resuelto el problema de cómo puntualizar, en rutas específicas de ciclovías, las generalidades de la elección modal de la escala metropolitana y empleando, para dicho análisis, tanto información de corte SPA como de RPA.

Sección I

Diagnóstico

Capítulo 1. Características generales para el uso de la bicicleta en la Ciudad de México

Para dimensionar el alcance potencial de cobertura y el impacto social del uso de la bicicleta en la Ciudad de México,[1] la primera característica a considerar es que la ciudad forma parte de una estructura territorial, demográfica y económica mayor: la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM).

Entre las diferentes propuestas para delimitar la ZMCM está la del *Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México* (COMETAH, 1998) que consideró a las dieciséis delegaciones del D.F. más 58 municipios del Estado de México. Con el objetivo de hacer más precisa esa delimitación, la comisión integrada por la Secretaría de Desarrollo Social, el Consejo Nacional de Población y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (SEDESOL-CONAPO-INEGI, 2004, 2007, 2012), propuso la anexión del municipio de Tizayuca del estado de Hidalgo; y para 2005, por ser de nueva creación, se incorporó el municipio de Tonanitla del Estado de México. Por su parte, el Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México, en su actualización 2012, consideró la incorporación de veinte municipios más de Hidalgo con base en el argumento de su fuerte relación funcional con el conjunto metropolitano.

Para la *Encuesta Origen Destino 2007* (EOD07) –y para los objetivos de este trabajo– la ZMCM queda integrada por las dieciséis delegaciones del D. F. y 40 municipios del Estado de México, que corresponden al área conurbada (área urbana contigua) del D. F. (Figura 1). Sin importar la delimitación metropolitana a la que se haga referencia, el D. F. es la entidad político-administrativa más importante en términos demográficos, socioeconómicos y de volumen de viajes (movilidad) tanto de su zona metropolitana como de la región a la que pertenece y del conjunto del país.

[1] A lo largo del documento se asumirán como sinónimos Ciudad de México y Distrito Federal.

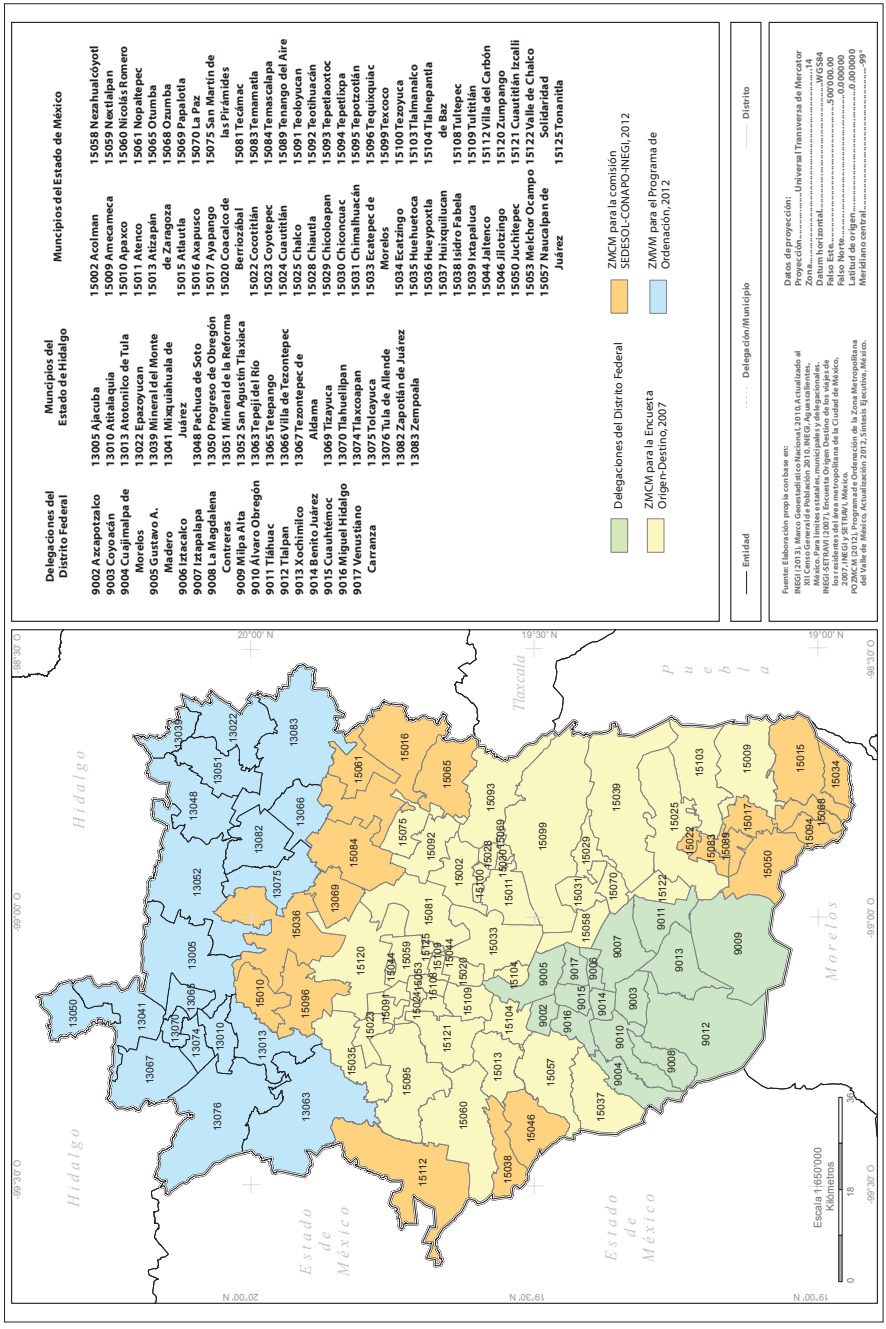


Figura 1. Propuestas de delimitación de Zona Metropolitana para la Ciudad de México.

Para fines descriptivos y de análisis, el D. F. se divide en contornos urbanos[2] (agrupación de dos o más delegaciones) y también se toma como escala de referencia el nivel de distrito de tránsito. Los distritos de tránsito son utilizados con el propósito de agregar datos de viajes en delimitaciones más pequeñas que las de un municipio o delegación y son definidos por la EOD07. Uno de los criterios para delimitar territorialmente esos distritos es que debían quedar circunscritos al interior de las delegaciones del D. F. (ningún distrito puede pertenecer a dos o más delegaciones, solo a una) y su delimitación se caracterizaría por un elemento que identifique más la realidad de comportamiento de los viajes a escala distrital que delegacional. Como resultado del seccionamiento de las dieciséis delegaciones del D. F. se obtuvo una división de 84 distritos para 2007 –dos más que en la *Encuesta Origen Destino* (EOD) de 1994– (Figura 2).

Relieve, temperatura y precipitación

Como se señaló en los antecedentes teóricos, una de las características fundamentales que favorece (o restringe) el uso de la bicicleta es el relieve y específicamente la pendiente del terreno. El D. F. tiene una superficie de poco más de 1 490 km^2, que equivale al 0.1% del territorio nacional; 46% de la superficie de la Ciudad de México cumple con el requerimiento de pendiente del terreno para promover el uso de la bicicleta si se toma como base el criterio internacional de una pendiente no mayor a 6%. En la Figura 3 se observa la zona centro-oriente del D. F., la cual satisface los requerimientos de pendiente máxima e incluye a las delegaciones Azcapotzalco, Benito Juárez, Coyoacán, Cuauhtémoc, Iztacalco, Iztapalapa y Venustiano Carranza. Por su parte, las zonas sur y sur-poniente del D. F. son las menos aptas para impulsar el uso de la bicicleta por la presencia de pendientes del terreno superiores a los 6%: las delegaciones Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tlalpan y Xochimilco (zona sur).

Además de la pendiente del terreno se deben considerar también las condiciones climáticas de la Ciudad de México. El clima predominante en la mayor parte del territorio del D. F. es el templado subhúmedo (87%), le sigue el seco y semiseco (7%) y el templado húmedo (6%).

La temperatura media anual es de 16° C, pero es en los meses de marzo a mayo que se registran las más altas (mayores a 25° C), y en enero se reportan las

[2] Los contornos urbanos están basados en Delgado (1988). El tercer contorno corresponde a SEDESOL (2000).

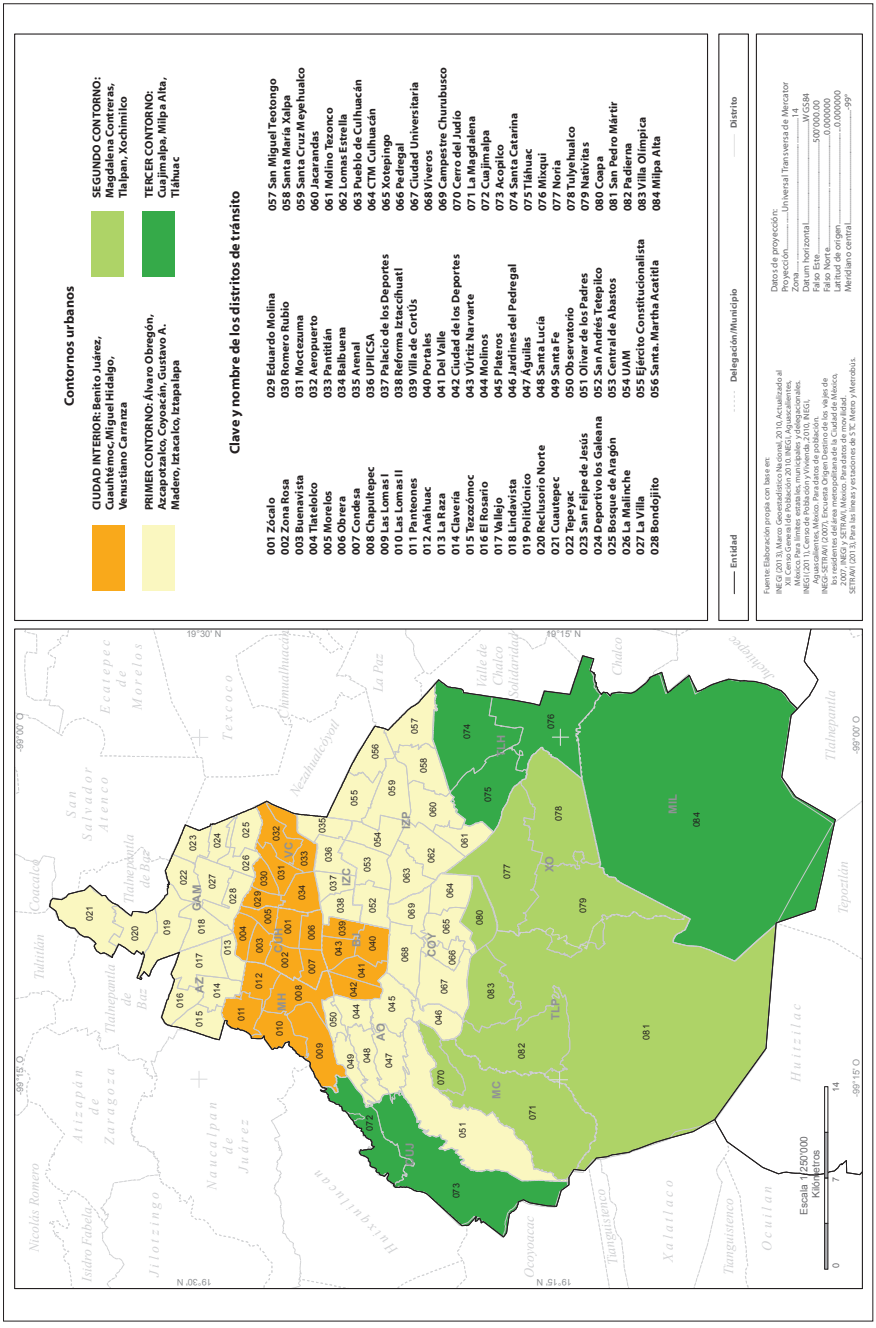


Figura 2. Distrito Federal: división por contornos urbanos y subdivisión por distritos de tránsito, según la *Encuesta Origen Destino* 2007.

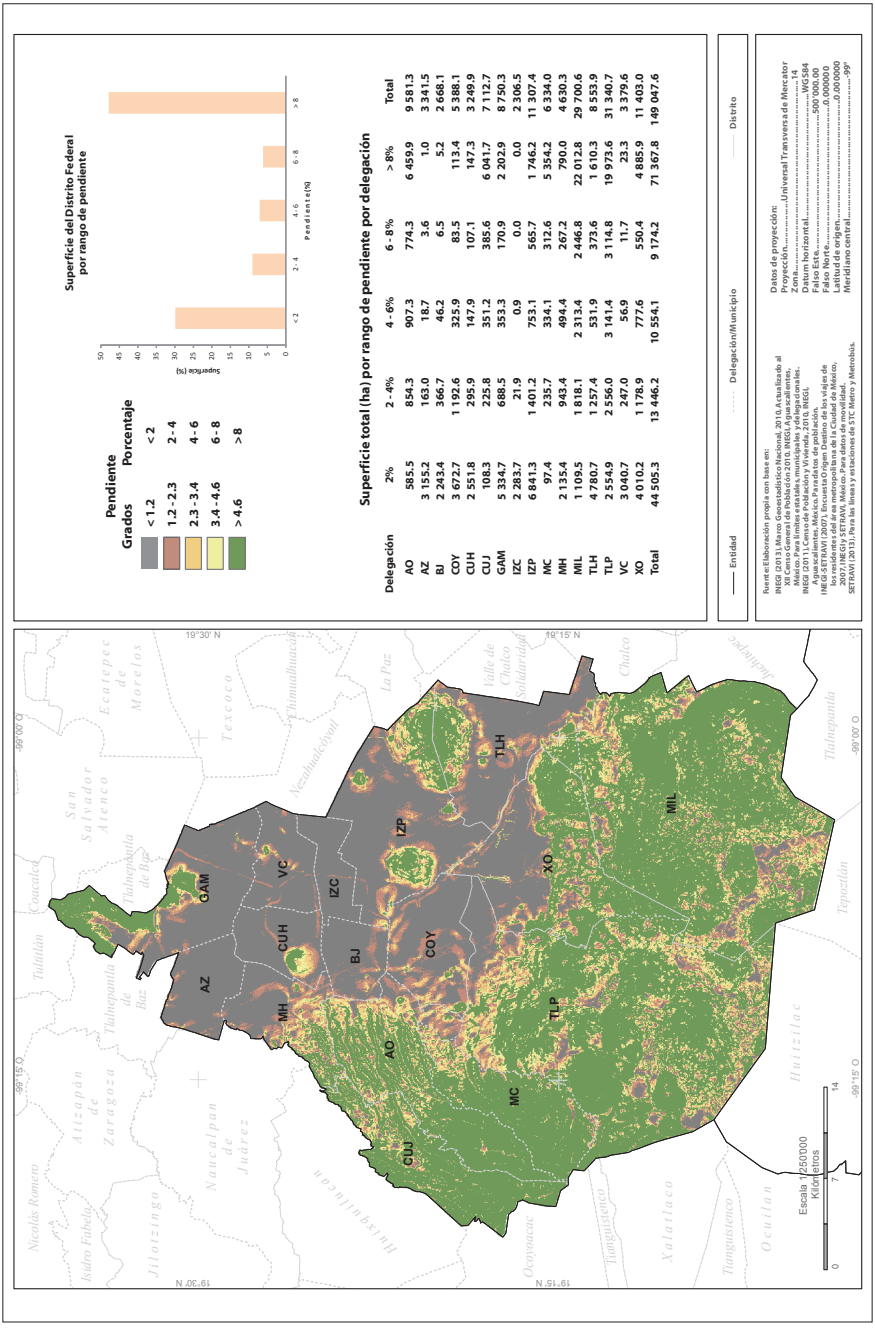


Figura 3. Distrito Federal: pendiente del terreno, 2010.

más bajas (inferiores a 5° C). En cuanto al patrón de lluvias, éstas se concentran principalmente en verano, pero la precipitación total anual es variable: en la zona seca es de 600 mm y en la parte templada húmeda (zona sur, Sierra del Ajusco) es de 1 200 mm anuales. En síntesis, dadas las condiciones del relieve (pendiente), temperatura (clima) y régimen de precipitación (lluvias), la Ciudad de México cuenta con características ambientales más que aceptables para impulsar el uso de la bicicleta.

Perfil demográfico

El objetivo de este apartado es trazar un perfil sociodemográfico del conjunto de delegaciones que integran el D. F. Esta labor, en combinación con el análisis de los siguientes capítulos, permitirá identificar aquellas áreas de la ciudad que cuentan con el mayor potencial para promover el uso de la bicicleta como un medio de transporte cotidiano.

Población absoluta

En 2010 la población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) ascendió a 19.6 millones de habitantes y de estos 8.9 millones eran residentes del D. F. Entre 1990 y 2010, el D. F. solo incrementó su población en 615 mil habitantes –30 mil habitantes anuales de crecimiento promedio– (véase Cuadro 1.A. en el anexo digital). En cambio, los municipios conurbados aumentaron su población en 3.7 millones –185 mil habitantes anuales de crecimiento promedio–. En conjunto, la población de la ZMCM creció 4.3 millones de habitantes en este periodo de veinte años (Figura 4).

Como consecuencia de ese crecimiento demográfico diferencial, la participación porcentual de la población del D. F. respecto a la total de la ZMCM, se redujo progresivamente en esos veinte años, al pasar de 54% en 1990 a 45% en 2010. Así, el peso demográfico relativo del D. F. ha cedido importancia frente al de sus municipios conurbados (Figura 5). No obstante que el mayor crecimiento demográfico (absoluto y relativo) en la ZMCM lo registran los municipios conurbados, esto no significa que la población deje de viajar hacia el D. F. para trabajar, estudiar o realizar compras y actividades de esparcimiento como se mostrará más adelante.

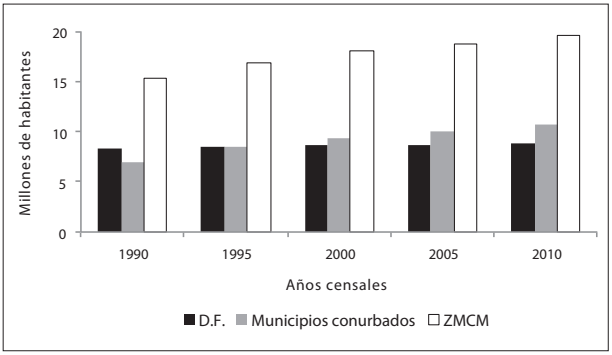


Figura 4. ZMCM: comportamiento demográfico 1990-2010*.

* La delimitación de la ZMCM corresponde a la de la *Encuesta Origen Destino 2007*.

Fuentes: INEGI, 1991, 1996, 2001, 2006, 2011.

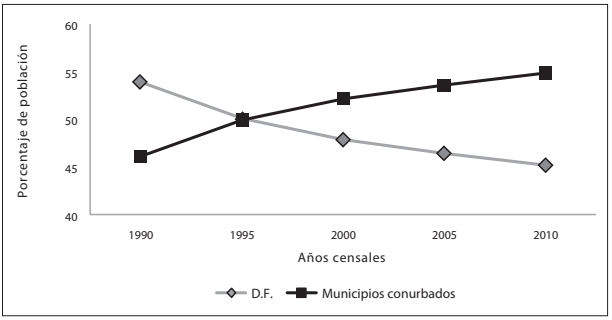


Figura 5. ZMCM: porcentaje de participación poblacional 1990-2010*.

* La delimitación de la ZMCM corresponde a la de la *Encuesta Origen Destino 2007*.

Fuentes: INEGI, 1991, 1996, 2001, 2006, 2011.

Densidad de población urbana

En general, la densidad de población ayuda a comprender la intensidad de ocupación y la distribución de la población sobre el territorio. Pero la densidad de población urbana en particular describe la relación que hay entre el número de habitantes y el área construida, es decir, la ocupación del área de la ciudad. Para el 2000 el D. F. registró una densidad media, en áreas urbanas, de 108 habitantes por hectárea (hab/ha), una década después esa densidad se redujo a 97 hab/ha. Este decremento de la densidad se explica a partir de dos factores principales: *a)* la reducción progresiva del crecimiento demográfico registrado por el D. F., en comparación con los municipios metropolitanos circundantes, y *b)* el crecimiento de su área urbana,[3] ocasionado esencialmente por el auge de proyectos inmobiliarios en los últimos años.

[3] Con base en cálculos propios realizados para esta investigación, la superficie urbana del D. F. se incrementó 9 843.2 ha en diez años, al pasar de 79 533.3 en 2000 a 89 376.5 ha en 2010.

Las delegaciones de menor extensión territorial (y en las que la superficie total es equivalente a la superficie urbana), son las que registran las densidades urbanas más altas, por arriba de la densidad media del D. F. (97 hab/ha) como es el caso de Iztacalco, Cuauhtémoc, Benito Juárez, Venustiano Carranza, Azcapotzalco, Coyoacán y Miguel Hidalgo (Figura 6). En el extremo opuesto están las delegaciones de mayor superficie total y urbana, pero que registran las densidades urbanas más bajas: Tlalpan y Xochimilco que se carácterizan por conservar áreas de protección ecológica, relieves poco aptos para la urbanización y además de contar aún con actividad agrícola y localizarse en la periferia sur de la ciudad.

Si se analizan los cambios en la densidad urbana por contorno entre 2000 y 2010 (Figura 7) el mayor incremento lo registra el primer contorno que envuelve a la ciudad interior que, por su parte, disminuyó ligeramente su densidad. Le siguen, en orden descendente, el segundo y tercer contorno que registran fuertes disminuciones de densidad, en especial el tercero, dada la tendencia migratoria desde el D. F. hacia los municipios conurbados del Estado de México. Esta jerarquía de densidad urbana explica una relación inversa proporcional: a mayor

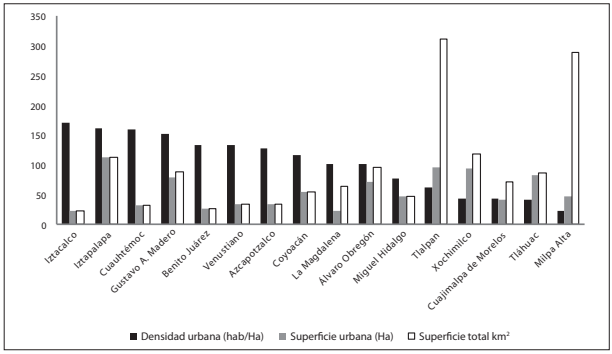


Figura 6. Distrito Federal: densidad media urbana (hab/ha), superficie total (km^2) y urbana (ha), 2010.

Fuente: INEGI, 2011.

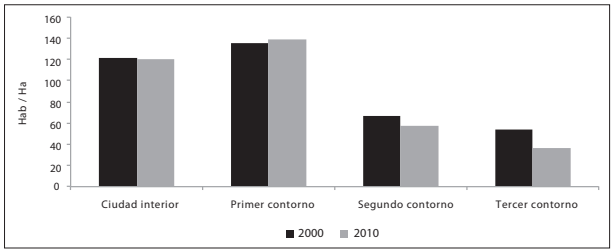


Figura 7. Distrito Federal: densidad media urbana (hab/ha) por contorno urbano, 2000-2010.

Fuente: INEGI, 2001 y 2011.

distancia del centro de la Ciudad México, menor es la densidad de población urbana.

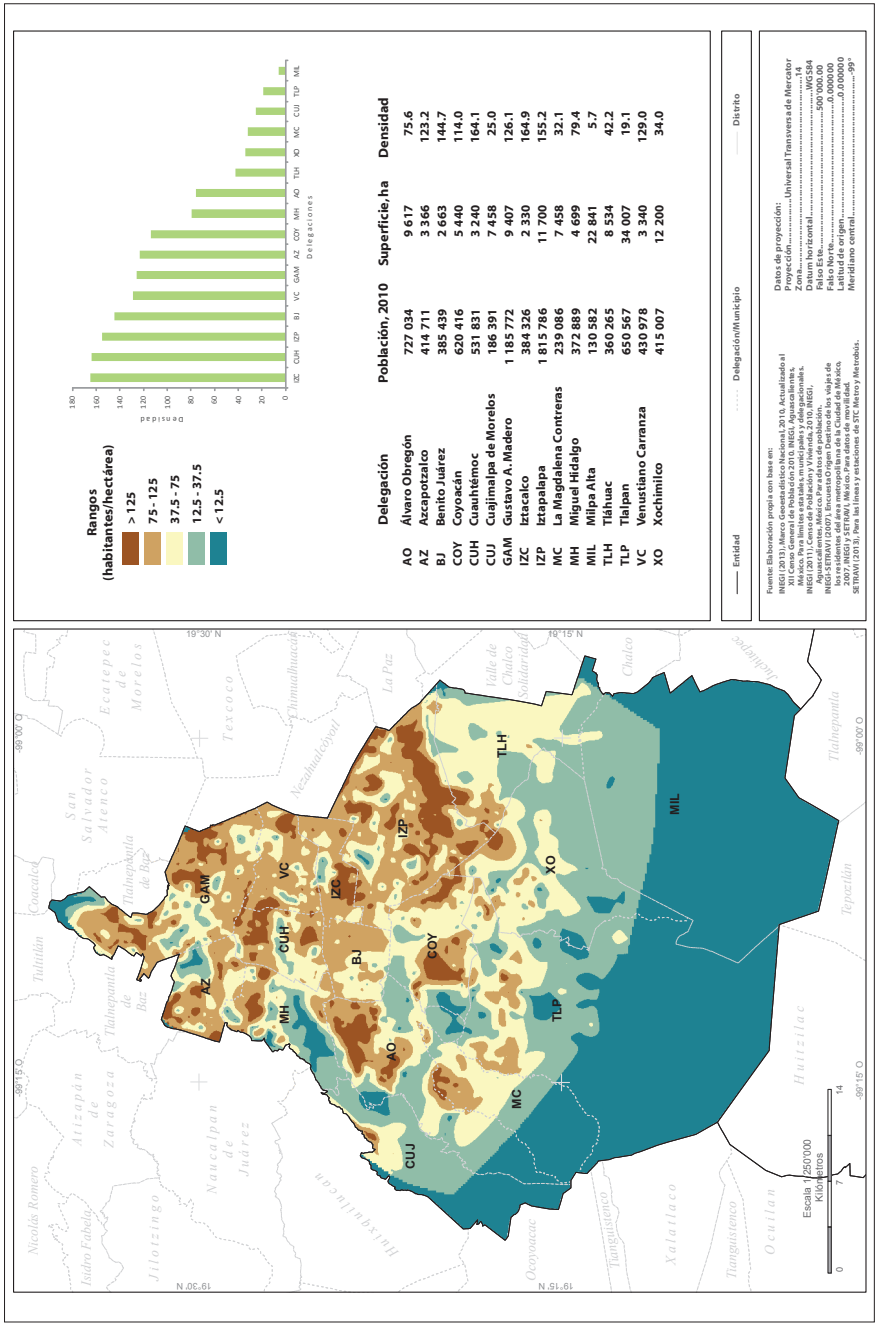
El gradiente de densidad observado es consistente con los supuestos teóricos que afirman que el decremento de la densidad urbana del centro de la ciudad hacia su periferia es el resultado del precio del suelo urbano (Alonso, 1964). Es decir, en el centro de la ciudad la tasa de ganancia y el costo por el uso del suelo es más alto que en la periferia, por lo que en función de la capacidad de pago, la población está condicionada a concentrarse alrededor del centro y hacia las orillas de la ciudad (Figura 8), mientras que el centro está ocupado por los usos de suelo económicamente más redituables. Asimismo, la graduación negativa de la densidad urbana que se registra desde el centro hacia la periferia, demuestra una relación densidad-distancia y precio-distancia negativa, que de igual forma se relaciona con la distribución y la densidad del empleo como se mostrará más adelante.

También destaca que en la ciudad interior y el primer contorno urbano se encuentran las delegaciones con el mayor número de estaciones de la red de Metro y Metrobús. El *tren ligero* solo tiene presencia en dos delegaciones del tercer contorno (Tlalpan y Xochimilco), mientras que en el cuarto contorno (el más alejado del centro del D. F.), el transporte público se compone, principalmente, de colectivos –micros, peseras–. Esto significa que en las delegaciones de mayor densidad urbana (a excepción de Iztapalapa), se encuentra la mayor accesibilidad a transporte masivo.

Estructura de la población por edades

Dado que la propensión a insertarse laboralmente, utilizar modos de transporte y emplear tiempo en trasladarse cambia en función de la edad y la condición de ser hombre o mujer, otra variable a considerar en este perfil demográfico es la estructura etaria de la población. En primer lugar, para construir las pirámides de edades y hacer más visibles sus cambios, se decidió comparar dos momentos censales separados por dos décadas: 1990 y 2010.

A partir del resultado se observa en el registro censal inicial (1990) una fuerte contracción de los tres primeros grupos quinquenales que forman la base de la pirámide, correspondientes a los menores de edad (0-4, 5-9 y 10-14 años), lo que se explica (en parte) por el descenso de los niveles de fecundidad registrados en el país a partir de la década de 1970-1979. Para el estrato de 15-19 años la pirámide presenta una reducción progresiva hasta el grupo quinquenal de 60-64 años, en el siguiente estrato, el de la población adulta-mayor (más de 65 años), se observa un fuerte repunte (Figura 9).



	Delegación	Población, 2010	Superficie, ha	Densidad
AO	Álvaro Obregón	727 034	9 617	75.6
AZ	Azcapotzalco	414 711	3 366	123.2
BJ	Benito Juárez	385 439	2 663	144.7
COY	Coyoacán	620 416	5 440	114.0
CUH	Cuauhtémoc	531 831	3 240	164.1
CUJ	Cuajimalpa de Morelos	186 391	7 458	25.0
GAM	Gustavo A. Madero	1 185 772	9 407	126.1
IZC	Iztacalco	384 326	2 330	164.9
IZP	Iztapalapa	1 815 786	11 700	155.2
MC	La Magdalena Contreras	239 086	7 458	32.1
MH	Miguel Hidalgo	372 889	4 699	79.4
MIL	Milpa Alta	130 582	22 841	5.7
TLH	Tláhuac	360 265	8 534	42.2
TLP	Tlalpan	650 567	34 007	19.1
VC	Venustiano Carranza	430 978	3 340	129.0
XO	Xochimilco	415 007	12 200	34.0

Fuente: Elaboración propia con base en:
INEGI (2013), Marco Geoestadístico Nacional, 2010, Actualizado a I trimestre de 2013, Versión 5.0, Información Geoestadística.
XII Censo General de Población 2010, INEGI, Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEBs) urbanas, Manzanas.
INEGI (2011), Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI, Áreas Geoestadísticas, México. Para datos de población.
INEGI (2011), Encuesta Origen Destino de viajes de los residentes del área metropolitana de la Ciudad de México, 2007, INEGI y SETRAM, México. Para datos de movilidad.
SETRAM (2013), Para Mexibús, Metrobús y Metro, Metrorrey y Metrotrén.

Figura 8. Distrito Federal: densidad de población urbana, 2010 (hab/ha).

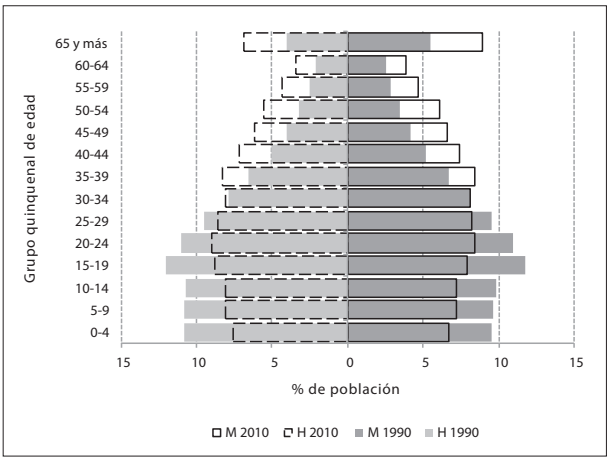


Figura 9. Distrito Federal: estructura etaria, 1990-2010.

Fuente: INEGI, 1991 y 2011.

Para el registro censal final (2010), la base de la pirámide muestra una reducción aún mayor, al observar que la población infantil, juvenil y adulta joven (0-29 años) se contrae, siendo el rango de 15-19 años el que registra la mayor disminución. Respecto a 1990, la población de los estratos de entre 35-64 años se incrementa, siendo el sector de la población adulta-mayor el que aumenta considerablemente, con una mayor proporción de mujeres. Esta estructura de la pirámide es evidencia de un cambio drástico en los patrones de natalidad, así como de la mejora en la calidad de vida de la población del D. F. que se refleja en la esperanza de vida alcanzada.[4]

Ahora bien, en relación con el uso de la bicicleta los grupos de población que más interesan son los que se ubican entre los 15 y 59 años, por considerar que son los rangos de edades en que los usuarios utilizan la bicicleta para transportarse. En función de este criterio, en el Mapa 1.1[5] se representa únicamente a la población de entre 15 a 59 años, agregada en tres estratos para una lectura más ágil: 15-29, 30-44 y 45-59 años.

[4] Según el INEGI, para 2012 en México la esperanza de vida alcanzada fue de 73.4 años para los hombres y 78.1 para las mujeres; para el Distrito Federal en particular, la esperanza de vida fue de 74.1 y 79 años para hombres y mujeres, respectivamente. Documento en línea: http://cuentame.inegi.gob.mx/monografias/informacion/df/poblacion/dinamica.aspx?tema=me&e=09; fecha de la consulta: 04/07/2013.

[5] Los mapas que acompañan a esta obra se encuentran en el anexo digital.

El resultado obtenido muestra que las delegaciones de la ciudad interior tienen las pirámides de población más homogéneas (misma cantidad de población en los tres estratos). Destaca el caso de la delegación Benito Juárez, cuya pirámide es ligeramente inversa (más población adulta que joven) y donde predomina la población adulta de edades intermedias (30-44 años) y avanzadas (45-59 años).

Por su parte, las delegaciones del primer contorno registran una ampliación de la base de sus pirámides (respecto a la ciudad interior), por lo que hay un predominio de población joven (15-29 años), destacando los casos de las delegaciones Iztapalapa, Gustavo A. Madero y Álvaro Obregón. En el segundo contorno se registra una disminución de la población (en comparación con el primer contorno), y sus pirámides presentan una estructura que se distingue por una base que no crece o que incluso tiende a decrecer. Por último, el tercer contorno registra las pirámides con menor población y sin variantes importantes en su conformación.

La interpretación de la distribución de estos grupos quinquenales de edad es la siguiente: dado que en la Ciudad de México la población en el rango de edad que va de los 15 a los 59 años es la que actualmente utiliza la bicicleta como medio de transporte cotidiano, la distribución de estos grupos de edad por delegación muestra que los mayores contingentes de usuarios, que por sexo y edad (además de escolaridad, ocupación e ingreso como se mostrará a continuación), están en condiciones de utilizar la bicicleta como medio de transporte cotidiano, se localizan en el oriente de la Ciudad de México.

Nivel de escolaridad

La escolaridad de la población permite evaluar la calificación de las personas para ocupar un empleo y se relaciona tanto con su productividad como con su ingreso, pero, asimismo, la escolaridad establece una alta correlación con la decisión de utilizar la bicicleta como medio de transporte como se observará en la siguiente sección. Para este apartado se compararon las estadísticas de escolaridad de dos momentos censales: 2000 y 2010.

La primera tendencia a destacar es un ligero incremento de población sin ninguna escolaridad o apenas con instrucción preescolar. Como se observó en el apartado anterior, se esperaría una reducción de la población sin escolaridad o con preescolar, como consecuencia de la disminución de la población en el estrato de 0-5 años. Esta tendencia es posible asociarla a la población adulta mayor, ya que un número importante de adultos mayores cuenta apenas con algunos años de primaria cursados o no cuenta con ninguna instrucción, y dado su fuerte incremento del año censal 1990 a 2010 (Figura 10).

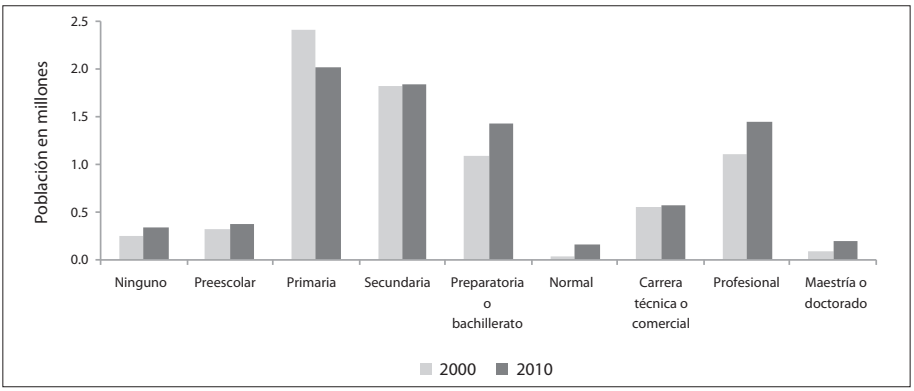


Figura 10. Distrito Federal: escolaridad de la población, 2000-2010.

Fuente: INEGI, 2001 y 2011.

Por su parte, la población con estudios de primaria disminuyó, en este caso, como efecto directo de la reducción (de 1990 a 2010), de la población en los estratos de 5-9 y de 10-14 años. La población con estudios de secundaria, no registró cambios notorios, pero los niveles educativos que registraron el mayor crecimiento fueron el bachillerato y licenciatura. El posgrado (maestría y doctorado), aunque apenas significativo, mostró también un incremento.

El Mapa 1.2 muestra que las delegaciones con el mayor número de población con algún grado de escolaridad cursado son las que pertenecen al primer contorno urbano, encabezan el grupo Iztapalapa y Gustavo A. Madero (en concordancia con el monto de población absoluta), les siguen en orden de importancia las delegaciones de la ciudad interior y posteriormente el segundo y tercer contornos, respectivamente.

Las difrencias más importantes en cuanto a la distribución de los niveles de escolaridad son: las delegaciones de la ciudad interior registran un mayor porcentaje de población con estudios de preparatoria y licenciatura. Destaca el caso particular de Benito Juárez, por un registro de más del 45% de población con estudios de licenciatura. Por su parte, las delegaciones del primer contorno presentan una mayor proporción de población con estudios de primaria y secundaria, y una presencia de menos del 15% de personas con licenciatura (con excepción de Coyoacán que comparte las caracterísiticas de escolaridad de las delegaciones de la ciudad interior).

En el segundo y tercer contornos se reduce la población que cuenta con algún nivel de escolaridad y los mayores porcentajes corresponden a los estudios de primaria y secundaria, seguidas por el bachillerato y licenciatura. En síntesis, la más alta calificación para el empleo determinada por el nivel educativo alcanzado se localiza en las delegaciones centrales del D. F., donde hay un predominio de población adulta (entre 30-59 años).

En la Figura 11 se muestran los niveles de escolaridad por contorno urbano. La ciudad interior tiene los porcentajes más altos de personas con licenciatura, preparatoria y posgrado. A medida que la distancia al centro aumenta, los niveles de mayor escolaridad decrecen, en los contornos más alejados es mayor el porcentaje de personas que solo cuentan con estudios de primaria, secundaria e incluso personas que no reportan ninguna escolaridad.

La tendencia observada permite inferir que en las delegaciones de la ciudad interior la población opta por la continuidad de sus estudios hasta la licenciatura o el posgrado, mientras que en el resto de los contornos, un porcentaje mayor de población trunca sus estudios para dedicarse (presumiblemente) a trabajar. Esta tendencia se relaciona comúnmente con las condiciones de ingreso de las familias.

En resumen, la población de las delegaciones centrales del D. F. es la que reporta los mayores niveles de escolaridad y, por tanto, la que registra la más alta calificación para el empleo, así como los mayores niveles de ingreso (véase la sección Ingreso medio por trabajador). Por su parte, las delegaciones que circundan la ciudad central (particularmente las del primer contorno), son las que aglomeran el mayor número de población estudiantil en el nivel básico y medio –secundaria y bachillerato– (Cuadro 1.B. del anexo digital). Es en este grupo de edad

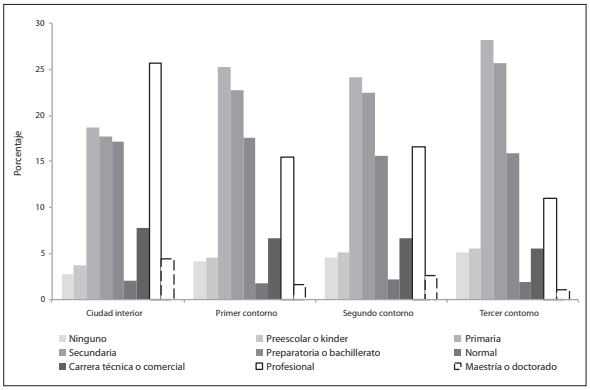


Figura 11. Distrito Federal: porcentaje de población por nivel de escolaridad según contorno urbano, 2010.

Fuente: INEGI, 2001.

en el que se puede promover el uso de la bicicleta asociado con el propósito de ir a la escuela; sin embargo, como se mostrará más adelante, los estudiantes no son el sector de la población que más utiliza la bicicleta, sino la población que trabaja.

Perfil socioeconómico

Si bien el perfil demográfico destacó algunas características de la población (volumen, densidad urbana, estructura etaria y escolaridad), el objetivo de este apartado es trazar un perfil socioeconómico de esa población pata completar la labor de diagnóstico y así identificar aquellas áreas de la Ciudad de México que cuentan con el mayor potencial para inducir el uso de la bicicleta como un medio de transporte cotidiano.

Población Económicamente Activa (PEA)

Según las cifras de los censos de población 2000 y 2010, en el D. F. los sectores económicos que registraron el mayor crecimiento por el número de PEA ocupada fueron los servicios, seguido del comercio y la construcción. Por su parte, los sectores que reportaron crecimiento negativo fueron la actividad industrial y las comunicaciones y transportes. El sector agropecuario apenas registró presencia en el D. F. (Figura 12).

Por contorno urbano, el primero concentró el mayor volumen de PEA (en correspondencia con su población total), las delegaciones que encabezan el grupo (por la proporción PEA/población total) son Iztapalapa y Gustavo A. Madero, seguidas por Álvaro Obregón, Coyoacán, Azpotzalco e Iztacalco (Mapa 1.3 y Figura 12). En segundo lugar, pero muy lejos de la cantidad de PEA concentrada

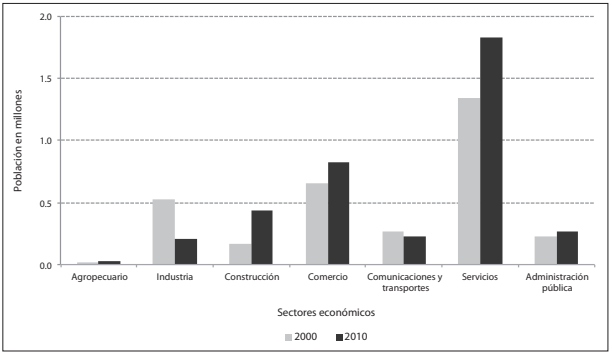


Figura 12. Distrito Federal: PEA por sector de actividad, 2000-2010.

Fuente: INEGI, 2001 y 2011.

por el primer contorno, está la ciudad interior, seguida por el tercer y cuarto contornos. Para 2010, entre los rasgos que más sobresalen del Mapa 1.3 y que ratifica la Figura 13a es que en las delegaciones de la ciudad interior, más del 50% de la PEA se ocupa en el sector servicios y en segundo lugar en el comercio (véase Cuadro 1.C. del anexo digital).

Por su parte, en el primer contorno los porcentajes se equilibran entre los sectores comercio y servicios, pero destacan los casos particulares de Azcapotzalco, Iztapalapa y Gustavo A. Madero, delegaciones donde la actividad industrial decreció y la construcción repuntó. En el segundo contorno vuelve a predominar el sector servicios (casi 50% de PEA) y se observa un equilibrio entre el comercio y la construcción (20%).

Para el tercer contorno, la cantidad de PEA se reduce (en comparación con lo contornos precedentes), y se mantiene la primacia del sector servicios y el equilibrio porcentual entre el comercio y la construcción. Destaca como caso único en el D. F. la delegación Milpa Alta, en la que la actividad agropecuaria sigue manteniendo un peso significativo en la estructura de su PEA. La importancia de los sectores de ocupación radica en la relación que tienen estos con el ingreso de las personas, pero en particular la relación en cuanto a accesibilidad a empleos. Es decir, la distancia que las personas tienen que viajar para acceder a trabajos apropiados a su sector de actividad (Suárez y Delgado, 2007), y por tanto, con los medios de transporte utilizados.

Empleo censal

En el apartado anterior se indagó sobre la distribución de la PEA, se identificaron las mayores concentraciones y los sectores de actividad. En este apartado se examina el empleo censal, es decir, la ubicación espacial de los empleos en los que la gente trabaja. Dado que los viajes al trabajo representan el más importante volumen de traslados en el D. F. (EOD07), la ubicación del empleo permitirá identificar aquellas áreas donde se concentra la actividad económica y, que por tanto, se convierten en nodos de atracción de viajes, no solo de trabajo sino para otros propósitos. La distribución y volumen de viajes se presentará en el capítulo siguiente de esta sección.

En correlación evidente con la especialización de la PEA, es el sector servicios el que mayor número de empleos formales reporta. A este sector le siguen el comercio, la industria y las comunicaciones y transportes (Figura 13c). Por tanto, los sectores económicos que mayor número de empleos registran, coinciden enteramente con los sectores en los que la PEA se emplea, aunque existen algunas diferencias. En términos de distribución espacial, los empleos se concentran prin-

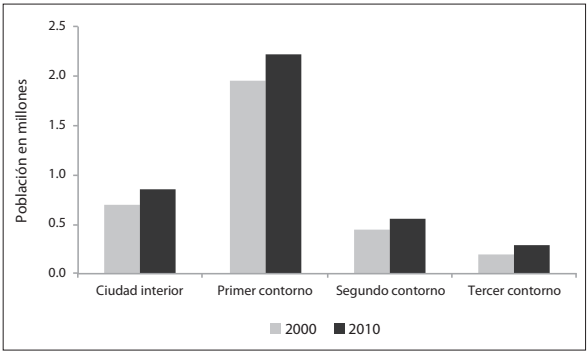


Figura 13a. Distrito Federal: PEA total por contorno urbano, 2000-2010.

Fuente: INEGI, 2001 y 2011.

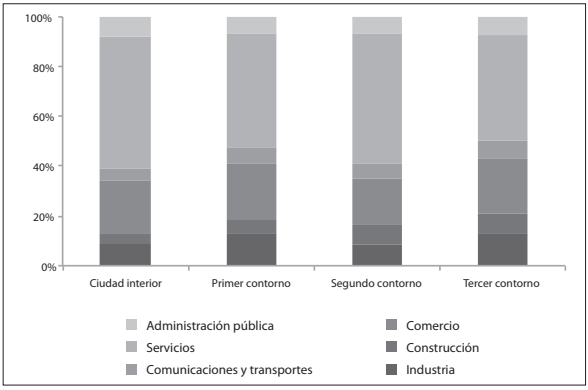


Figura 13b. Distrito Federal: PEA por sector de ocupación según contorno urbano, 2010.

Fuente: INEGI, 2011.

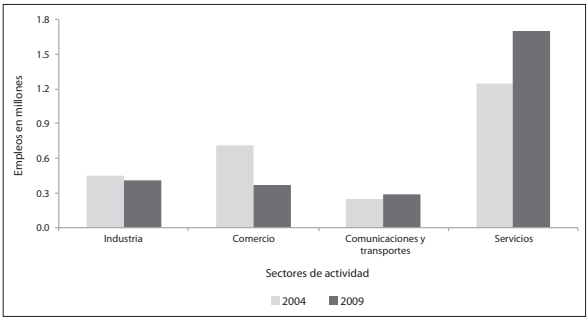
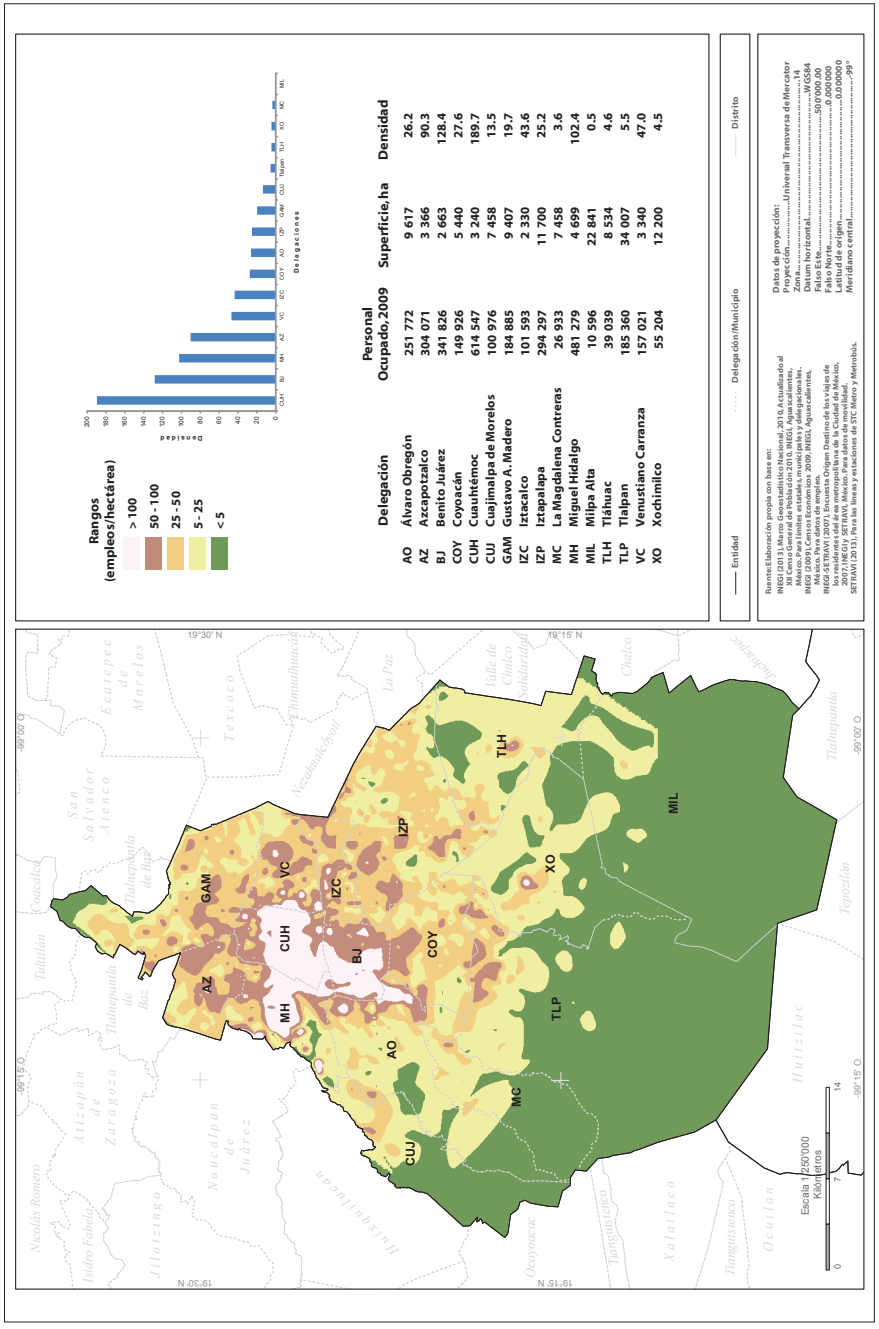


Figura 13c. Distrito Federal: empleos censales por sector de actividad, 2004-2009.

Fuente: INEGI, 1994 y 2009.

cipalmente en las delegaciones centrales y el primer contorno, y su gradiente de densidad disminuye con la distancia al centro.

La más alta concentración de empleos se registra en la delegación Cuauhtémoc (Figuras 14 y 15) que es el centro del D. F. y de la ZMCM. Le siguen en importancia (por el número de empleos) las delegaciones Miguel Hidalgo y Benito



	Delegación	Personal Ocupado, 2009	Superficie, ha	Densidad
AO	Álvaro Obregón	251 772	9 617	26.2
AZ	Azcapotzalco	304 071	3 366	90.3
BJ	Benito Juárez	341 826	2 663	128.4
COY	Coyoacán	149 926	5 440	27.6
CUH	Cuauhtémoc	614 547	3 240	189.7
CUJ	Cuajimalpa de Morelos	100 976	7 458	13.5
GAM	Gustavo A. Madero	184 885	9 407	19.7
IZC	Iztacalco	101 593	2 330	43.6
IZP	Iztapalapa	294 297	11 700	25.2
MC	La Magdalena Contreras	26 933	7 458	3.6
MH	Miguel Hidalgo	481 279	4 699	102.4
MIL	Milpa Alta	10 596	22 841	0.5
TLH	Tláhuac	39 039	8 534	4.6
TLP	Tlalpan	185 360	34 007	5.5
VC	Venustiano Carranza	157 021	3 340	47.0
XO	Xochimilco	55 204	12 200	4.5

Fuente: Elaboración propia con base en:
INEGI (2013). Marco Geoestadístico Nacional, 2010, Actualizado al 2013. Con datum de referencia ITRF92 de la República Mexicana. México. Para límites estatales, municipales y delegacionales.
INEGI (2009). Censos Económicos 2009. INEGI, Aguascalientes.
Para Personal Ocupado.
INEGI SETRAVI (2007). Encuesta Origen Destino de los viajes de los residentes del área metropolitana de la Ciudad de México. 2007. Para densidad de empleos en la Ciudad de México.
SETRAVI (2013). Para las líneas y estaciones del STC Metro y Metrobús.

Figura 14. Distrito Federal: densidad de empleo censal, 2009 (empleos/ha).

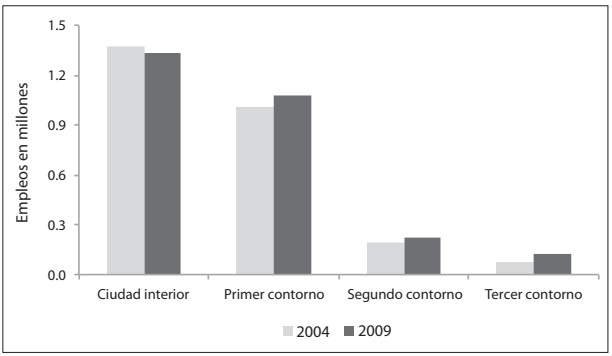


Figura 15. Distrito Federal: empleos censales por contorno urbano, 2004-2009.

Fuente: INEGI, 1994 y 2009.

Juárez, también en la ciudad central. Del primer contorno sobresalen Iztapalapa, Álvaro Obregón y Gustavo A. Madero, que rodean el área de actividad económica del centro de la ciudad (véase Cuadro 1.D. del anexo digital).

Para facilitar la comprensión de la distribución espacial del empleo censal en el D. F. se establecerá una tipología simple de acuerdo con la especialización en el empleo de las delegaciones, mediante la identificación de: *a)* la especialización en el sector servicios y *b)* las que presentan un equilibrio entre el sector servicios, comercio e industria.

De acuerdo con esta tipología, Álvaro Obregón, Azcapotzalco, Benito Juárez, Cuajimalpa, Cuauhtémoc, Coyoacán, Magdalena Contreras, Miguel Hidalgo y Tlalpan estarían dentro del primer tipo; y en el segundo se incluye a Iztacalco, Iztapalapa, Gustavo A. Madero, Milpa Alta, Tláhuac, Venustiano Carranza y Xochimilco.

Por contorno urbano, la ciudad interior ocupa el primer lugar en empleos del sector servicios, seguida por el primer contorno (Figura 16). En cuanto a comercio,

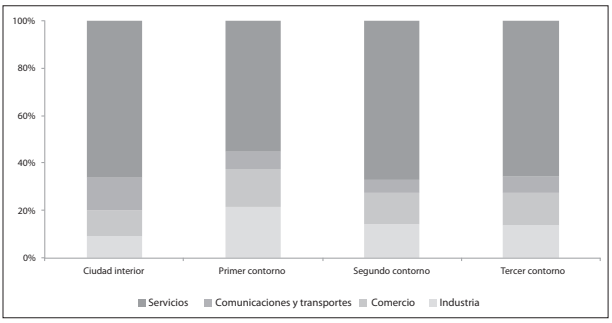


Figura 16. Distrito Federal: empleos censales por sector de actividad según contorno urbano, 2009.

Fuente: INEGI, 2009.

la ciudad interior y el primer contorno se encuentran en la misma posición, y en industria las posiciones se invierten, al ocupar el primer contorno el primer lugar y la ciudad interior el segundo. El segundo y tercer contorno no son representativos en cuanto a la concentración del empleo. Esto significa que un gran número de viajes de PEA se realizan desde las delegaciones periféricas hacia las interiores del D. F.

En suma, los gradientes de densidad tanto de PEA como de empleo censal tienden a disminuir en concentración en función de la distancia al centro de la ciudad. Sin embargo, el gradiente de densidad de los empleos tiene una pendiente y una concentración mucho más alta en el centro que el gradiente de la PEA. Dada esta concentración de empleos en la ciudad interior, el volumen de la PEA en este mismo espacio disminuye (aunque aumenta su densidad neta) y tiende a concentrarse en el espacio concéntrico contiguo, en este caso, el primer contorno, a partir del cual la densidad de la PEA disminuye también hacia la periferia de la ciudad.

Las diferencias entre la concentración de la PEA y los empleos se debe a que hay un desequilibrio espacial en la Ciudad de México y, por lo tanto, que no existe una correspondencia directa entre los volúmenes de la PEA y los empleos. La estructura urbana resultante tiene un impacto directo en las características de los viajes en la ciudad. Dado que en la ciudad central se aglomera el mayor número de empleos formales, los traslados desde la periferia inmediata y lejana serán también hacia al centro de la ciudad, mientras no existan políticas efectivas de densificación de vivienda en áreas centrales con alta accesibilidad al empleo.

Por supuesto los traslados no son solo periferia-centro, existe un gran número de viajes intradelegacionales, es decir, gente que vive y trabaja en una misma delegación, así como viajes periferia-periferia (asociados muchas veces al sector informal), y un número creciente de viajes de *reverse-commuting*, término que se utiliza para describir viajes que van del centro hacia la periferia, en dirección "inversa" a la mayoría de los viajes (Kain, 1968, 1994).

Ingreso medio por trabajador

Para concluir este perfil socioeconómico se realiza un breve examen del ingreso medio mensual por trabajador. El Mapa 1.4 muestra la distribución territorial del ingreso medio por trabajador a escala delegacional. La fuente utilizada fue la *Muestra del 10% del Censo de Población y Vivienda 2010* y la metodología seguida fue obtener la media de ingreso mensual mediante la eliminación de la base de aquellos casos insuficientemente especificados, así como de aquellos otros que reportaron ingresos superiores al millón de pesos.

De los resultados obtenidos, destaca en primer lugar que las delegaciones Benito Juárez y Miguel Hidalgo son las registran el mayor ingreso mensual promedio en el D. F. En el siguiente rango se encuentran Álvaro Obregón, Coyoacán, Cuajimalpa, Cuauhtémoc, seguidas por Magdalena Contreras y Tlalpan que rodean a las anteriores delegaciones. Este agrupamiento permite observar que la ciudad central (con excepción de Venustiano Carranza), forma un aglomerado de altos ingresos del centro hacia el poniente de la ciudad.

En el tercer rango (ingreso medio), se ubican Azcapotzalco e Iztacalco pertenecientes al primer contorno urbano. El rango de ingresos bajos incluye a las delegaciones Gustavo A. Madero, Iztapalapa, Tláhuac, Venustiano Carranza y Xochimilco, y en el rango de más bajo ingreso queda incluida solo Milpa Alta. Sobresale que estas delegaciones de bajos ingresos se localizan en el oriente del D. F. (con excepción de Iztacalco), que como se señaló, es la zona donde mayor uso se hace de la bicicleta.

Si se observa nuevamente esta distribución del ingreso medio mensual y se retoman algunos elementos de las variables antes analizadas, se tiene que las delegaciones de más altos ingresos coinciden espacialmente con las áreas donde se concentra el empleo, que son a su vez las que están mejor dotadas de infraestructura para el transporte. En el extremo opuesto, los ingresos bajos empatan espacialmente con las zonas de alta concentración demográfica, de PEA y de población de baja calificación para el empleo (baja escolaridad). En síntesis, se identifican distintas zonas de generación y de atracción de viajes, cada una con características socioeconómicas diferentes y que deben ser consideradas en la estrategia de movilidad ciclista, como zonas a conectar.

Infraestructura para el transporte público

Si bien es requisito básico examinar el perfil demográfico y socioeconómico que caracterizan a la Ciudad de México para integrarlo a la estrategia de movilidad ciclista, es parte fundamental conocer también la infraestructura con la que cuenta la ciudad para transportar a su población. Pero dado que se trata de impulsar una política de movilidad ciclista, es requisito indispensable conocer con qué infraestructura ciclista dispone la ciudad.

Con base en estos requerimiento para el diagnóstico, en este apartado se examina la disponibilidad de infraestructura para el transporte público en la Ciudad de México que incluye: el Sistema de Transporte Colectivo (STC) Metro, el Sistema de Autobús de Transito Rápido Metrobús (MB), el Sistema de Transportes

Eléctricos (–tren ligero– STE) que incluye Trolebús y Tren Ligero, y por último la Red de Transporte de Pasajeros (RTP).

También se examina la disponibilidad de infraestructura para el transporte en bicicleta que incluye: Ciclovías, Biciestacionamientos y el Programa de Ecobici o bicicletas públicas. En conjunto, un repaso por las características básicas de la red de transporte en el D. F., contribuirá a dimensionar el alcance de cobertura e intermodalidad de la política de movilidad ciclista.

Transporte público tradicional

El GDF administra y opera a nivel local una red de transporte público cuyo principal articulador es el STC Metro, al que se integran tres subsistemas: el MB, el STE y por último la RTP. Con base en la información proporcionada por el mismo GDF, esta red de transporte tiene una capacidad instalada para movilizar a poco más de siete millones de usuarios diariamente, frente a una demanda de 6.5 millones de usuarios. Con estas cifras se obtiene que solo 88% de la capacidad instalada se utiliza al día; sin embargo, el dato se refiere a la oferta promedio brindada a lo largo de un día típico laboral, se omite considerar las variaciones en la demanda que se registran durante el día. Por tanto, la aparente mayor oferta de transporte respecto a la demanda de usuarios lleva a suponer que no hay saturación de la red, así como la ausencia de problemas. Suposición totalmente errónea debido a que en los momentos de mayor demanda (horas pico), la capacidad instalada de la red de transporte es superada en su totalidad.

Ahora bien, antes de abordar los rasgos generales de la infraestructura para el transporte público, una característica fundamental debe tenerse en cuenta: el relieve de la Ciudad de México. Como se describió anteriormente, 60% de la superficie de esta ciudad registra una pendiente de seis grados o menos. El restante 40% supera este valor de pendiente.

Este condicionante ayuda a comprender porque los 226 kilómetros que recorre la red del STC Metro se concentran en la zona de la Ciudad de México que no supera una pendiente de 6% que corresponde a la ciudad interior, y que incluye las delegaciones Cuauhtémoc, Benito Juárez y Venustiano Carranza (Cuadro 1 y Figura 17). Para una mayor precisión del área de cobertura del STC Metro, solo las líneas A, B, y 12 se extienden más allá del Anillo Periférico, el resto quedan contenidas al interior de esa vialidad circunvalar.

Como se señaló, el STC Metro es el principal articulador de la red de transporte público de la Ciudad de México por desempeñar dos funciones fundamentales: la distribución de viajes masivos al interior de la ciudad, y la alimentación masiva desde las zonas periférica y suburbana hacia el centro de la ciudad.

Cuadro 1. Red de transporte operado por el Gobierno del Distrito Federal.

Sistema operado por el GDF	Longitud de la red (km)				No. de líneas/rutas	Capacidad (pas/día)	Demanda (pas/día)
	Subterránea	Superficial	Elevada	Total			
Red del STC-Metro	124.697	63.253	30.066	226.488	12	5 672 220	5 106 279
Red de Transportes Eléctricos: Trolebús	0	203.64	0	203.64	8	336 394	178 060
Red de Transportes Eléctricos: Tren Ligero	0	25.31	0	25.31	1	143 027	72 623
Red de Metrobús	0	94.00	0	94.00	4	835 480	753 797
Red de Transporte de Pasajeros (RTP)	0	3 265.82	0.00	3 265.82	94	457 600	441 150
Total	124 697	3 652.02	30.07	3 815.26		7 444 721	6,551,909

Nota: los datos de capacidad y demanda son para día laboral. La información de trolebús está actualizada hasta el 2012.

Fuente: elaboración propia con información de STC-Metro, MB, STE y RTP (2013).

El Metrobús, por su parte, cuenta con una longitud de 94 kilómetros que integran su red, su cobertura se concentra principalmente en dos delegaciones: Cuauhtémoc y Benito Juárez. Destaca lo concentrado de la infraestructura de este tipo de transporte debido, en parte, a lo reciente de su puesta en marcha (2005), pero se espera que su crecimiento se dirija más allá de la zona central de la Ciudad de México. En cuanto a los servicios de transporte eléctrico, el tren ligero tiene una extensión de 25 km confinados en tres delegaciones: Coyoacán, Tlalpan y Xochimilco, en zonas donde el terreno tampoco supera los criterios de pendiente.

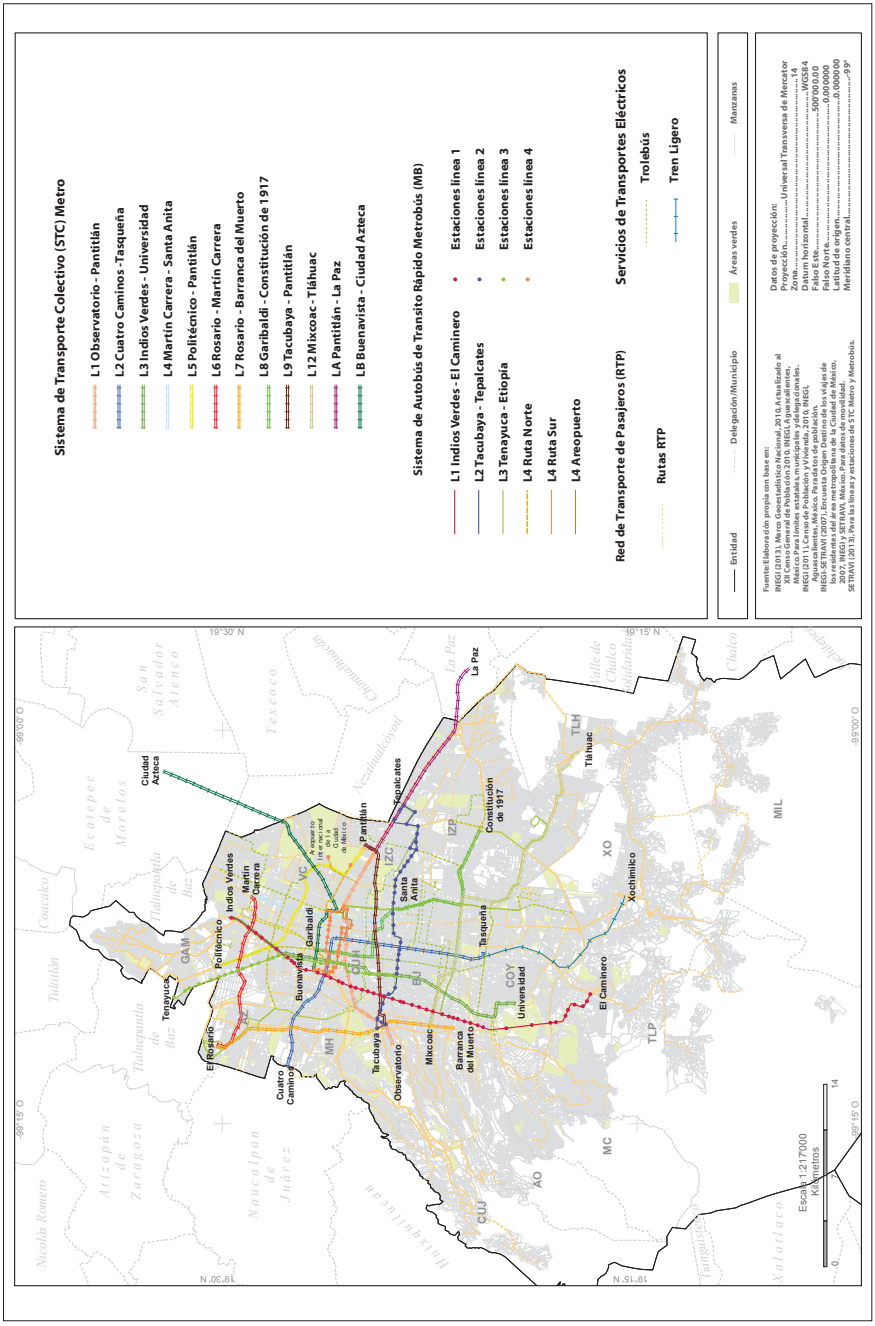


Figura 17. Distrito Federal: Red de Transporte Público: STC Metro, MB, STE y RTP.

El trolebús registra una extensión de 203 km que cubren principalmente la ciudad central y el primer contorno urbano. La cobertura de la RTP alcanza los 3 265 km y como rasgo distintivo, es el único modo de transporte que llega a zonas de fuertes pendientes (zonas populares), dada su condición de transporte automotor y de bajo costo.

En resumen, la red de transporte público que opera el GDF tiene una extensión de 3 815.26 km, distribuidos de manera inequitativa, ya que como se mencionó, el STC Metro y MB cubren principalmente la ciudad central. Por su parte, el trolebús cubre también la ciudad central y algunas zonas del primer contorno urbano, y el tren ligero tiene una cobertura reducida en la zona limítrofe de las delegaciones Coyoacán, Tlalpan y Xochimilco. El único modo de transporte que opera en las 16 delegaciones del D. F. es la RTP.

Conectividad del transporte

Para comprender cómo interactúan estos cinco modos de transporte se realizó un ejercicio de síntesis. Para la realización de este ejercicio, el procedimiento metodológico consistió en seccionar la superficie urbana del D. F. en áreas cuadradas (celdas) de 400 m/lado (se toma como base esta distancia por considerar que puede ser recorrida en un viaje de cinco minutos caminando). El resultado es la obtención de una retícula a partir de la que se sobrepusieron las rutas y líneas de los modos de transporte hasta aquí descritos (STC Metro, MB, STE y RTP).

La siguiente parte de la metodología consistió en contabilizar cuántos modos de transporte se interceptaban en una misma celda. El resultado se muestra en la Figura 18 y el primer rasgo a destacar es que la mayor conectividad entre modos de transporte presenta una localización preferentemente central, por la mayor oferta en esta zona de transporte del STC Metro, MB, trolebús y RTP. Destacan los casos particulares de las delegaciones centrales Cuauhtémoc y Venustiano Carranza y del primer contorno Benito Juárez, Iztacalco y Gustavo A. Madero.

El caso contrario, las zonas de la ciudad que registran la menor conectividad con base en el resultado obtenido de este análisis, son el sur y el poniente, zonas donde la demanda de transporte se atiende principalmente con la RTP, o no se atiende.

Transporte en bicicleta

En cuanto a la bicicleta, recientemente el GDF así como diversos gobiernos delegacionales han impulsado la construcción de ciclovías, carriles compartidos de bicicleta y auto o bicicleta y transporte público, bicicleta pública (EcoBici) y otros tipos de infraestructura ciclista. La instalación casi diaria de este tipo de

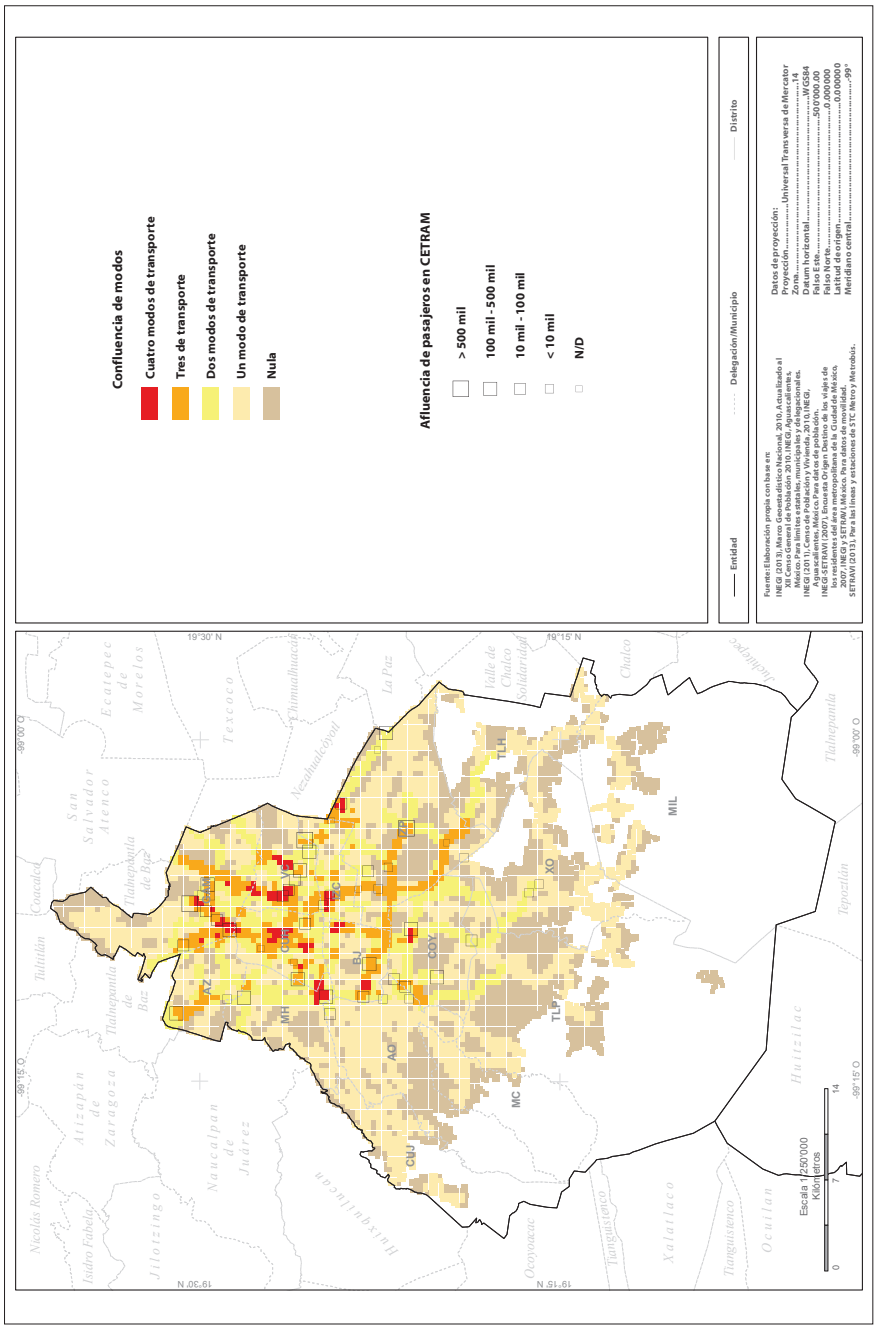


Figura 18. Distrito Federal: intermodalidad del transporte, 2013 (STC Metro, MB, STE y RTP).

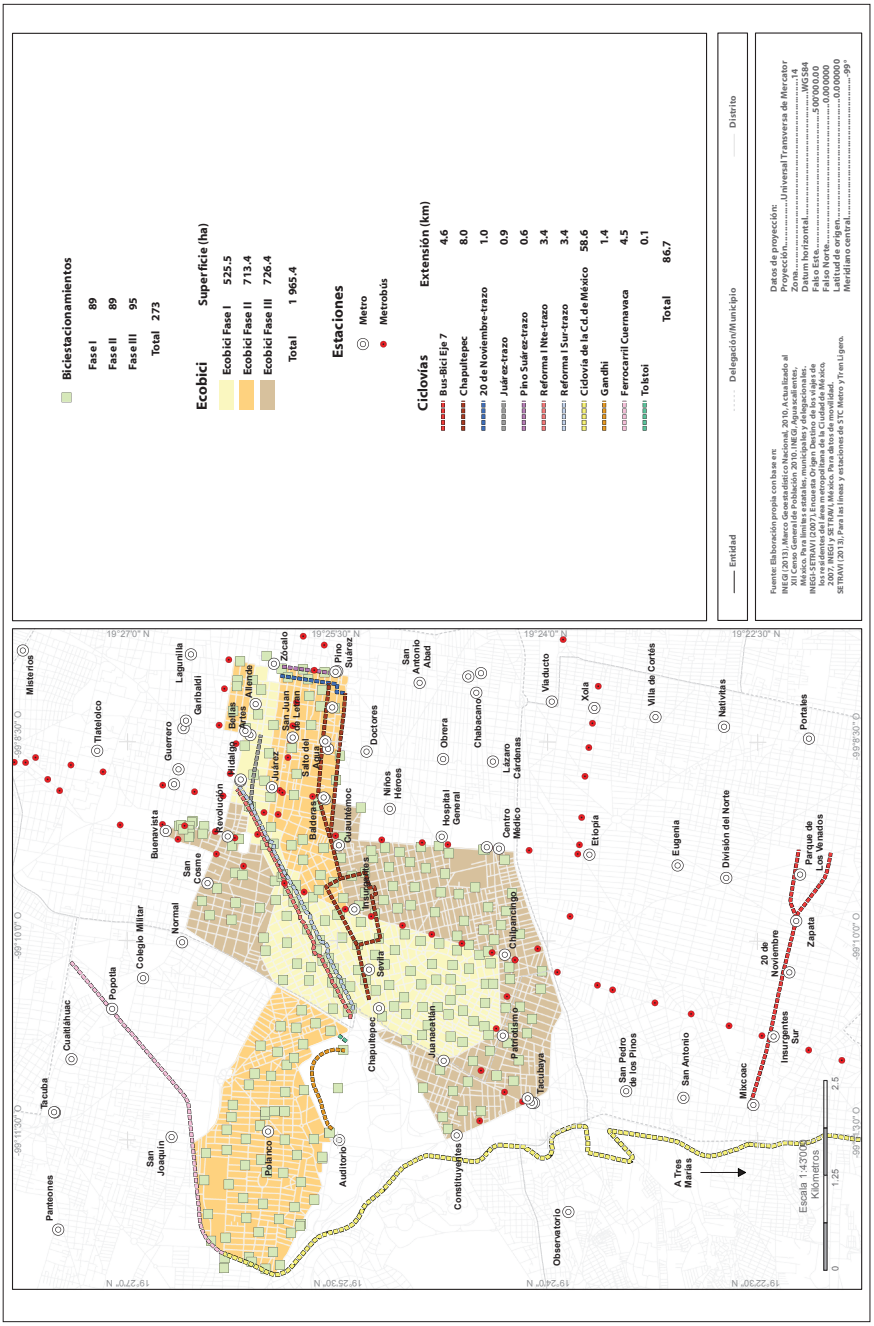


Figura 19. Distrito Federal: infraestructura ciclista, 2014.

infraestructura hace difícil tener un registro actualizado de la existente; sin embargo, la información oficial de la Secretaría de Medio Ambiente y la Secretaría de Transporte y Vialidad reporta a principios de 2014 una red de ciclovías con una extensión de 86.7 km, 273 biciestacionamientos y una superficie de 1 965.4 ha de cobertura del programa de bicicletas públicas Ecobici en sus tres primeras fases (Figura 19). Llama la atención la tendencia centralizada y concentrada de la infraestructura ciclista en el limítrofe de las delegaciones Miguel Hidalgo y Cuauhtémoc, siendo que, como ya se mencionó y observará más adelante, el mayor uso de la bicicleta se registra en el oriente de la Ciudad de México.

Capítulo 2. Movilidad en la Ciudad de México

El objetivo de este capítulo es realizar un diagnóstico integrado de los viajes que se realizan en la ZMCM, pero que están relacionados con el D. F. Asimismo, se prevé observar las características de los viajes que actualmente se realizan en bicicleta y llevar a cabo comparaciones con el resto de los modos de transporte. De esta forma, se pretende generar suficiente información para establecer criterios para: *a)* estimar la demanda potencial de uso de ciclovías; *b)* identificar y jerarquizar los orígenes y destinos que deben ser conectados mediante infraestructura ciclista; *c)* identificar los nodos en donde establecer biciestacionamientos y el programa de bicicletas públicas y *d)* realizar un análisis de costo-beneficio, incluyendo ahorro en transporte y cambios en accesibilidad para diferentes áreas de la Ciudad de México.

Para generar dicha información se recurre al empleo de la base de datos de la *Encuesta Origen Destino 2007* (EOD07). Se consideran los viajes intrametropolitanos cuyo origen y/o destino es el D. F. Es decir, se excluyen aquellos que se originan y tienen destino en el Estado de México, los que se originan en la ZMCM y su destino está fuera de ella y los que, aunque tengan destino en la ZMCM, se originen fuera de ella, además de aquellos con información incompleta. De esta forma se cuenta con una muestra de 136 mil viajes que corresponden a 60 207 residentes encuestados y que, a su vez, representan un universo de 5.37 millones de personas (mayores de cinco años) y 12.1 millones de viajes, distribuidos como se muestra en el Cuadro 3. El 71% de las personas en la muestra en el universo de estudio son residentes del D. F. Dado que el universo de estudio contempla solo una parte de la población de la ZMCM, los estadísticos que aquí se presentan no necesariamente reflejan los resultados publicados de la *Encuesta Origen-Destino 2007*.

Volumen de viajes

De acuerdo con la EOD07 en un día cualquiera entre semana se realizan alrededor de 21.9 millones de viajes en la ZMCM. De este total de viajes, 17.6 millones

corresponde a aquellos cuyo origen y destino es la ZMCM definida en la misma encuesta. Del conjunto de viajes intra-metropolitanos (Cuadro 2) 8.6 millones de viajes (49%) corresponden a viajes cuyo origen y destino es el D. F., 1.7 millones de viajes (9.8%) se originan en el D.F. y tienen como destino el Estado de México y una cifra similar corresponde a viajes del Estado de México hacia el D.F. Finalmente, 5.5 millones de viajes (31%) ocurren desde y hacia el Estado de México.

La distribución de viajes por propósito se muestra en el Cuadro 4. Se observa que el principal motivo de viaje es, por razones obvias, el del regreso a casa. Dado que los viajes cuyo motivo es regresar a casa corresponden al recíproco del resto de los viajes que se realizan en un día, se puede considerar que los dos principales propósitos de viaje son el ir a trabajar e ir a estudiar (Cuadro 5). De esta forma, a estos dos tipos de viajes les corresponde una importancia de 49.3 y 14.2%, respectivamente, y en conjunto, de 63.5%. Es decir, que el principal motivo que genera movilidad en la ZMCM, muy por arriba de cualquier otro propósito, corresponde a viajes asociados a actividades productivas o de formación.

Cuadro 2. ZMCM: viajes intra-metropolitanos por entidad de origen y destino.

	Destino		
Origen	Distrito Federal	Estado de México	Total
Distrito Federal	8 631 493	1 732 892	10 364 385
Estado de México	1 752 777	5 500 710	7 253 487
Total	10 384 270	7 233 602	17 617 872

Fuente: cálculos con base en la EOD07.

Cuadro 3. Distribución de viajes intra-metropolitanos cuyo origen y/o destino es el D. F.[a]

	Destino		
Origen	Distrito Federal (%)	Estado de México (%)	Total (%)
Distrito Federal	71.2	14.3	85.5
Estado de México	14.5	n/a	14.5
Total	85.7	14.3	100.0

[a]Total de viajes: 12 117 162.

Fuente: cálculos con base en la EOD07.

Cuadro 4. Propósitos de viaje.

Modos	Número de viajes	%
Trabajo	3 286 726	27.1
Estudiar	948 993	7.8
Compras	499 909	4.1
Llevar o recoger a alguien	671 130	5.5
Social / Diversión	313 689	2.6
Relacionado con el trabajo	161 465	1.3
Ir a comer	76 712	0.6
Trámites	199 776	1.6
Otro	509 368	4.2
Regresar a casa	5 449 394	45
Total	12 117 162	100

Fuente: cálculos con base en la EOD07.

Cuadro 5. Propósitos de viaje (sin incluir el regreso a casa).

Modos	Número de viajes	%
Trabajo	3 286 726	49.3
Estudiar	948 993	14.2
Compras	499 909	7.5
Llevar o recoger a alguien	671 130	10.1
Social / Diversión	313 689	4.7
Relacionado con el trabajo	161 465	2.4
Ir a comer	76 712	1.2
Trámites	199 776	3.0
Otro	509 368	7.6
Total	6 667 768	100.0

Fuente: cálculos con base en la EOD07.

Para el caso de los viajes en bicicleta (Cuadro 6) se observan porcentajes similares al del resto de los modos, con la excepción de que: *a)* los viajes al trabajo y relacionados con el trabajo representan un porcentaje significativamente mayor que el del resto de los modos, y *b)* los viajes para estudiar representan un porcentaje significativamente menor. Sin embargo, sigue siendo válida la observación de que los viajes relacionados con la producción y formación son los más importantes, aun en el caso de los que se realizan en bicicleta.

Distribución de viajes

Dentro del D. F., ya sea por su origen y/o destino, ocurren 12.1 millones de viajes diariamente. Cada persona realiza, en promedio, 2.3 viajes diarios. El Mapa 2.1 muestra el volumen de viajes generados (independientemente del lugar de destino) mientras que el Mapa 2.2 muestra el volumen de viajes atraídos (independientemente del lugar de origen) a nivel de distrito de tránsito. Por su parte, los Cuadros 7 y 8 muestran los principales orígenes y destinos a nivel delegacional para todos los propósitos (excepto el regreso a casa) y de viajes al trabajo, respectivamente.

Adicionalmente, los Cuadros 7 y 8 y la Figura 20, muestran el factor de atracción de viajes por delegación. Es decir, la razón entre el número de viajes

Cuadro 6. Distribución de propósitos de viaje por modo de transporte.

Propósito	% Viajes en bicicleta	% Viajes en cualquier modo
Trabajo	28.8	27.1
Estudiar	5.1	7.8
Compras	4.7	4.1
Llevar o recoger a alguien	5.5	5.5
Social/Diversión	2.2	2.6
Relacionado con el trabajo	2.8	1.3
Ir a comer	1.0	0.6
Trámites	0.8	1.6
Otro	3.8	4.2
Regresar a casa	45.4	45.0
Total	100.0	100.0

Fuente: cálculos con base en la EOD07.

atraídos y el número de viajes generados. Un factor mayor a uno significa que la delegación atrae más viajes de los que genera. Por ejemplo, el factor de atracción de Azcapotzalco es de 1.38. Esta cifra significa que por cada viaje generado, en la delegación se atraen 1.38 viajes. En otras palabras, los viajes atraídos son 38%

Cuadro 7. Distrito Federal: número de viajes por delegación de origen y destino.

Delegación	Destino[a]	% Destino	Origen[b]	% Origen	Factor de atracción	Jerarquización por factor de atracción
Azcapotzalco	372 103	5.9	268 743	5.2	1.38	4
Coyoacán	451 162	7.1	405 675	7.9	1.11	8
Cuajimalpa de Morelos	144 049	2.3	108 544	2.1	1.33	5
Gustavo A. Madero	653 662	10.3	634 358	12.3	1.03	9
Iztacalco	237 512	3.7	213 253	4.1	1.11	7
Iztapalapa	667 143	10.5	888 242	17.3	0.75	14
Magdalena Contreras	98 553	1.6	131 212	2.5	0.75	13
Milpa Alta	31 226	0.5	40 711	0.8	0.77	12
Álvaro Obregón	464 115	7.3	457 291	8.9	1.01	10
Tláhuac	92 366	1.5	150 800	2.9	0.61	16
Tlalpan	345 108	5.4	342 242	6.6	1.01	11
Xochimilco	143 818	2.3	192 028	3.7	0.75	15
Benito Juárez	682 052	10.7	371 770	7.2	1.83	3
Cuauhtémoc	1 194 552	18.8	456 576	8.9	2.62	1
Miguel Hidalgo	507 314	8.0	265 564	5.2	1.91	2
Venustiano Carranza	260 707	4.1	222 116	4.3	1.17	6
Total	6 345 442	100	5 149 125	100	1.23	n/a

[a] Contempla todos los viajes generados en la ZMCM por cualquier propósito excepto regresar a casa cuyo destino es el D. F.

[b] Contempla todos los viajes generados en el D. F. por cualquier propósito, excepto regresar a casa cuyo destino es la ZMCM.

Fuente: cálculos realizados con base en la EOD07.

Cuadro 8. Distrito Federal: número de viajes cuyo propósito es ir a trabajar por delegación de origen y destino.

Delegación	Destino[a]	% Destino	Origen[b]	%Origen	Factor de atracción	Jerarquización por factor de atracción
Azcapotzalco	179 012	5.4	115 990	3.5	1.54	5
Coyoacán	189 736	5.8	181 705	5.5	1.04	9
Cuajimalpa de Morelos	70 629	2.1	44 486	1.4	1.59	4
Gustavo A. Madero	260 552	7.9	299 440	9.1	0.87	11
Iztacalco	118 844	3.6	104 183	3.2	1.14	8
Iztapalapa	304 151	9.3	430 613	13.1	0.71	12
Magdalena Contreras	43 266	1.3	61 377	1.9	0.70	13
Milpa Alta	13 517	0.4	21 437	0.7	0.63	15
Álvaro Obregón	229 836	7	200 815	6.1	1.14	7
Tláhuac	41 370	1.3	73 483	2.2	0.56	16
Tlalpan	143 616	4.4	150 877	4.6	0.95	10
Xochimilco	58 027	1.8	88 271	2.7	0.66	14
Benito Juárez	357 695	10.9	146 918	4.5	2.43	3
Cuauhtémoc	665 110	20.2	185 787	5.7	3.58	1
Miguel Hidalgo	310 805	9.5	111 545	3.4	2.79	2
Venustiano Carranza	135 959	4.1	107 727	3.3	1.26	6
Total	3 122 125	100	2 324 654	100	1.34	n/a

[a] Contempla todos los viajes generados en la ZMCM por propósito de ir al trabajo cuyo destino es el D. F.

[b] Contempla todos los viajes generados en el D. F. por propósito de ir al trabajo cuyo destino es la ZMCM.

Fuente: cálculos realizados con base en la EOD07.

más altos que los generados. En el caso de las cifras menores a uno, el factor se interpreta análogamente. Para Iztapalapa, por ejemplo, los viajes atraídos representan el 75% de los generados.

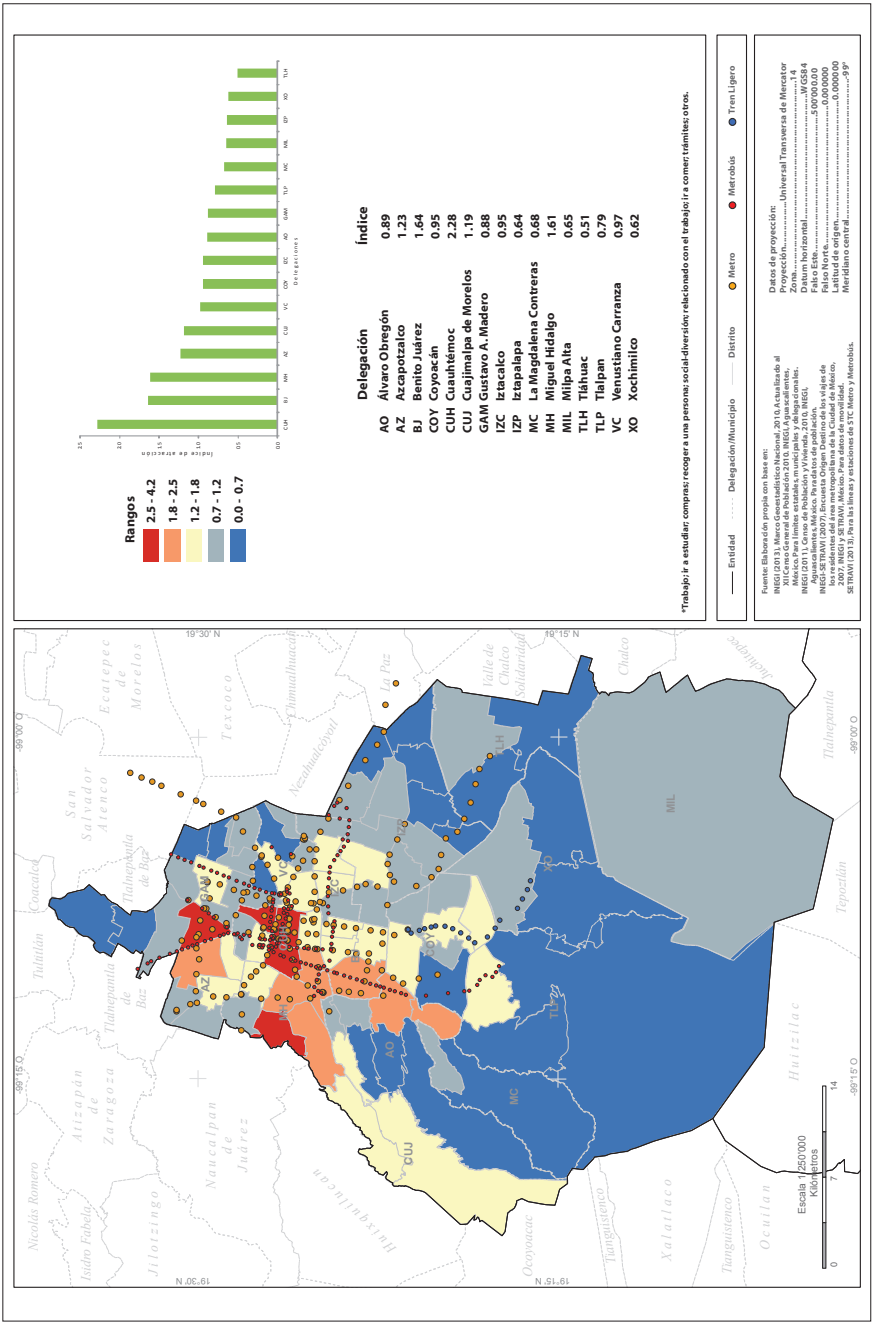


Figura 20. Distrito Federal: índice de atracción de viajes, 2007*.

La observación de estos cuadros permite apreciar que las delegaciones con mayor población son aquellas que generan un mayor número de viajes. Las delegaciones de la ciudad interior (Cuauhtémoc, Benito Juárez, Miguel Hidalgo y Venustiano Carranza) atraen 41.6% de los viajes en el D. F., pero generan solo el 25.6%, por lo que registran los mayores niveles de atracción. En cambio, Tláhuac, Magdalena Contreras, Milpa Alta y Xochimilco, tienen los mayores niveles de expulsión. Por su parte, Iztapalapa destaca del resto de las delegaciones por tener un muy alto volumen de viajes tanto de origen como de destino, debido a su número de habitantes; sin embargo, su factor de atracción se encuentra en el treceavo lugar del D. F.

El Cuadro 8 muestra estadísticas similares a las del cuadro previo, pero toma en cuenta solo los viajes por motivo de trabajo. Destaca el hecho de que, salvo alteraciones en el orden de jerarquización del factor de expulsión, los porcentajes de generación y atracción de este tipo de viajes no dista mucho de los porcentajes para los viajes totales (Mapas 2.4, 2.5, 2.6 y 2.7). Esto sugiere que diversas actividades que realiza la gente están: *a)* aglomeradas de manera similar a las actividades económicas, y *b)* que, posiblemente, la gente (que realiza viajes al trabajo y a la escuela) encadene el resto de sus viajes de acuerdo con las características de localización de su actividad principal.

Por su parte, el Mapa 2.3 muestra la diferencia absoluta entre los viajes generados y atraídos a nivel de distrito, tanto para los viajes por cualquier propósito como los viajes relacionados con el trabajo. Aquí se refleja la importancia de la ciudad interior y del primer contorno en cuanto a atracción de viajes y la de la periferia en cuanto a generación de viajes.

Es notorio, además, que existe un corredor importante de atracción de empleos que atraviesa la ciudad a lo largo de la Av. Insurgentes con nodos de empleo al sur, en el área del cruce entre Insurgentes y Periférico, en San Ángel, Viaducto, Reforma y Vallejo. Este patrón está comprobado por el estudio de Suárez y Delgado (2009), en el que se encontraron centros de atracción de viajes de la ZMCM a nivel de Área Geoestadística Básica (AGEB) urbana.

Modo de transporte

El Cuadro 9 muestra un comparativo de la distribución de viajes por modo de transporte entre todos los viajes que se llevan a cabo en la ZMCM con; *i*) aquellos que tienen su origen en el D. F. *ii*) aquéllos que tienen su origen en el Estado de México pero que terminan en el D. F. y *iii*) los viajes que se llevan a cabo por los residentes del D. F. sin importar su origen o destino. El cuadro muestra también que los principales medios de transporte unimodal son el colectivo y el

Cuadro 9. ZMCM: distribución porcentual de viajes por modo de transporte y entidad de origen y destino.

Modo	El origen es el Distrito Federal	El origen es el Estado de México y el destino el Distrito Federal	Residentes del Distrito Federal, sin importar el origen o destino	Todos los viajes[a]
Metro	4.6	2.1	4.7	3
Otro transporte público (GDF)	2.5	0.4	2.8	1.5
Colectivo	29.4	18.2	31.8	33.3
Automóvil	29.2	24.4	30.6	28.3
Otros	8.9	6.0	9.5	10.7
Bicicleta	0.9	0.3	1	2
Mixto	24.5	48.6	19.7	21.3
Total	100	100.0	100	100

[a] Incluye los viajes cuyo origen y destino es el Estado de México, además de los viajes dentro del universo de estudio, con fines de comparación estadística.

Fuente: cálculos realizados con base en la EOD07.

automóvil. Los viajes que utilizan más de un modo de transporte representan el 21% de los viajes de toda la ZMCM. Esta cifra es similar para los residentes del D. F. (12.7%), pero ligeramente más elevada para los viajes que se originan en el D. F. (24.5%). El Metro no figura como un medio importante de transporte unimodal. Por su parte, los viajes en bicicleta, que representan el 2% de los viajes totales de la ZMCM, en el D. F. representan apenas 1%.

La distribución geográfica de los modos de transporte por distrito de origen de los viajes es variada. Los viajes que se realizan solamente en Metro (Mapa 2.8) se originan en el centro de la ciudad, donde hay una alta accesibilidad a este medio de transporte. Por su parte, los viajes en transporte público colectivo (Mapas 2.9 y 2.10) se originan en áreas de poca accesibilidad al Metro, en el oriente, sur y poniente de la ciudad, así como en la zona norte. En cambio, la mayor parte de los viajes en automóvil (Mapa 2.11) se originan hacia el centro y el sur-poniente del D. F., en las áreas de más alto ingreso, mientras que los viajes en bicicleta

(Mapa 2.12) se realizan principalmente en la zona oriente y sur-oriente del D. F., seguidas de ciertas áreas al norte de la ciudad. Estas zonas se caracterizan por tener una baja accesibilidad al Metro y por ser áreas de bajos ingresos. Finalmente, los viajes en modos mixtos se concentran hacia la periferia del D. F. y se describen a continuación.

Viajes en modos mixtos

En el Cuadro 9 se mostró que una importante proporción de los viajes se realizan mediante la combinación de modos de transporte: en promedio, la población bajo estudio utiliza 1.5 modos de transporte por viaje. En el Cuadro 10 se muestra el número y porcentaje de tramos por modo de transporte hasta por cuatro tramos. Uno de los datos más sobresalientes es que menos del 1% de los viajes se realizan en más de cuatro tramos. Asimismo se observa la importancia de los colectivos y del Metro, como formas de transporte multimodal. Los colectivos representan 44.5% de los tramos totales de viaje, el Metro cerca del 18% y el automóvil 19.5%.

Por otra parte, mientras que la importancia del automóvil se reduce cuando se compara con el número total de tramos de viaje, la del Metro aumenta más de cinco veces en relación con el cuadro anterior. Poco más del 12% de los viajes inicia en el Metro y 13% de los viajes utilizan a este como segundo modo de transporte. En el caso de los colectivos, 41% de los viajes inician en este modo y 18% de los segundos tramos lo utilizan. La bicicleta no figura como un segundo o tercer modo de transporte.

El Cuadro 11 muestra los cambios entre modos de transporte para los primeros dos tramos de viaje. 62% de los viajes son unimodales, principalmente los que se realizan en automóvil y bicicleta. En cambio, solo 34% de los viajes en Metro y alrededor del 45% de los viajes en colectivo y en transporte público del GDF se realizan en un solo tramo.

Cerca de la mitad de los viajes que inician en Metro utilizan colectivo como segundo modo y entre 18 y 25% de los viajes que inician en las categorías de colectivo, otros transportes públicos del GDF y otros (que principalmente aglomera a autobuses suburbanos y taxis) utilizan al Metro como segundo modo de transporte. En total, 13% de los viajes utilizan el Metro como segundo modo, mientras que 18% utilizan al colectivo como segundo modo.

Si se realiza este análisis excluyendo los viajes de regreso a casa (Cuadro 12) la importancia del Metro, como segundo modo, aumenta a 17% de los viajes, mientras que la importancia del colectivo como segundo modo disminuye ligeramente. Tanto automóviles como bicicletas, muestran un carácter unimodal.

Cuadro 10. Tramos totales[a] de viaje por modo de transporte.

Modo	Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3		Tramo 4		Tramos totales	
	Viajes	%	Viajes	%	Viajes	%	Viajes	%	Viajes	%
Metro	1 502, 088	12.4	1 587 948	13.1	113 502	0.9	5 184	0	3 208 722	17.9
Tren ligero	25 669	0.2	51 735	0.4	11 784	0.1	1 322	0	90 510	0.5
Trolebús	105 063	0.9	65 392	0.5	25 145	0.2	1 878	0	197 478	1.1
Metrobús	110 270	0.9	44 418	0.4	14 687	0.1	809	0	170 184	1.0
RTP	291 115	2.4	133 598	1.1	37 924	0.3	2 319	0	464 956	2.6
Autobús suburbano	563 244	4.6	351 968	2.9	139 663	1.2	10 246	0.1	1 065 121	5.9
Colectivo	4 979 112	41.1	2 176 728	18	748 515	6.2	64 285	0.5	7 968 640	44.5
Taxi	813 144	6.7	84 692	0.7	70 039	0.6	18 053	0.2	985 928	5.5
Automóvil	3 484 500	28.8	8 079	0.1	4 269	0	0	0	3 496 848	19.5
Moto	39 685	0.3	280	0	0	0	0	0	39 965	0.2
Bicicleta	100 450	0.8	516	0	120	0	1 182	0	102 268	0.6
Otro	102 822	0.8	8 400	0.1	4 596		815		116 633	0.7
Total	12 117 162	100	4 513 754	37.3	1 170 244	10	106 093	0.8	17 907 253	100

[a] El número máximo de tramos registrados en la *Encuesta Origen-Destino 2007* asciende a siete; sin embargo, el 99.1% de los viajes suceden en cuatro o menos tramos de viaje.

Fuente: cálculos realizados con base en la EOD07.

Cuadro 11. Cambios de modo de transporte entre el primer y segundo modo, como porcentaje del modo utilizado en el tramo inicial del viaje.[a]

		Segundo modo (%)							
		Ninguno	Metro	Otro transporte público (GDF)	Colectivo	Automóvil	Otros	Bicicleta	Total
Primer modo (%)	Metro	34.5	0	3.7	49.8	0.3	11.7	0	100
	Otro transporte público (GDF)	45.8	18.2	4.5	27.2	0.1	4.2	0	100
	Colectivo	45.2	24.1	3.7	22.7	0.1	4.2	0	100
	Automóvil	99.2	0.4	0.1	0.2	0	0.1	0	100
	Otros	64.4	19.2	1.7	11.3	0.1	3.2	0	100
	Bicicleta	99.3	0.3	0.1	0.3	0	0.1	0	100
	Total	62.4	13.1	2.4	18.2	0.1	3.8	0	100

[a] Incluye todos los viajes, por todos los propósitos en el universo de estudio.

Fuente: cálculos con base en la EOD07.

La distribución geográfica de los viajes en modos mixtos se muestra en el Mapa 2.13 y se compara su comportamiento con el transporte unimodal (Mapa 2.14).

Comparación de la distribución geográfica de viajes por propósito y modo: principales orígenes y destinos

Además de conocer cómo se generan y cómo es la atracción de viajes, los modos y propósitos de traslado, es indispensable conocer qué pares de orígenes y destinos comparten altos flujos de viajes y para qué propósitos, de manera que sea posible estimar no solo la demanda de viajes sino también la procedencia de estos. Así, combinando las características de los viajes y de las personas, se puede priorizar la planeación de infraestructura de transporte, en este caso, infraestructura para bicicletas, mediante la jerarquización de la importancia de conexión de determinados nodos (de generación y atracción de viajes).

La Figura 21 muestra los principales pares distritales en cuanto a número absoluto de viajes (excluyendo los de regreso a casa), así como la importancia de flujos intra-distritales, es decir, los que tienen origen y destino dentro del mismo

Cuadro 12. Cambios de modo de transporte entre el primer y segundo modo, como porcentaje del modo utilizado en el tramo inicial de viaje que no tienen como propósito regresar a casa.[a]

		Segundo modo (%)							
		Ninguno	Metro	Otro transporte público (GDF)	Colectivo	Automóvil	Otros	Bicicleta	Total
Primer modo (%)	Metro	58	0	4.5	30.8	0.2	6.5	0	100
	Otro transporte público (GDF)	53.3	18.2	5.3	20.7	0.1	2.4	0	100
	Colectivo	42	29.4	4.5	19.9	0.1	4.1	0	100
	Automóvil	99.1	0.4	0.1	0.2	0	0.2	0	100
	Otros	62	23.7	1.9	9.5	0.1	2.9	0	100
	Bicicleta	99.4	0.4	0.2	0.1	0	0	0	100
	Total	64.1	17	2.8	13.2	0.1	2.8	0	100

[a] Excluye todos los viajes cuyo propósito es regresar a casa.

Fuente: cálculos con base en la EOD07

distrito de tránsito. En primer lugar habrá que notar que existen pocas líneas de deseo[6] bidireccionales. En cambio, la mayoría de los flujos inter-distritales son de afuera hacia adentro. Por su parte, los distritos con altos volúmenes de viajes intra-distritales se encuentran en las orillas de la ciudad, a excepción de los distritos en la zona norte de Tlalpan y la norte de Coyoacán.

También es importante mencionar que la mayoría de estas líneas de deseo se hallan entre distritos relativamente contiguos. Es decir, que los pares distritales con mayor fuerza de gravedad son aquellos que se encuentran en distancias cercanas. Aunque anteriormente se mencionó que las delegaciones centrales tenían la mayor atracción de viajes y, aunque es cierto que atraen viajes de todos los distritos, e incluso de toda la ZMCM, los volúmenes de viajes de zonas distantes de

[6] Número de viajes entre un origen y un destino en relación a todos los origenes y destinos en el área en estudio.

la ciudad son individualmente menores. Es, sin embargo, la suma de todos estos viajes lo que las hace tan importantes atractoras de traslados.

Habrá que anotar también que en la Figura 21 comienzan a delinearse ciertas rutas importantes de viajes. Es decir, distritos que están ligados a través de los flujos entre otros distritos (flujos A-B-C). Dos de sur-oriente a centro (Xochimilco-Benito Juárez y Tláhuac-Benito Juárez), dos de oriente a centro-poniente (Iztapalapa-Álvaro Obregón e Iztapalapa-Miguel Hidalgo), y un corredor central (Gustavo A. Madero-Álvaro Obregón). Aunque el análisis final de estos flujos se realiza con estrictos criterios cuantitativos, el análisis espacial (Figura 21) permite intuir que la infraestructura que se planee entre distintos orígenes y destinos y uniendo nodos específicos, impactará y beneficiará diferencialmente a la población.

La Figura 22 muestra la demanda actual de viajes por todos los propósitos en bicicleta. Desde esta perspectiva, las rutas que se trazaron visualmente con base en la figura anterior cambian si se toma como criterio de selección la satisfacción de la demanda actual. Incluyendo este criterio, solo algunos tramos de las rutas trazadas anteriormente podrían tener un alto impacto. Específicamente, la figura muestra que la mayor demanda de viajes de la ciudad está en el oriente y sur-oriente, donde además existe el más alto volumen de viajes intra-distritales de ciclistas. En Iztapalapa se detectan dos ejes de líneas de deseo, uno de norte a sur y otro de oriente a poniente. Este último coincide con la ruta Iztapalapa-Álvaro Obregón propuesta anteriormente, pero se extiende hasta el extremo oriente de la delegación Iztapalapa. Al sur-oriente, la ruta Xochimilco-Benito Juárez se extendería hasta el sur de Tláhuac, aunque el tramo entre Coyoacán y Benito Juárez no se presenta como un tramo con una demanda actual de viajes en bicicleta.

Al interior de Cuauhtémoc, la delegación con mayor actividad, se observa un alto número de líneas de deseo en ambas figuras. Sin embargo, tomando en cuenta la demanda actual de viajes en bicicleta, la conexión entre Cuauhtémoc y Gustavo A. Madero tendría que ser hacia la parte sur y oriente de esta delegación y no hacia el norte. También es posible que entre Azcapotzalco y Cuauhtémoc (cruzando por Miguel Hidalgo) exista una ruta viable, ya que en ambos mapas aparecen conexiones entre estas tres delegaciones, aunque no tengan los volúmenes de flujo más altos.

Si se incluyen solo los viajes cuyo propósito es ir a trabajar, la importancia de algunas rutas A-B-C cambia, pero se observa que la mayoría de las rutas se mantienen (Mapas 2.15). En el caso del corredor central, éste se ve extendido hacia el sur (hacia San Ángel). También resalta la importancia de las líneas de deseo que van del sur de la delegación Gustavo A. Madero hacia Cuauhtémoc. Asimismo,

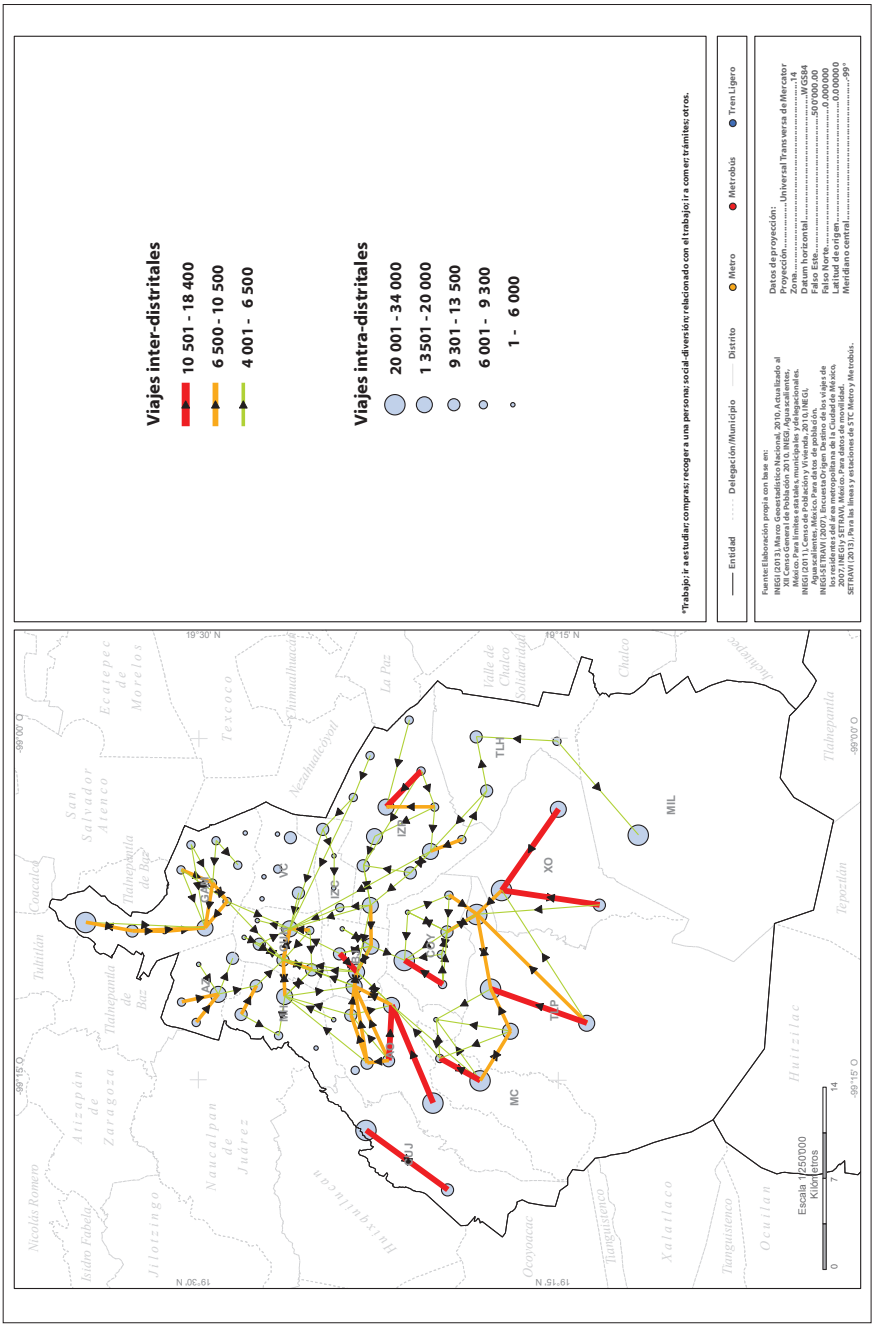


Figura 21. Distrito Federal: orígenes y destinos para viajes de todos los propósitos, 2007*.

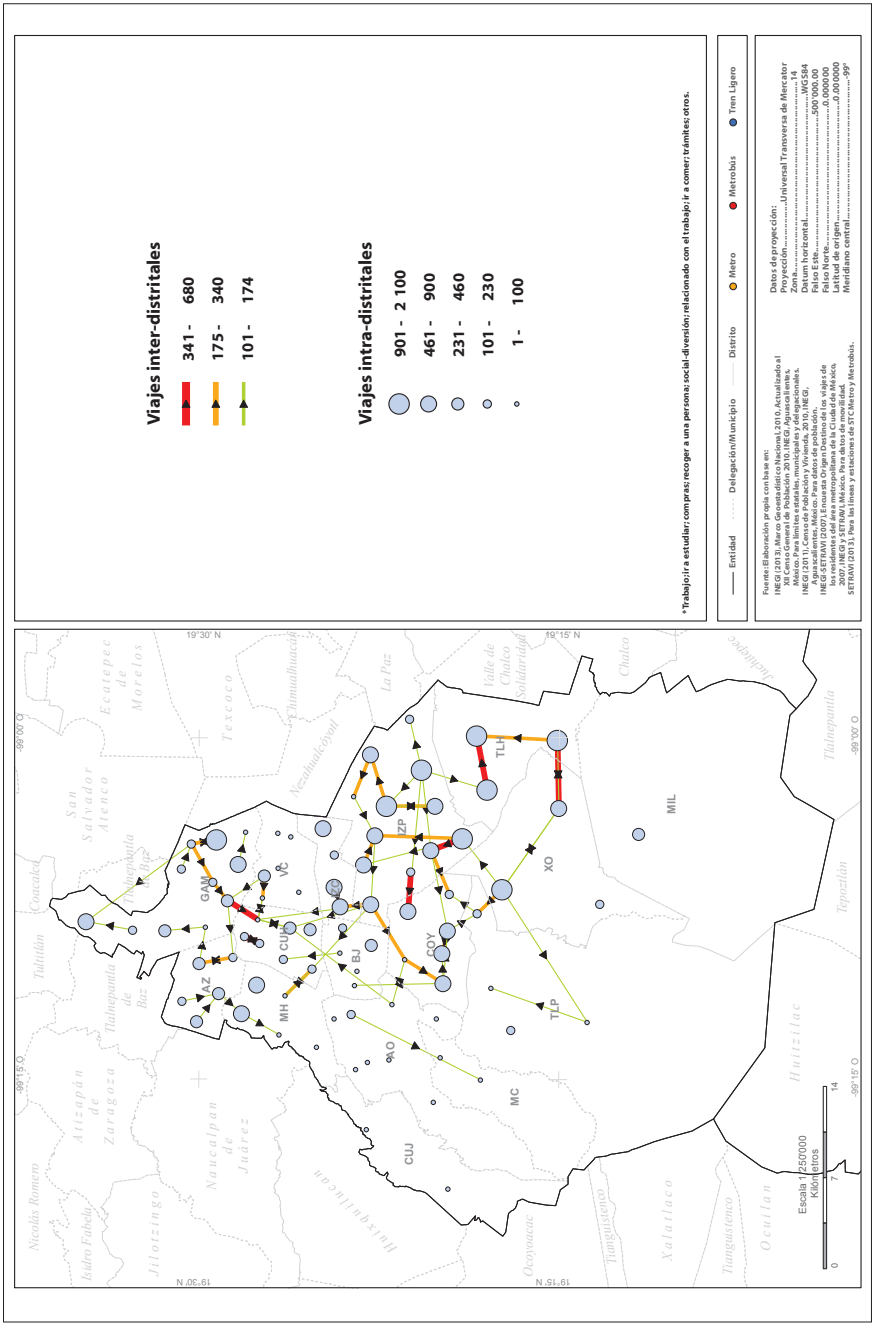


Figura 22. Distrito Federal: principales orígenes y destinos para viajes en bicicleta, 2007*.

el eje norte-sur que cruza Iztapalapa, apreciable en la Figura 22 que contempla viajes en bicicleta, aparece como un eje importante en los viajes al trabajo independientemente del modo de transporte. También es notoria la formación de una ruta que conecta Iztapalapa con Coyoacán. Utilizando el mismo criterio de viajes al trabajo, pero incluyendo solo aquellos que se realizan en bicicleta (Mapa 2.16) el corredor central desaparece y, en cambio, resalta la importancia de los flujos en el oriente de la ciudad, de oriente a centro y de norte a centro.

En cuanto a los viajes cuyo propósito es ir a la escuela, la importancia de los viajes intra-distritales aumenta (Mapa 2.17). Esto se debe a que espacialmente, la oferta educativa es mucho más homogénea que la de trabajo. Así, las líneas de deseo representan trayectos cortos que conectan a distritos contiguos. De igual forma, las líneas de deseo de viajes a la escuela que se realizan en bicicleta son pocas (Mapa 2.18), pero resaltan los flujos intra-distritales para este tipo de viajes, sobre todo en el oriente de la ciudad. De forma similar, los viajes por otros propósitos son también relativamente cortos entre distritos contiguos (Mapa 2.19). Para este tipo de viajes se reconoce un nuevo corredor central, unos cuantos kilómetros al este del mencionado anteriormente.

El Mapa 2.20 muestra un resumen de las rutas A>B>C que aparecen en la mayoría de los mapas descritos y se distingue entre aquéllas que se repiten con mayor frecuencia. Esta red está compuesta por un corredor central primario desde Gustavo A. Madero hasta San Ángel, y uno secundario de Coyoacán al sur de Gustavo A. Madero. Asimismo, hay un segundo eje este-oeste que une Iztapalapa con Álvaro Obregón. El resto de las rutas parten desde distintas zonas de la ciudad hacia el centro. Las rutas secundarias unen nodos hacia el oriente del D. F. y unen el norte con el sur-oriente mediante un arco que cruza las delegaciones Venustiano Carranza, Iztacalco, Iztapalapa y Xochimilco.

Vale la pena comparar los mapas de líneas de deseo con los mapas de densidad de empleos y población y con los mapas de características socioeconómicas citados en el capítulo inicial de esta sección. Mediante este examen visual se aprecia que muchas de las rutas planteadas en el Mapa 2.20 coinciden con corredores de alta densidad de empleos y población. Esto se debe a que, independientemente de los propósitos de viaje, las áreas con altas densidades de empleo son zonas en donde se suelen realizar actividades de todo tipo, pues contienen áreas de servicios y comercio, es decir, son los destinos más importantes. De igual forma, las áreas con altas densidades de población generan los inicios de las rutas, es decir, los lugares de origen.

La delineación visual de esta red permite que en un análisis posterior puedan compararse resultados, de manera que los que en esta sección se presentan

pueden ser interpretados como resultados previos o resultados esperados. El análisis final para la selección y jerarquización de rutas entre orígenes y destinos se plantea mediante el uso de análisis estadísticos aplicados mediante sistemas de información geográfica (SIG) y a través del uso de información de población y empleos censados, así como usos de suelo.

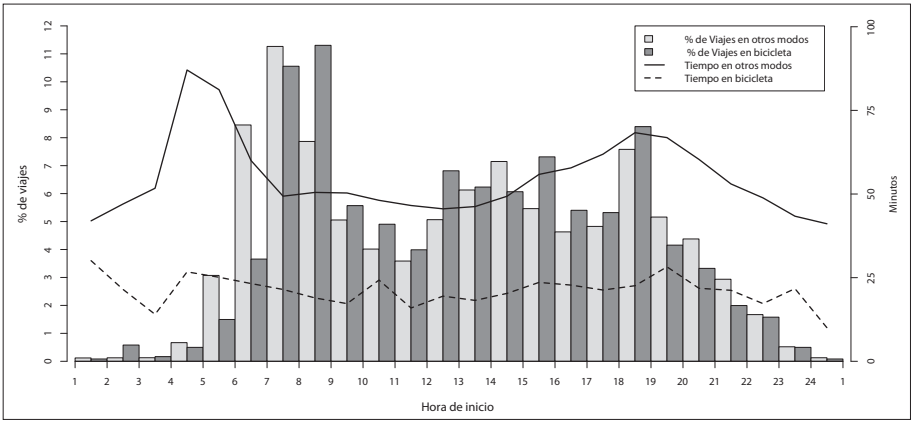
Duración de traslado

De acuerdo con cálculos realizados con la base de datos de la EOD07, una persona invierte poco más de dos horas al día en traslados, tomando en cuenta todos los viajes que se realizan en un día para todos los propósitos. Esta cifra representa 8% de la duración de un día entero, 12.5% de las horas que en promedio una persona dedica a sus actividades y 25% de la duración de una jornada laboral. Para el universo de estudio que este análisis contempla esto significa que, de manera agregada, se invierten 11.5 millones de horas diarias en traslados. Si se excluyen los traslados en automóvil, la cifra es de 8.9 millones de horas. Para los residentes de la Ciudad de México el tiempo diario invertido en transporte es menor que para toda la ZMCM en su conjunto y asciende a 1.8 horas.

Las horas de mayor demanda de viajes (horas pico) en la ZMCM suceden entre las 7:00 y las 10:00 hrs. Les siguen los periodos entre las 14:00 y las 16:00 hrs y entre las 19:00 y las 21:00 hrs (Figura 23). Las horas pico para bicicletas, por lo general, siguen el mismo patrón horario que el del resto de los viajes, con excepción de que los viajes matutinos en bicicleta comienzan ligeramente después que el resto, posiblemente, por ser viajes más cortos. En efecto, mientras que la duración de los viajes en modos distintos a la bicicleta varía de acuerdo con la hora del día, los viajes que se realizan en bicicletas muestran un comportamiento de duración estable e independientemente de la hora a la que se realizan.[7]

La duración de los viajes por modo de transporte se presenta en el Cuadro 13. En promedio, los viajes en el universo de estudio son de una hora, siendo los más largos los que ocurren en modos mixtos y que por lo tanto suponen transbordos. Los viajes unimodales en transporte público así como en automóvil tienen una duración promedio de poco más de 45 minutos.

[7] Aunque el promedio de duración de los viajes en bicicleta que se realizan cerca de la 01:00 hrs muestran un alto tiempo de traslado, el número de viajes en la muestra de la EOD07 para este horario es tan pequeño que no da como resultado una diferencia estadística significativa.



Fuente: cálculos con base en la EOD07.

[a] Incluye todos los viajes, por todos los propósitos que inician en bicicleta.

[b] Incluye todos los viajes, por todos los propósitos que inician en cualquier modo que no sea bicicleta.

Figura 23. Distribución horaria de inicio de viajes y tiempo total de traslado en bicicleta[a] y otros modos[b].

Resalta el hecho de que los viajes en bicicleta son los de menor duración. El recorrido promedio en bicicleta es de 21 minutos, pero su mediana es de 15 minutos. Esto significa que la mitad de los recorridos en bicicleta son de 15 minutos o menos. El cálculo de las distancias entre orígenes y destinos mediante la red vial, muestra que la distancia promedio de recorrido, para todos los modos, es de 14.1 km, siendo las más largas las que corresponden a modos mixtos (20 km), y en segundo lugar las del automóvil (13 km).

La velocidad promedio de traslado, estimada, es de 14.6 km/hr para todos los modos sin importar la hora del día, aunque es evidente que, en horas pico y dado el congestionamiento vehicular, esta velocidad disminuye en los modos motorizados que utilizan la red vial. Debe contemplarse que ésta incluye los tramos de viaje caminados (Cuadro 14), razón por la cual, la velocidad en Metro aparece como la menor entre el resto de los modos. Es necesario notar que los viajes en bicicleta alcanzan la mayor velocidad promedio entre todos los modos, y que por lo tanto, en distancias cortas representan el medio más eficiente de traslado.

Si se observan los tiempos de recorrido por propósito de viaje (Cuadro 15), se encuentra que para todos los modos, el recorrido más largo es el del viaje

Cuadro 13. Características de recorridos por modo, 2007.

Modos	Número de viajes	Tiempo de traslado (min.)		Distancia promedio de traslado (km)[a]	Velocidad promedio de traslado (km/h)[b]
		Promedio	Mediana		
Metro	507 395	47.8	45	10	11.9
Otro transporte público (GDF)	264 237	45.8	35	9.7	13.3
Colectivo	3 402 334	48.1	40	10.8	14.5
Automóvil	3 457 019	45.2	30	13	15.0
Otros	1 041 873	38.4	30	10.5	14.9
Bicicleta	100 024	21.2	15	7.4	16.4
Mixto	3 344 280	89.0	90	20.9	14.7
Total	12 117 162	57.5	50	14.1	14.6

[a] Calculado mediante rutas más cortas entre centroides de distritos.

[b] Incluye tramos de viaje caminados, tiempos de transbordo y tiempos de cambio entre modos. No contempla las diferencias de velocidad de traslado de acuerdo con la hora de viaje.

al trabajo (64 min.). Esto también es cierto para quienes realizan dicho viaje en bicicleta, aunque en promedio, este viaje sea solo de 23 minutos (mediana de 16 min.). El resto de los viajes, a excepción del de regresar a casa (62 min.) son significativamente más cortos. Los viajes en bicicleta, aunque por lo general sean de una tercera parte de la duración de los que ocurren en el resto de los modos, siguen un patrón de duración similar por propósito (Figura 24).

Dentro del tiempo de traslado, debe ser considerada la accesibilidad al transporte desde el lugar en donde inicia el viaje y el lugar donde termina. La distancia entre el origen del viaje y el medio de transporte inicial, en conjunto con la distancia entre el destino del viaje y el medio de transporte final, determinan, junto con otros factores como el ingreso, la edad y la velocidad de traslado, el modo de transporte que será utilizado. De acuerdo con el Cuadro 14 se caminan, en promedio, poco más de cuatro minutos para acceder al primer medio de transporte, y se camina un tiempo similar desde el último medio de transporte, para un promedio de 8.5 minutos por viaje.

Cuadro 14. Tiempo de traslado promedio y caminado por medio de transporte.

Modos	Tiempo de traslado promedio (minutos)[a]	Minutos caminando al primer medio de transporte	Minutos caminando desde el último medio de transporte	Minutos caminados totales	Distancia caminada total (m)[b]	Tiempo de traslado efectivo
Metro	51.2	7.8	7.9	15.7	1 304.2[d]	33.6
Otro transporte público (GDF)	48.9	6.5	6.2	12.9	1 075.1	34.5
Colectivo	49.5	5.2	5.1	10.3	861.8	37.7
Automóvil	48.2	1.6	1.7	3.2	268.8	44.7
Otros	40.1	2.6	2.5	5.1	428.3	34.5
Bicicleta	22.8	0.9	0.9	1.9	156.8	20.4
Mixto	91.7	6.1	5.9	12.3	1 021.0	79.2
Total	59.5	4.3	4.2	8.5	709.9	50.1

[a] Considera los viajes de dos ciclos que inician y terminan en casa y que comparten orígenes, destinos y secuencias de modos recíprocas. Esto explica la variación en los tiempos de traslado respecto a cuadros anteriores.

[b] Supone una velocidad de 5 km/hr en los minutos caminados totales.

[c] Tiempo de traslado excluyendo los minutos caminados hacia el primer modo y desde el último modo.

[d] El cálculo realizado mediante SIG, arroja un promedio de 800 m de distancia caminada al metro (principal lugar de partida parta quienes utilizan el metro).

Fuente: cálculos con base en la EOD07.

Por su parte, para quienes utilizan el Metro como único modo de transporte, el número de minutos caminados asciende al doble del promedio, razón por la cual su velocidad promedio disminuye. Esta cifra, en conjunto con los porcentajes de tramos iniciales presentados anteriormente, indica que el Metro es el medio de transporte menos accesible, seguido del resto de los transportes no concesionados. En cambio, el colectivo es el medio de transporte público más accesible y, en gran medida, el conector entre los hogares y el Metro, cuya velocidad comercial (36 km/hr) es la más alta (STC, 2009).

Los medios privados de transporte (en este caso las bicicletas y los automóviles) presentan los menores tiempos de minutos caminados. Las bicicletas incluso

Cuadro 15. Tiempos de recorrido por propósito.

Propósito	Viajes en bicicleta	Viajes en cualquier modo
Trabajo	23.8	64.1
Estudiar	13.2	43.6
Compras	16.6	42.6
Llevar o recoger a alguien	12.5	32.0
Social/Diversión	18.9	52.0
Relacionado con el trabajo	19.2	53.7
Ir a comer	12.9	37.0
Trámites	15.3	55.3
Otro	22.2	54.9
Regresar a casa	22.7	62.1
Total	21.3	57.7

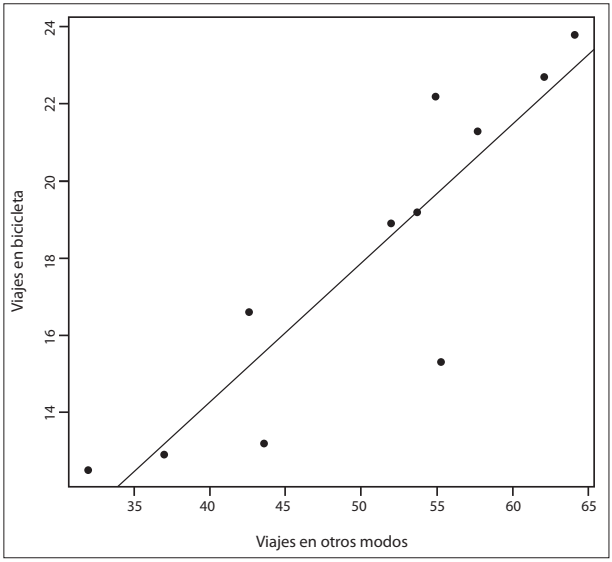


Figura 24. Correlación entre tiempos de recorrido.

presentan la menor cifra de todos los modos: menos de un minuto. Esto muestra nuevamente la efectividad de la bicicleta como modo de transporte. Por otra parte, la estimación del tiempo caminado total en la Ciudad de México asciende a 1.73 millones de horas en un día.

Costo de traslado

El costo del transporte determina, en combinación con su eficiencia y las características socioeconómicas de las personas, la elección de modo de transporte. De acuerdo con la *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares* 2006, en la ZMCM una familia invierte, de acuerdo con su nivel socioeconómico, entre 6 y 18% de su ingreso en transporte. El gasto total en transporte es menor para las familias de bajos ingresos, pero representa un porcentaje mayor del ingreso total (véase siguiente sección). El modo de transporte más caro es el automóvil particular, incluyendo o no la inversión inicial en el vehículo, y usualmente son las familias con alto ingreso las que tienen acceso a este medio de transporte.

El viaje promedio cuesta, a un usuario de transporte público cualquiera, $8.30 pesos (Cuadros 16 y 17). En promedio, una persona gasta $17.50 pesos en transporte público, tomando en cuenta todos los viajes que realiza. Ello implica un gasto agregado diario de 72.1 millones de pesos, sin incluir el gasto de automóviles particulares. Tomando en cuenta el tiempo de traslado total en trasporte público, el costo promedio por minuto de traslado asciende a cerca de ocho centavos de peso. Para los residentes del D. F., el costo diario del transporte público es ligeramente menor, y asciende a $15.3 pesos diarios.

En cuanto al costo por propósito de viaje, los traslados en otros modos tienen el costo más alto debido a que agrupan a los autobuses suburbanos. En segundo lugar están los viajes que se realizan en modos mixtos, ya que suponen el pago de dos o más modos de transporte. El costo promedio de un viaje en colectivo asciende a cinco pesos. Por supuesto, el viaje en bicicleta no tiene costo alguno, excepto por la inversión inicial en una bicicleta, su mantenimiento (cifra no significativa), además del consumo calórico del usuario al operarla. De acuerdo con Islas (2000) el consumo calórico por kilómetro recorrido en bicicleta es de 22 KCal, mientras que el de caminar es de 60 KCal. Por lo tanto, si se convirtiera este consumo calórico en pesos, resulta más rentable, en el mediano plazo, andar en bicicleta que incluso caminar.

Cuadro 16. Costo por modo de transporte.

Modos	Costo de viaje por modo de transporte
Metro	2.0
Otro transporte público (GDF)	3.9
Colectivo	5.1
Automóvil	n/a
Otros	19.5
Bicicleta	0.0
Mixto	9.7
Total	8.3

Fuente: Cálculos con base en la EOD07.

Cuadro 17. Costo por propósito de viaje en modos no particulares.*

Propósito	Costo promedio
Trabajo	8.7
Regresar a casa	8.4
Estudiar	7.1
Compras	6.1
Llevar o recoger a alguien	7.2
Social/Diversión	8.6
Relacionado con el trabajo	7.1
Ir a comer	10.7
Trámites	9.2
Otro	10.4
Total	8.3

*Excluye viajes en automóvil particular y motocicleta.

Fuente: cálculos con base en la EOD07.

Viajes y características socioeconómicas

Existen diferencias entre los tipos de viaje, la elección de modos, los costos y los tiempos de recorrido de acuerdo con las características socioeconómicas de las personas. La observación de estas características es indispensable para estimar la demanda de diferentes modos de transporte, en este caso, el uso de la bicicleta, pero también, para encaminar a la creación de políticas públicas que estimulen su uso.

El Cuadro 18 muestra las características de los residentes y sus modos usuales de transporte. En la ZMCM, la edad promedio del usuario de bicicletas es de 34 años, dos años menos que la edad promedio de las personas que realizan traslados en la ciudad. Aunque es intuitivo que una persona joven esté más dispuesta a realizar un viaje en bicicleta que el resto de la población, también es probable que esta relación entre la edad y el uso de la bicicleta se deba, en parte, a que el ingreso es menor en los jóvenes que en personas de edad media.

Por otra parte, 47% de los viajes son realizados por mujeres; sin embargo, realizan 52% de los viajes en transporte público y solo 41% de los viajes en automóvil. Nuevamente esta relación puede deberse a que el ingreso promedio de una mujer es menor al de un hombre. Es notorio, sin embargo, que solo 19% de los viajes totales en bicicleta los realizan mujeres. En cuanto a la ocupación de quienes viajan, destaca que 77.7% de quienes realizan sus traslados en bicicleta,

Cuadro 18. Características de residentes por modo de transporte.

	Modo			
	Transporte público /otros	Auto	Bicicleta	Total
Edad (años)	35	37	34	36
% Mujeres	51.9	40.9	19	47.1
Actividad (%)				
Trabaja	62.5	73.9	77.7	67.3
Estudia	19.4	11.9	11.1	16.3
Quehaceres del hogar	12.5	9.5	6.9	11.2
Otros	5.6	4.7	4.3	5.2

Fuente: cálculos con base en la EOD07.

trabajan. Esta cifra está casi diez puntos porcentuales arriba del porcentaje para el total de los viajes.

Si se observan las características de los residentes que reportan ingresos (Cuadro 19) y se comparan entre el modo usual de transporte, se detecta que quienes usan bicicleta tienen el menor ingreso promedio, mientras que los residentes que utilizan automóviles tienen el ingreso más alto. De los usuarios de bicicletas que reportan ingresos, solo 10% son mujeres, cifra muy por debajo del total de mujeres que reportaron ingresos en el universo de estudio (39.2%). Es notorio que los sectores de actividad en los que están sobre-representados los ciclistas son los de industria y comercio, sectores en los que el ingreso está por debajo del promedio de la ZMCM.

Además de las diferencias en la elección de modo entre hombres y mujeres, existen diferencias en el número de viajes que se realizan, los tiempos de traslado y los costos. Los Cuadros 20 y 21 muestran dichas características para todos los hombres y mujeres del universo de estudio y para aquellos que reportan ingreso,

Cuadro 19. Características de residentes que reportan ingresos por modo de transporte.

	Modo			
	Transporte público /otros	Auto	Bicicleta	Total
Ingreso mensual (pesos)	5 033	9 411	4 314	6 800
Edad (años)	40	41	38	40
% Mujeres	45.7	30.6	9.9	39.2
Sector de actividad (%)				
Agropecuario	0.5	0.7	1.7	0.6
Industria	10.6	10.4	20.6	10.6
Construcción	3.4	3	5.5	3.2
Comercio	18.3	19.4	23.8	18.8
Servicios	40.6	39.9	32.8	40.2
Comunicaciones y transportes	5.4	9.5	3.8	7.1
Administración pública	7.6	8.5	3.8	7.9
Otro / No especificado	13.7	8.6	7.8	11.7

Fuente: cálculos con base en la EOD07.

Cuadro 20. Comparativo de viajes entre hombres y mujeres.

	Hombres	Mujeres	Total
Número de viajes	2.35	2.42	2.39
Costo por viaje	17.17	18.01	17.58
Tiempo diario de traslado	135	122	129

Fuente: cálculos con base en la EOD07.

Cuadro 21. Comparativo de viajes entre hombres y mujeres que reportan ingresos

	Hombres	Mujeres	Total
Número de viajes	2.40	2.45	2.42
Costo por viaje	18.0	20.0	18.9
Tiempo diario de traslado	148	137	144
Ingreso mensual	5 194	4 435	4 871

Fuente: cálculos con base en la EOD07.

respectivamente. En ambos casos puede observarse que las mujeres realizan un número mayor de viajes, y que además su gasto es mayor. Sin embargo, sus tiempos de traslado diario son menores a los de los hombres, lo que significa que realizan viajes más cortos. Este patrón ha sido identificado en estudios en otros países (Hanson y Pratt, 1995; Madden, 1981).

Como se refirió previamente, existe una asociación entre la edad y las características de los viajes. El Cuadro 22 muestra que el número de viajes aumenta a medida que la edad se incrementa pero solo hasta el grupo de los 65 años, en donde disminuye nuevamente. Tanto el tiempo de traslado diario como el porcentaje de personas dentro del grupo que percibe ingresos siguen el patrón mencionado; sin embargo, el costo de los traslados diarios aumenta en todo momento con la edad.

El Cuadro 23 divide a la población que utiliza transporte público o bicicleta en cuatro grupos de ingreso y muestra un comparativo del gasto en transporte y el tiempo de traslado diario. El cuadro comprueba que a medida que el ingreso aumenta, el tiempo de traslado diario también se incrementa, excepto en el caso del grupo de ingreso alto que muestra un tiempo de traslado inferior, debido al uso intensivo del automóvil. En el caso del grupo de ingreso bajo, su menor tiempo

Cuadro 22. Características de viajes por grupos de edad.

Edades	Número de viajes	Costo por viaje	Tiempo diario de traslado (hrs)	% que percibe ingresos
6-13	2.12	14.2	2.0	19
14-17	2.23	13.4	2.9	56
18-22	2.36	16.4	3.6	81
23-30	2.41	18.6	3.8	85
31-65	2.47	18.6	3.8	85
65 y más	2.34	19.1	3.0	79
Total	2.39	17.6	3.5	69

Fuente: cálculos con base en la EOD07.

Cuadro 23. Características de viaje para personas[a] por grupo[b] de ingreso.

Grupo de Ingreso	Ingreso mensual	Tiempo de traslado diario	Gasto diario en transporte	Gasto mensual en transporte	% del ingreso usado en transporte
Bajo	1 460	129.8	15.8	412.1	35.2
Medio-Bajo	2 958	134.2	15.9	415.3	14.2
Medio-Alto	4 453	133.8	17.3	451.1	10.2
Alto	12 215	128.2	19.8	517.6	6.3
Total[c]	5 356	131.5	17.2	448.5	15.6

[a] Excluye a las personas que utilizan automóvil particular o motocicleta.

[b] Grupos de ingreso clasificados por cuartiles.

[c] La diferencia entre el ingreso promedio total que se muestra en este cuadro con el del Cuadro 22 se debe a la exclusión de personas que utilizan automóvil particular o motocicleta, por falta de datos en la EOD07 sobre los gastos de viajes en automóvil.

Fuente: cálculos con base en la EOD07.

de traslado puede estar relacionado con una mayor racionalización del tiempo y del gasto en transporte. También es posible, como muestra Suárez (2007), que haya un ahorro en el tiempo de traslado debido a la localización de actividades económicas informales en función de la ubicación de la vivienda.

Tal y como se propuso anteriormente, el gasto en transporte aumenta a medida que el ingreso es mayor, pero el porcentaje del gasto mensual en transporte es de más de una tercera parte del ingreso personal de las personas de más bajo ingreso, y solo del 6% en el caso de los residentes de más alto ingreso.

Implicaciones socioeconómicas del transporte en la Ciudad de México

En las secciones anteriores se mostraron los modos, costos, tiempos y distancias de traslado. Las cifras señalan que transportarse de un lugar a otro representa una de las actividades más importantes de una persona. No solo porque transportarse permite realizar diferentes actividades sino, además, porque los traslados ocupan una alta proporción del tiempo de las personas y de su ingreso. Pero, ¿qué implicaciones socioeconómicas tienen los altos tiempos de traslado? En este apartado se realizan dos análisis que monetarizan los tiempos de traslado de la gente, en un intento por dimensionar objetivamente lo que significa ocupar más de dos horas diarias para trasladarse en la ciudad. El objetivo es encontrar parámetros de costo-beneficio tanto a nivel personal de los residentes del D. F. como a nivel socioeconómico para la ZMCM.

En el apartado "Costo de traslado" se presentaron estadísticas que mostraban que el costo promedio de los viajes en el universo de estudio era de poco más de $18 pesos diarios por persona. Asimismo, se refirió que para los residentes del D. F. este costo era menor, y que ascendía a $15.3 pesos. En el apartado "Duración de traslado" se presentaron los tiempos de traslado promedio para la ZMCM y de igual forma se mencionó que para los residentes del D. F. este tiempo, también menor, era de 174 minutos diarios (2.5 horas).

Para conocer qué implicaciones de costo monetario tiene el tiempo de traslado existen diferentes enfoques. Una opción es dividir el salario de un día entre los minutos totales de trabajo sumados a los minutos totales de traslados (al trabajo), lo que daría una estimación del valor del tiempo. Sin embargo, no todos los viajes que se realizan tienen como propósito trabajar, y no todas las personas trabajan. Otro problema de ese enfoque es que, en términos éticos, significaría que el tiempo de unas personas (las de más altos ingresos) es más valioso que el de aquéllas de menor ingreso. Por lo tanto, en lugar de utilizar el salario, en este ejercicio se utiliza el Producto Interno Bruto (PIB) per cápita para el D. F. y se considera solo a los residentes de la misma entidad.

De acuerdo con el Banco de Información Económica del INEGI, el PIB per cápita en el D. F. ascendió a poco más de $71 mil pesos anuales en 2004. Si esta cifra se divide entre el número de minutos que tiene un año, tenemos que el costo de un minuto invertido en cualquier actividad es de 13 centavos de peso, traducido a términos de PIB per cápita. Dado que, en promedio, los residentes del D. F. invierten 129 minutos en traslados, este tiempo supondría una inversión adicional al costo diario de los viajes de $16.7 pesos. Si se considera que el costo tarifario promedio de los viajes de un día es de $15.3 pesos, tenemos que el costo real de los traslados diarios es mucho mayor a $15 pesos, y que en efecto, este costo sería de $32 pesos por persona (Cuadro 24).

Además del costo del tiempo para los residentes, los altos tiempos de traslado tienen un costo económico potencial sobre la ciudad. El Cuadro 25 monetariza los tiempos de traslado de la PEA de la ZMCM y los convierte en pesos de producción bruta por minuto. A partir de los Censos Económicos de 2004 (INEGI, 1994) se sabe que el valor agregado censal bruto en la ZMCM fue de $612 mil millones de pesos. El personal ocupado (censado) en este mismo periodo estaba compuesto por tres millones de personas. Esto significa que, en promedio, cada persona ocupada produjo cerca de 197 mil pesos en un año (valor agregado censal bruto). Suponiendo una semana laboral de 46 horas (calculada mediante la base de datos del censo de población de 2000) y 300 días laborables al año, se realizó una estimación del valor de la producción por minuto/hombre, cifra que alcanza los $1.4 pesos. En promedio, el tiempo sumado de viajes al trabajo y de regreso a casa para la población que percibe ingresos es de 139 minutos diarios.

Cuadro 24. Costo combinado del transporte por día para residentes del Distrito Federal.

PIB per cápita, (pesos) †	71 295
PIB per cápita / día (pesos) †, *	195.3
PIB per cápita / hora (pesos) †, *	8.1
PIB per cápita / min. (pesos) †, *	0.13
Tiempo de recorrido promedio diario (min.) ß	129
Costo del tiempo invertido en transporte/dia (pesos) †, ß, *	16.7
Costo diario de traslados (tarifa) (pesos) ß	15.3
Costo total de transporte (pesos) †, ß, *	32.07

* Cálculos con base en las fuentes citadas.

Fuentes: †INEGI, 1994, ß EOD07.

Cuadro 25. Costo económico potencial de los traslados al trabajo en la ZMCM.

Tiempo promedio de viajes al trabajo y regreso a casa (min)[a]	139
Valor agregado censal bruto anual (VACB) †	612 635 853 000
Personal ocupado total †	3 094 400
Valor agregado bruto año hombre †*	197 982
Promedio de horas de trabajo anuales †, ††, *, [b]	2 392
Promedio de horas de trabajo diarias [b]	7.97
Valor agregado bruto hora/ hombre †, ††, *, [b]	82.8
Valor agregado bruto min./ hombre †, ††, *, [b]	1.4
Valor agregado bruto día / hombre †, ††, *, [b]	1 986.4
Valor agregado bruto minuto / personal ocupado †	4 268 644
Minutos de traslado totales al día †, *	430 121 600
Costo del tiempo invertido en transporte/persona/día †, ß, *	195
Costo del tiempo invertido en transporte agregado /día †, ß, *	602 170 240
Costo del tiempo invertido en transporte /min. †, ß, *	418 174
Costo del tiempo invertido en transporte agregado anual en términos de VACB †, ß, *	178 076 920 885
Costo productivo del tiempo invertido en transporte agregado anual como% del VACB †, ß, *	29.06%

[a] Incluye el tiempo de viaje total de ida al trabajo y de regreso a casa de todo los mayores de 14 años que declararon tener un ingreso de un peso o más.

[b] Con base en un promedio de 46 horas, seis días de trabajo semanales y 300 días de trabajo anuales.

* Cálculos con base en las fuentes citadas.

Fuentes: †INEGI, 1994, ††INEGI, 2001, ß EOD07.

Esto significa, que si este tiempo se invirtiera en trabajo *per se* en lugar de traslados, cada persona ocupada podría producir $195 pesos más al día.

Aunque ciertamente el ahorro en los tiempos de traslado no significa que una persona vaya a utilizarlo en trabajar, en el estado actual del transporte en la Ciudad de México la comparación del tiempo invertido en viajes al trabajo con el valor de la producción por minuto/hombre, no resulta descabellada. En efecto, aunque la jornada laboral sea de ocho horas, una persona invierte, en promedio,

10.2 horas diarias en el trabajo, solo que 2.3 de estas horas representan tiempo de traslado que en términos de producción no son más que horas muertas en las que no se produce nada.

Así, se tiene que, de manera agregada, la PEA invierte 1 500 millones de minutos diarios en traslados de ida y de regreso del trabajo. Los traslados diarios representan el 29% de una jornada laboral de ocho horas, tiempo en el cual se podría, potencialmente, producir 29% más. Traducido en términos de valor agregado, significa una pérdida de $602 millones de pesos diarios y $178 mil millones de pesos al año. Cada minuto de traslados agregados de la PEA en la ZMCM implica una pérdida económica potencial bruta de 418 mil pesos. Es necesario apuntar que más del 70% de la producción bruta de la ZMCM corresponde al D. F., por lo que, 70% de este costo económico le corresponde también.

La importancia del análisis anterior radica en que la introducción de la bicicleta en la Ciudad de México como una alternativa viable de transporte significará, de acuerdo con las estadísticas hasta aquí mostradas, menores costos de traslado para ciclistas y menores tiempos de recorrido. Además de que la reducción en los tiempos de recorrido conlleva un efecto positivo en términos de calidad de vida, también puede tener un potencial efecto económico y ambiental positivo para la ciudad y sus residentes.

Capítulo 3. Percepción social del uso de la bicicleta en la Ciudad de México: análisis de la encuesta de movilidad ciclista 2008

Hasta esta parte del trabajo se ha utilizado información proveniente de la *Encuesta Origen Destino 2007* (EOD07), de censos y conteos de población, así como de censos económicos, para en conjunto trazar un perfil socioeconómico de las personas que se transportan en la Ciudad de México y deducir las implicaciones de la forma en que se transportan. Para ratificar el diagnóstico hasta aquí realizado, en este apartado se presentan los resultados del análisis de la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008* referentes a la probabilidad de cambio de modo de transporte, mediante preguntas expresas hechas a los viajeros de la ZMCM en el D. F.

El análisis se realiza con base en tres preguntas sobre: *a)* el uso de una bicicleta propia en combinación con otros medios de transporte, bajo la condición de que haya un lugar seguro –biciestacionamiento– donde guardarla durante el día (reemplazando la caminata o el primer medio de transporte); *b)* el uso de bicicletas públicas para enlazar la estación de Metro de destino y el lugar de trabajo, reemplazando la caminata o el último modo de transporte y *c)* el uso de una bicicleta como medio de transporte unimodal sujeto a la existencia de ciclovías.

Las respuestas a estas preguntas se cruzaron con información socioeconómica de las personas encuestadas, así como con las características de sus viajes, sus orígenes y destinos. Los resultados muestran que los análisis realizados en capítulos anteriores sobre las tendencias de probabilidad de uso de bicicletas concuerdan con los resultados que se obtienen de la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008* (EMC08). Por lo anterior, al final del apartado se concluye que se puede esperar que la política pública del programa de biciestacionamientos, bicicletas públicas y construcción de ciclovías, basada en los criterios de este estudio, tenga suficiente respaldo empírico para ponerse en marcha.

Muestreo

El tamaño de la muestra fue de dos mil encuestas, levantadas entre el 29 y el 30 de octubre de 2008. Se muestrearon viente puntos dentro del D. F. que incluyeron Centros de Transferencia Modal (CETRAM) e importantes estaciones del Metro (por el número de usuarios diarios). La selección de puntos de muestreo fue discrecional, por el conocimiento del alto volumen de viajes desde o hacia esos puntos, intentando cubrir de manera homogénea distintas áreas de la ciudad.

Las encuestas se levantaron a personas que pasaban por el área sin ningún criterio específico. Cada entrevista tuvo una duración de entre seis y diez minutos. Las encuestas de dividieron de manera aproximadamente proporcional a los viajes que ocurren entre las horas pico de la mañana (7:00 a 9:00); tarde (13:00 a 15:00) y noche (18:00 a 21:00), de manera que 50% de las encuestas fueron levantadas en la primera hora pico y el resto equitativamente en las otras dos. Los puntos muestreados se enlistan en el Cuadro 26.

El tamaño de la muestra asegura una fiabilidad estadística de ± 1.8% al 99% de confianza y todos los análisis que aquí se presentan tienen una significación estadística de 0.05 a menos que se especifique lo contrario. El cuestionario levantado puede consultarse en Téllez y López (2009).

Las tres preguntas que se analizan en este documento fueron hechas con la siguiente redacción:

Cuadro 26. Puntos de muestreo.

Nº	Punto de encuesta	Nº	Punto de encuesta
1	Viveros	11	Constitución de 1917
2	Universidad	12	Zócalo
3	Barranca del Muerto	13	Zapata
4	Insurgentes	14	Politécnico
5	Observatorio	15	Ciudad Deportiva
6	Tlatelolco	16	Iztapalapa
7	Hidalgo	17	Chapultepec
8	Tacuba	18	Huipulco
9	Coyuya	19	Pantitlán
10	Tacubaya		

1. ¿Utilizaría una bicicleta prestada para llegar del Metro al trabajo?
2. ¿Utilizaría una bicicleta para llegar de su casa al transporte público que usa normalmente si contara con un lugar seguro para guardarla durante el día?
3. ¿Utilizaría una bicicleta propia para llegar de su casa a su destino si hubiera una ciclovía?

Análisis de la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*

En esta sección se presentan los resultados del análisis de la EMC08, específicamente de las preguntas relacionadas con el cambio de modo de transporte a bicicleta, sustituyendo ya sea algún tramo del viaje o el viaje completo.

Los resultados de la EMC08 muestran una aceptación relativamente alta de los tres componentes del programa. A partir del porcentaje de respuestas puede inferirse que la percepción del uso de bicicletas es positiva. Mientras que la meta oficial es la de elevar el número de viajes en bicicleta a 5%, el 22% de las personas se mostró dispuesta a *siempre* usar el programa de bicicletas públicas. 26% de las personas contestaron que *siempre* utilizarían una bicicleta para realizar su viaje si existiera una ciclovía y 27% de las personas se mostró dispuesta a *siempre* utilizar la bicicleta para reemplazar el primer modo de transporte o la caminata. Menos de la mitad de la gente (entre 41 y 46%) contestó que *nunca* utilizaría alguna de las tres opciones contempladas dentro de la estrategia de movilidad ciclista (Cuadro 27).

Es importante mencionar que existe una correlación moderada entre respuestas positivas de la percepción de uso futuro, independientemente del programa (Cuadro 28). Es decir, que las personas que tienden a responder positivamente

Cuadro 27. Respuestas generales a preguntas de probabilidad de uso.

	Biciestacionamiento (%)	Ciclovía (%)	Bicicleta pública (%)
Siempre	27.0	26.2	22.3
Algunas veces	31.4	28.2	31.5
Nunca	41.6	45.6	46.2
Total	100.0	100.0	100.0

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*.

a uno de los tres programas, tienen mayor probabilidad de responder positivamente a la idea del resto de los programas. Esto, es específicamente cierto en el caso de los programas de biciestacionamientos y bicicletas públicas (Figura 25). Sin embargo, aunque la asociación es moderada, como se mostrará adelante, la respuesta a cada pregunta responde a una serie de características socioeconómicas y otras específicas a cada viaje. Es probable, como se mencionó anteriormente, que estas características estén a su vez asociadas a una localización específica de la vivienda y del lugar en donde se realizan actividades. Esto, en conjunto, sugiere que la diferencia observada en los Cuadros 27, 28 y en la Figura 25 entre quienes respondieron *siempre*, *algunas veces* y *nunca* a cada uno de los tres programas, no yace en una diferencia socioeconómica, que es relativamente homogénea, sino en diferencias de las características de los viajes, siendo que unos son más aptos y otros menos aptos para ser realizados en bicicleta.

En las siguientes secciones se presentan diversos análisis que apuntan hacia el perfil socioeconómico de los probables usuarios futuros de bicicleta, para validar los criterios que se establecen al final de esta sección, para la selección de áreas

Cuadro 29. Correlación entre respuestas de probabilidad de uso (-b de Kendall).

	Biciestacionamiento	Ciclovía	Bicicleta pública
Biciestacionamiento	1	.484**	.552**
Ciclovía		1	.432**
Bicicleta Pública			1

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*.

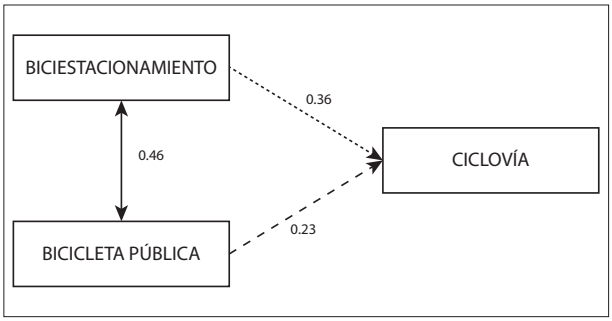


Figura 25. Diagrama de correlación parcial entre respuestas de probabilidad de uso.

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*.

para la instalación de ciclovías, biciestacionamientos y el programa de bicicletas públicas.

Uso de la bicicleta para todo el viaje (ciclovías)

Esta sección corresponde a las respuestas a la pregunta: ¿utilizaría una bicicleta propia para llegar de su casa a su destino si hubiera una ciclovía?

Como se mencionó anteriormente, 26% de las personas respondieron *siempre*, 28% *algunas veces* y 45% *nunca*. Más que aceptar estas cifras *per se*, es necesario conocer las características de quienes respondieron de una u otra forma (Newman y McNeil, 1998; Rea y Parker 2005), ya que sería iluso pensar que todas las personas que respondieron *siempre* andarán en bicicleta una vez que se haya construido una ciclovía. En términos de este análisis se sugiere tomar las respuestas como *percepción de uso futuro*. Los siguientes cuadros muestran las características principales de las personas de acuerdo con su percepción de uso.

a) Características del viaje

El Cuadro 29 muestra la mediana del tiempo de recorrido por tipo de respuesta. Como era esperado, las personas que tienen menores tiempos de recorrido contestaron que *siempre* utilizarían la bicicleta, mientras que las que contestaron *nunca* tienen los viajes más largos. Ello concuerda con el supuesto establecido de que la probabilidad de uso de bicicleta disminuye a medida que la distancia de traslado aumenta.

Además del tiempo de recorrido, se preguntó la secuencia de modos de transporte. Así, es posible conocer las características de multimodalidad de los viajes y su relación con la percepción de las personas y el uso de bicicleta. Dado que la multimodalidad está asociada con la longitud del viaje, se espera que las

Cuadro 29. Tiempo de recorrido al trabajo de personas según percepción de uso futuro de bicicleta desde el hogar al destino usual de viaje.

Utilizaría bicicleta	Mediana	N
Siempre	55	414
Algunas veces	62	451
Nunca	70	686
Total	63	1 551

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*.

personas que utilizan más de un modo de transporte estén más dispuestas a andar en bicicleta. El Cuadro 30 divide los viajes en aquellos que sólo utilizan Metro y aquellos que utilizan más de un modo.

La proporción media de personas que utilizan más de un modo es de 87%, mientras que las que solo utilizan Metro es de 13%. En efecto, las proporciones de personas que tienen viajes multimodales, que contestaron *siempre* y *algunas veces* son de 90%, por arriba de la proporción media de 87%.

En el caso de las personas que solo usan Metro –viaje unimodal– el comportamiento también es el esperado, y las personas que contestaron que *nunca* usarían una bicicleta ascienden a 17%, cantidad por arriba de la proporción media de 13%. Esto quizá esté también asociado al hecho de que el Metro representa una de las opciones más eficientes y cómodas si se utiliza como único medio de transporte (exceptuando la caminata para acceder a él).

b) Características socioeconómicas

En cuanto a las características socioeconómicas, de acuerdo con las tendencias observadas, se encontró que las personas de familias de más bajo ingreso tienden a contestar que *siempre* utilizarían la bicicleta, y que este grupo tiene un promedio significativamente inferior al del ingreso de quienes contestaron *algunas veces* y *nunca* (Figura 26).

Aunque con fines estadísticos estos dos últimos grupos no pueden decirse diferentes pues sus intervalos de confianza se traslapan, existe una tendencia a que quienes contestaron *algunas veces* tengan una media más alta que los que contestaron *nunca* si se contemplan los casos para las preguntas sobre percepción de uso de biciestacionamientos y bicicletas públicas (véanse secciones siguientes).

Cuadro 30. Percepción de uso de bicicleta entre el origen y el destino para viajes multimodales y unimodales en el metro.

	Multi-modal (%)	Solo metro (%)	Total (%)
Siempre	90	10	100
Algunas veces	90	10	100
Nunca	83	17	100
Total	87	13	100

Chi Cuadrada = 24. 9, sig.< 0.001

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008.*

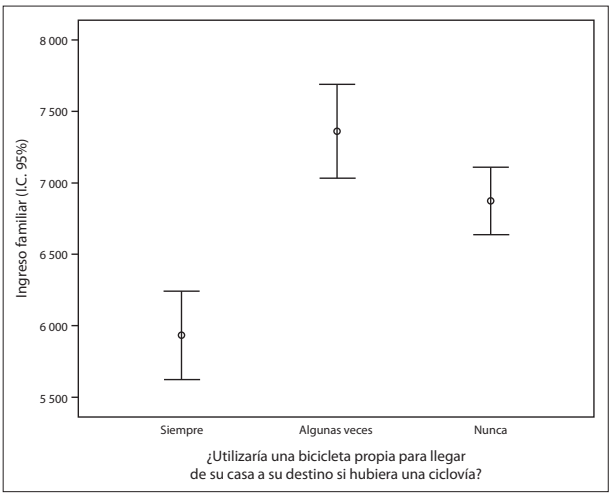


Figura 26. Ingreso familiar y percepción de uso futuro de la bicicleta entre el origen y el destino si hubiera ciclovía.

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008.*

Esto posiblemente se debe a que las personas que contestaron *nunca* se encuentran en distancias más lejanas, y que aunque tienen ingresos bajos, la distancia de traslado que tienen que recorrer es demasiada. En cuestión de género, los resultados de la encuesta muestran que, como había sido observado, los hombres tienen una mayor aceptación que las mujeres. Mientras que el 40% de los hombres contestaron que nunca utilizarían la bicicleta, el de las mujeres asciende a 52% (Cuadro 31).

El Cuadro 32 presenta los promedios de edad por tipo de respuesta. Los resultados de la encuesta muestran que a medida que aumenta la edad, la probabilidad de contestar que *nunca* se utilizará la bicicleta, crece.

Cuadro 31. Percepción de uso futuro de la bicicleta entre el origen y el destino si hubiera ciclovía según género.

Sexo	Siempre (%)	Algunas veces (%)	Nunca (%)	Total (%)
Hombres	30	30	40	100
Mujeres	22	26	52	100
Total	26	28	46	100

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008.*

Cuadro 32. Promedios de edad por percepción de uso futuro de la bicicleta entre el origen y el destino si hubiera ciclovía.

Respuesta	Edad
Siempre	27.8
Algunas veces	29.0
Nunca	31.4
Total	29.8

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*.

El Cuadro 33 muestra el número de autos y bicicletas promedio por hogar por tipo de respuesta. Resulta claro que a medida que aumenta la disponibilidad de autos en el hogar existe una mayor probabilidad de tener una percepción negativa de la bicicleta. Al contrario, a medida que el número de bicicletas aumenta, existe una mayor probabilidad de responder positivamente al uso probable.

c) Alcance del programa de ciclovías por área de la ciudad

La respuesta *siempre* obtuvo porcentajes por arriba del promedio (27%) en las delegaciones: Álvaro Obregón, Coyoacán, Cuauhtémoc, Iztacalco, Iztapalapa, Tlalpan y Venustiano Carranza, situación que se explica tomando en consideración que son delegaciones centrales o que rodean el perímetro inmediato a las delegaciones centrales, donde la cercanía geográfica entre nodos de vivienda y actividad económica es menor que en el resto del D. F. (Cuadro 34).

En cuanto a la respuesta *algunas veces*, el promedio de 30% (±3) se registró en casi todas las delegaciones, con excepción de Cuajimalpa, Magdalena Con-

Cuadro 33. Número de autos y bicicletas por percepción de uso futuro de la bicicleta entre el origen y el destino si hubiera ciclovía.

	Autos	Bicicleta
Siempre	0.95	1.14
Algunas veces	0.96	1.07
Nunca	0.87	0.82
Total	0.91	0.97

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*.

Cuadro 34. De acuerdo con la delegación donde inicia el viaje.*

¿Utilizaría una bicicleta propia para llegar de su casa a su destino, si hubiera una ciclovía?

Delegación	Siempre (%)	Algunas veces (%)	Nunca (%)	Total (%)
Álvaro Obregón	30.0	39.0	31.0	100.0
Azcapotzalco	20.0	33.3	46.7	100.0
Benito Juárez	22.4	26.7	50.9	100.0
Coyoacán	29.5	34.8	35.7	100.0
Cuajimalpa	22.2		77.8	100.0
Cuauhtémoc	31.6	27.8	40.6	100.0
Gustavo A. Madero	24.3	34.2	41.4	100.0
Iztacalco	30.0	25.0	45.0	100.0
Iztapalapa	27.7	25.1	47.2	100.0
Magdalena Contreras	18.2	22.7	59.1	100.0
Miguel Hidalgo	26.8	30.4	42.9	100.0
Milpa Alta		75.0	25.0	100.0
Tláhuac	19.2	19.2	61.5	100.0
Tlalpan	30.8	29.5	39.7	100.0
Venustiano Carranza	30.4	35.9	33.7	100.0
Xochimilco	16.1	22.6	61.3	100.0
Total	27.1	29.9	43.0	100.0

* Solo se contabilizan los viajes que iniciaron en la casa.

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*.

treras, Tláhuac y Xochimilco (todas ellas alejadas de centro del D. F.) que obtuvieron los porcentajes más bajos, dada la lejanía de los nodos de vivienda con los nodos de actividad a los que la gente se desplaza a trabajar. *Nunca* superó el promedio de respuestas (43%) en casi todas las delegaciones, pero los casos que más destacan son Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Tláhuac y Xochimilco donde la lejanía vivienda-destino final y las condiciones topográficas son fuertes condicionantes para impulsar el uso de la bicicleta.

Uso de la bicicleta en el primer tramo del viaje (biciestacionamientos)

Para el caso del probable uso de bicicletas en combinación con infraestructura de biciestacionamientos y reemplazando ya sea el primer modo de transporte o la caminata de la casa al primer modo, 27% de las personas respondió *siempre*, 31% *algunas veces* y 41% *nunca*. Estos porcentajes de respuesta hacen del programa de

biciestacionamientos el de mayor percepción positiva de entre los tres componentes de la estrategia de movilidad ciclista de la Ciudad de México. Los siguientes cuadros muestran las características principales de las personas de acuerdo con su percepción de uso.

a) Características del viaje

El programa de biciestacionamientos en CETRAM está encaminado a generar multimodalidad entre la bicicleta y los medios de transporte que se utilizan habitualmente. Visto desde esta perspectiva, los tramos de viaje que pueden ser reemplazados potencialmente por bicicletas son los que corresponden a la caminata desde el hogar al primer modo de transporte, o el tramo del primer modo de transporte.

Los Cuadros 35 y 35a muestran, para cada respuesta, la percepción de uso de la bicicleta en combinación con infraestructura de biciestacionamientos, los

Cuadro 35. Tiempos de caminata del hogar al metro por percepción de uso futuro de bicicleta entre el hogar y el Metro.

	Media	N	Desv. est.	Mediana
Siempre	8.4	44	3.5	10
Algunas veces	7.9	50	2.8	10
Nunca	6.9	92	3.3	5
Total	7.5	186	3.3	5

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*.

Cuadro 35a. Tiempo de traslado en transporte público del hogar al metro y percepción de uso futuro de bicicleta del hogar al Metro (reemplazo de primer medio de transporte).

	Media	N	Des. est.	Mediana
Siempre	19.02	117	14.786	15
Algunas veces	19.59	145	16.015	15
Nunca	23.73	181	17.632	20
Total	21.13	443	16.501	20

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*.

promedios del tiempo de traslado caminando desde el hogar hasta el primer medio de transporte y del primer medio de transporte hasta el segundo, respectivamente. Para el caso de la caminata, los promedios aumentan a medida que la percepción de uso se vuelve positiva.

Para los tiempos de traslado en el primer medio de transporte, se encontró otro resultado esperado, contrario al cuadro anterior. En este caso la probabilidad de contestar *siempre* aumenta a medida que el tiempo en el transporte público disminuye. Nuevamente resalta el hecho de que la mediana de quienes contestaron *siempre* es 15 minutos, que es la mediana del tiempo de traslado en bicicletas para toda la ciudad.

Como se esperaría, es más probable que alguien que camina largas distancias se muestre dispuesto a reemplazar la caminata con un viaje en bicicleta, por el ahorro de tiempo que puede implicar y la eficiencia del modo de transporte. Sin embargo, quienes caminan distancias cortas no perciben beneficio alguno al reemplazar la caminata por un viaje en bicicleta.

b) Características socioeconómicas

Al igual que para el programa de ciclovías, se encontró que la percepción de uso probable de bicicletas en combinación con biciestacionamientos está fuertemente asociado al ingreso. Quienes contestaron que *siempre* utilizarían una bicicleta entre el hogar y el medio de transporte usual tienen un ingreso significativamente menor al resto de los grupos (Figura 27).

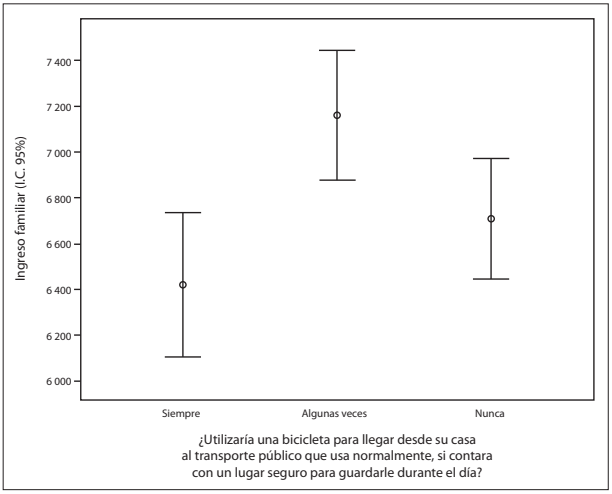


Figura 27. Ingreso familiar y percepción de uso futuro de la bicicleta entre el hogar y el transporte habitual si hubiese biciestacionamientos.

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*.

El comportamiento por grupos de género sigue también el patrón observado. 32% de los hombres contestaron *siempre* contra 21% de mujeres y mientras que el 50% de las mujeres contestaron *nunca*, solo 35% de los hombres lo hizo (Cuadro 36).

La edad también se comporta de la manera ya observada, disminuye a medida que la percepción de uso de bicicletas en combinación con infraestructura de biciestacionamientos se vuelve positiva. Mientras que las personas que respondieron *siempre* y *algunas veces* están por debajo de la edad promedio, quienes contestaron *nunca* están por arriba de la edad promedio. Es necesario recalcar que aunque la diferencia es significativa, tampoco es muy amplia (Cuadro 37).

Similar a observaciones anteriores, el número de autos en el hogar parece tener una influencia negativa en la percepción de uso de una bicicleta en combinación con biciestacionamientos, mientras que el número positivo de bicicletas en el hogar tiene un efecto positivo. En el caso de quienes respondieron que *siempre*

Cuadro 36. Percepción de uso futuro de la bicicleta (biciestacionamientos) según género.

Sexo	Siempre (%)	Algunas (%) veces	Nunca (%)	Total (%)
Hombres	32	33	35	100
Mujeres	21	30	50	100
Total	27	31	42	100

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*.

Cuadro 37. Promedios de edad por percepción de uso futuro de la bicicleta (biciestacionamientos).

Respuesta	Edad promedio
Siempre	27.8
Algunas veces	28.8
Nunca	31.8
Total	29.8

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*.

utilizarían la bicicleta, el número de autos se encuentra por debajo de la media, mientras que el de bicicletas por arriba. En cambio, para quienes contestaron *nunca*, el número de autos se encuentra por arriba de la media mientras que el de bicicletas se encuentra por debajo (Cuadro 38).

c) Alcance del programa de biciestacionamientos por área de la ciudad

De acuerdo con la delegación donde inicia el viaje, la respuesta *siempre* alcanzó casi 29%, valor que se mantiene constante (±3) en todas las delegaciones, salvo en Cuajimalpa y Xochimilco, donde la topografía (fuertes pendientes), pocos hogares con bicicletas o la distancia que separa a las personas de su casa al primer modo de transporte son los principales condicionantes que obstaculizan el uso de la bicicleta (Cuadro 39).

En cuanto a las personas que contestaron *algunas veces* (30%), las delegaciones que registraron un valor muy por debajo del promedio son: Magdalena Contreras, Miguel Hidalgo, Milpa Alta, Tláhuac, donde el factor relieve, así como la distancia casa-primer medio de transporte, son fuertes impedimentos para impulsar a la bicicleta como un medio efectivo de transporte.

De la respuesta *nunca*, del valor promedio registrado (41%) hay que destacar aquellas delegaciones que estuvieron muy por debajo de ese promedio: Benito Juárez (32%), Coyoacán (36%), Cuauhtémoc (31%) y Venustiano Carranza (34%), todas ellas delegaciones centrales, donde la distancia vivienda-primer modo de transporte es menor (en promedio) que en resto de las delegaciones; esto quiere decir, que entre 65 y 70% de los encuestados consideran la probabilidad de usar la bicicleta para arribar a su primer o segundo modo de transporte.

Cuadro 38. Número de autos y bicicletas por percepción de uso futuro de la bicicleta (biciestacionamientos).

Respuesta	Autos	Bicicletas
Siempre	0.84	1.15
Algunas veces	0.91	1.01
Nunca	0.97	0.84
Total	0.91	0.98

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*.

Cuadro 39. De acuerdo con la delegación donde inicia el viaje.*

¿Utilizaría una bicicleta para llegar desde su casa al transporte público que usa normalmente, si contara con un lugar seguro para guardarla durante el día?

Delegación	Siempre	Algunas veces	Nunca	Total
Álvaro Obregón	24.0	35.0	41.0	100.0
Azcapotzalco	22.7	29.5	47.7	100.0
Benito Juárez	34.5	32.8	32.8	100.0
Coyoacán	31.5	32.4	36.0	100.0
Cuajimalpa	10.0	20.0	70.0	100.0
Cuauhtémoc	28.0	40.2	31.8	100.0
Gustavo A. Madero	27.0	30.6	42.3	100.0
Iztacalco	28.3	25.0	46.7	100.0
Iztapalapa	28.2	25.1	46.7	100.0
Magdalena Contreras	31.8	18.2	50.0	100.0
Miguel Hidalgo	33.9	19.6	46.4	100.0
Milpa Alta			100.0	100.0
Tláhuac	30.8	11.5	57.7	100.0
Tlalpan	29.9	31.2	39.0	100.0
Venustiano Carranza	30.4	34.8	34.8	100.0
Xochimilco	16.1	32.3	51.6	100.0
Total	28.6	30.2	41.2	100.0

* Solo se contabilizan los viajes que iniciaron en la casa.

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*.

Uso de la bicicleta en el último tramo del viaje (bicicletas públicas)

Aquí se presentan los resultados referentes a las respuestas sobre el uso de bicicletas públicas. En este caso, aunque algunas de las tendencias son las mismas, la diferencia entre las características de las personas por grupos de respuesta son *mucho* menos claras que en el caso de las dos preguntas anteriores. Esto probablemente se deba a ambigüedades en la redacción de la pregunta, y a que la gente no está familiarizada con la idea de bicicletas públicas. Destaca el hecho que de los tres programas, el de bicicletas públicas recibió el menor número de respuestas positivas de posibilidad de uso. Mientras que para los programas de ciclovías y biciestacionamientos 26 y 27% de las personas respondieron *siempre*, el porcentaje para el programa de bicicletas públicas ascendió solo a 22%.

a) Características del viaje

Para las personas que después de utilizar el Metro, caminan, no hay un patrón estadísticamente significativo de diferencias. Se esperaría que quienes caminan más tuvieran un mayor número de respuestas *siempre*, sin embargo no es así. No obstante, al no ser significativa la diferencia entre los tiempos de caminata (13% de probabilidad de error) se asume que no existe diferencia entre los grupos de respuestas. Esto probablemente se debe a que la mayoría de los empleos están aglomerados en distancias muy cercanas a estaciones del Metro, por lo que los tiempos de caminata suelen ser cortos. En efecto, si se observa la mediana en el Cuadro 40 se encuentra que ésta es la misma (5 minutos) para todos los grupos de respuestas.

En el Cuadro 41 se presentan las estadísticas correspondientes a los tiempos de recorrido en el último medio de transporte (colectivo y autobús) que pudieran ser reemplazados por viajes en bicicleta. Nuevamente se observa la tendencia esperada siendo que los viajes más cortos tienden a tener respuestas de *siempre* y los más largos respuestas de *nunca*. Si se observa la mediana en el cuadro, una vez más se detecta una coincidencia con los criterios definidos con anterioridad. En este caso, la mediana de quienes respondieron *siempre* es de 15 minutos, que es la mediana de los tiempos de recorrido en bicicleta en la ciudad.

Lo anterior sugiere que aunque posiblemente no exista una clara idea de en qué consiste un programa de bicicletas públicas, sí existe la de que la bicicleta es útil en distancias cortas, y que hay un umbral de 15 minutos, tanto en la práctica de quienes ya andan en bicicleta, y en el imaginario de quienes probablemente utilicen la bicicleta en un futuro cercano.

Cuadro 40. Tiempos de caminata del Metro al destino por percepción de uso futuro de bicicleta del hogar al Metro.

	Media*	N	Desv. est	Mediana
Siempre	7.26	212	4 429	5
Algunas veces	8.23	322	7 146	5
Nunca	7.55	481	5.6	5
Total	7.71	1 015	5 936	5

*Sig. = 0.13.

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*.

Cuadro 41. Tiempo de traslado en transporte público del Metro al destino y percepción de uso futuro de bicicleta pública (reemplazo del último medio de transporte).*

Respuesta	Media	N	Desv. est	Mediana
Siempre	24.2	26	20.2	15
Algunas veces	24.0	41	15.7	20
Nunca	35.4	71	24.1	30
Total	29.9	138	21.8	20

* Incluye solo los últimos tramos de viaje que se realizan en colectivo y en autobús suburbano cuando se utilizó el Metro como penúltimo modo de transporte.

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008.*

b) Características socioeconómicas

Para el caso del programa de bicicletas públicas, las características socioeconómicas en cuanto a ingreso (Figura 28), género (Cuadro 42), edad (Cuadro 43) y número de autos y bicicletas en el hogar (Cuadro 44) se observaron los mismos patrones que en los casos anteriores. Las personas de bajo ingreso, hombres, jóvenes que tienden a tener disponibilidad de bicicletas y no de automóviles en el hogar, se muestran más dispuestos a utilizar la bicicleta para reemplazar el último tramo de sus viajes.

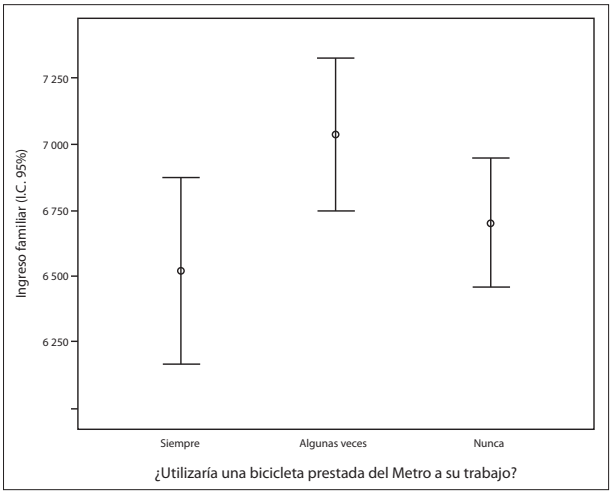


Figura 28. Ingreso familiar y percepción de uso futuro de la bicicleta (bicicletas públicas).

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*.

Cuadro 42. Percepción de uso futuro de la bicicleta entre el último medio de transporte y el destino según género (bicicletas públicas).

Sexo	Siempre (%)	Algunas veces (%)	Nunca (%)	Total (%)
Hombres	25	34	40	100
Mujeres	19	28	54	100
Total	22	32	46	100

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*.

Cuadro 43. Promedios de edad por percepción de uso futuro de la bicicleta (bicicletas públicas).

Respuesta	Edad
Siempre	27.4
Algunas veces	28.9
Nunca	31.6
Total	29.8

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*.

Cuadro 44. Número promedio de autos y bicicletas por hogar por percepción de uso futuro de bicicleta (bicicletas públicas).

	Bicicletas públicas	
	Autos	Bicicletas
Siempre	0.75	1.11
Algunas veces	0.89	1.01
Nunca	1.02	0.89
Total	0.91	0.98

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*.

c) Alcance del programa de bicicletas públicas por área de la ciudad

Las delegaciones que registraron un porcentaje de respuesta *siempre* superior al promedio (23%) son Benito Juárez, Coyoacán, Iztapalapa, Miguel Hidalgo y Venustiano Carranza, que forman parte o son el núcleo del centro de la Ciudad

de México y, por tanto, donde se localizan los nodos de actividad económica y empleo. Destaca el caso de Iztapalapa, ya que si bien no es una delegación central, si registra una importante concentración de actividad económica en el D. F. (Cuadro 45).

Para la respuesta *algunas veces*, vuelven a ser las delegaciones centrales y las circundantes inmediatas las que obtienen un registro superior a la media (32%); las delegaciones que registran los más bajos promedios son aquellas que forman parte de la periferia más alejada del centro de la Ciudad de México o aquellas donde los problemas de tránsito dificultan la rápida circulación.

Para la respuesta *nunca* los más altos promedios se registran en aquellas delegaciones más alejadas del centro de la ciudad, lo que hace necesario involucrar otro factor explicativo, que es la intermodalidad del viaje. Es decir, en este caso es decisivo el hecho de que una persona realice tres o más tramos de viaje, ya que implica que la persona ya ocupó demasiado tiempo transportándose, pues después de tan largo trayecto, pensar en salir y ocupar una bicicleta (visto como la

Cuadro 45. De acuerdo con la delegación donde finaliza el viaje.*

¿Utilizaría una bicicleta prestada del metro a su trabajo?

Delegación	Siempre	Algunas veces	Nunca	Total
Álvaro Obregón	14.6	22.9	62.5	100.0
Azcapotzalco	22.6	19.4	58.1	100.0
Benito Juárez	24.7	37.0	38.3	100.0
Coyoacán	24.9	35.7	39.4	100.0
Cuajimalpa	9.1	9.1	81.8	100.0
Gustavo A. Madero	22.0	35.6	42.4	100.0
Iztacalco	20.2	29.3	50.5	100.0
Iztapalapa	25.6	21.6	52.8	100.0
Magdalena Contreras	7.7	30.8	61.5	100.0
Miguel Hidalgo	29.6	36.5	33.9	100.0
Tláhuac		41.2	58.8	100.0
Tlalpan	16.7	33.3	50.0	100.0
Venustiano Carranza	35.0	15.0	50.0	100.0
Xochimilco	16.7	33.3	50.0	100.0
Total	23.1	31.7	45.2	100.0

* Solo se contabilizan los viajes que iniciaron en la casa.

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*.

realización de un esfuerzo físico), para llegar a su destino final (en este caso el trabajo), ya no es del todo viable. Así, las personas que realizan hasta dos tramos de viaje tienen mayor probabilidad de salir del Metro y ocupar una bicicleta.

Otras consideraciones

En esta sección se presentan dos últimos cuadros sobre las características de las personas y sus preocupaciones sobre las condiciones que piensan son necesarias para utilizar la bicicleta. Su consideración es importante pues ayudará a tomar decisiones de política pública y a comprender las necesidades y preocupaciones de la población en cuanto al uso cotidiano de la bicicleta.

Primero debe considerarse la distribución de respuestas generales. Las dos principales preocupaciones son la seguridad (39%) y la cercanía al destino (29%). En segundo lugar la comodidad y la infraestructura con porcentajes similares alrededor de 15%. Aunque el concepto de seguridad puede ser muy amplio, los efectos de la falta de seguridad no son tan amplios si se analizan desde un punto de vista económico, que implica que cualquier tipo de percance conlleva un costo. Así, la idea de seguridad engloba un todo y la política de seguridad en el programa de bicicletas debe comprenderse así.

Tal y como se ha recalcado, la parte importante de estas respuestas no son los porcentajes absolutos sino las características de quién decide responder de qué forma. El Cuadro 46 presenta el promedio de ingreso de las personas que respondieron, escogiendo entre las categorías presentadas en la Figura 29. Destaca el hecho de que las personas que optaron por la seguridad como la condición más

Cuadro 46. Características de ingreso por condición necesaria sugerida para el uso de bicicleta.

Condición	Media	N	Desv. est.	Mediana (agrupada)
Infraestructura	6 704.7	353	3 922.9	6 031.3
Seguridad	6 665.5	911	4 265.1	5 750.0
Comodidad	7 226.5	362	4 181.1	6 638.7
Cercanía al destino	6 683.1	673	4 024.4	5 740.7
Total	6 765.0	2 299	4 133.2	5 900.7

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*.

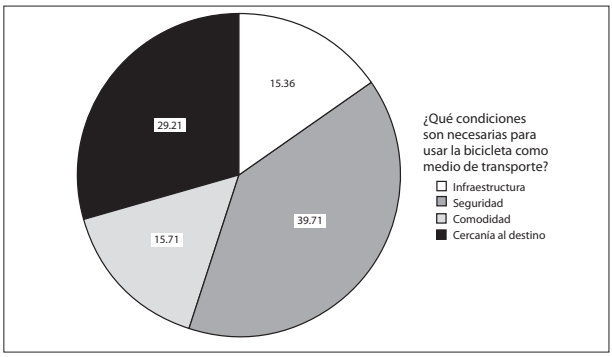


Figura 29. Condiciones necesarias para utilizar la bicicleta como medio de transporte.

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*.

importante son quienes presentan el menor ingreso. Por su lado, quienes respondieron "comodidad" tienen el mayor ingreso.

Las otras respuestas se hayan alrededor de la media. El hecho de que las personas de más bajos ingresos hayan respondido a la seguridad, posiblemente reflejan una mayor vulnerabilidad a pérdidas por el costo de un incidente cualquiera que involucre la seguridad de andar en bicicleta, mientras que en el caso de las personas de altos ingresos, menos vulnerables, se preocupan más por una cuestión de comodidad personal.

El Cuadro 47 muestra la misma pregunta, pero desagregada por género. Destaca el hecho de que las respuestas de los hombres por encima de la proporción media son las de comodidad, mientras que la percepción de las mujeres tiende más a la seguridad como condición necesaria para andar en bicicleta. Es posible que esto también se deba a una cuestión de vulnerabilidad.

Cuadro 47. Características de género por condición necesaria sugerida para el uso de bicicleta.

Condición	División por género		
	Hombres (%)	Mujeres (%)	Total (%)
Infraestructura	54.5	45.5	100
Seguridad	54.4	45.6	100
Comodidad	60.2	39.8	100
Cercanía al destino	56.8	43.2	100
Total	56.1	43.9	100

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*.

El Cuadro 48 muestra las respuestas a la pregunta de condiciones necesarias por área de la ciudad.

Cuadro 48. De acuerdo con la delegación donde inicia el viaje.*

¿Qué condiciones son necesarias para usar la bicicleta como medio de transporte?

Delegación	Infraestructura	Seguridad	Comodidad	Cercanía al destino	Total
Álvaro Obregón	8.3	52.1	17.7	21.9	100.0
Azcapotzalco	14.3	40.5	2.4	42.9	100.0
Benito Juárez	9.9	36.0	21.6	32.4	100.0
Coyoacán	15.9	38.3	17.8	28.0	100.0
Cuajimalpa		66.7	11.1	22.2	100.0
Cuauhtémoc	15.2	41.6	20.0	23.2	100.0
Gustavo A. Madero	13.3	39.0	17.1	30.5	100.0
Iztacalco	6.9	39.7	20.7	32.8	100.0
Iztapalapa	29.8	36.2	14.4	19.7	100.0
Magdalena Contreras	15.0	30.0	10.0	45.0	100.0
Miguel Hidalgo	18.2	45.5	10.9	25.5	100.0
Milpa Alta		75.0		25.0	100.0
Tláhuac	65.4	11.5	7.7	15.4	100.0
Tlalpan	14.9	39.2	20.3	25.7	100.0
Venustiano Carranza	16.3	45.3	16.3	22.1	100.0
Xochimilco	6.7	43.3	13.3	36.7	100.0
Total	16.9	40.1	16.5	26.5	100.0

* Solo se contabilizan los viajes que iniciaron en la casa.

Fuente: elaboración propia con base en la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*.

Conclusiones: definición de criterios para la selección de rutas y el establecimiento de biciestacionamientos y programa de bicicletas públicas

El diagnóstico anterior permitió hacer una evaluación de las variables a considerar en la selección de ciclorutas y su posterior jerarquización por tipo o por prioridad de construcción. También ayudó a elegir criterios para la selección y jerarquización de nodos en donde establecer biciestacionamientos y cicloestaciones. La idea es definir criterios integrales que consideren el volumen potencial y relativo de uso, la reducción de tiempos de traslado, la generación de accesibilidad a actividades y a medios de transporte y equidad. La finalidad es que estos criterios permitan, además, la interconexión de orígenes y destinos (A>B>C), la interconexión entre ciclovías para generar una red integrada por vías primarias, secundarias y terciarias, y la interconexión modal entre ciclovías, biciestacionamientos, cicloestaciones y nodos de transporte público.

1. Ciclorutas

Las ciclorutas representan la conexión lineal (euclideana) de dos o más nodos origen-destino, entre los cuales existe la posibilidad de planear algún tipo de ciclovía. Es importante acentuar que una cicloruta no representa a las calles por las cuales debe pasar una ciclovía, ya que ello depende de una serie de criterios adicionales que incluyen: anchos de carril, direcciones de calles y otros criterios de viabilidad técnica e incluso decisiones políticas. Así, el análisis para la identificación y selección de ciclorutas requiere de la selección de los nodos de origen y de destino. A partir de las variables examinadas y analizadas a lo largo del documento, y de acuerdo con la literatura de transporte, se deben considerar:

- *Densidad de población.* Una alta densidad de población asegura que las ciclorutas tengan un alto número de usuarios potenciales en proximidad.

- *Uso de suelo.* Ya sea que éste se analice mediante estadísticas conjuntas de empleo y población o mediante análisis cartográfico del uso de suelo *per se,* los análisis presentados en el documento así como la literatura especializada (por ej., Ewing y Cervero, 2001), apuntan a las características del uso de suelo urbano (intensidad y mezcla de uso) como factores para la elección de modos de transporte no motorizado.

Entre las características socioeconómicas de la población que deben considerarse se encuentran:

- *Ingreso.* El ingreso es comúnmente una fuerte determinante en la elección del modo de transporte, pero además se mostró que las personas de bajos ingresos en el D. F. tienen una mayor probabilidad de utilizar la bicicleta como medio de transporte.
- *Edad.* Los datos presentados indican que distintos grupos de edad tienen mayor probabilidad de usar la bicicleta como medio de transporte. Es claro, además, que los niños muy pequeños y los adultos mayores son quienes menor uso de la bicicleta pueden hacer.
- *Ocupación.* La ocupación debe tomarse en cuenta dado que las estadísticas presentadas muestran que los viajes al trabajo son el principal viaje que se realiza en bici. El sector de ocupación que se relaciona con el ingreso y, geográficamente, con distintas áreas de la ciudad, puede ser un factor importante en la determinación de nodos de origen.
- *Género.* Actualmente los principales usuarios de bicicleta son hombres. Pero se reconoce que el programa debe impulsar el uso de la bicicleta entre mujeres. Es importante apuntar que los nuevos usuarios de bicicleta, al menos en un inicio seguramente tendrán características similares a los usuarios actuales.

Entre las características de traslado a considerar se encuentran:

- *Uso actual de bicicleta*. Las áreas con mayor uso actual de bicicleta probablemente tengan un mayor número de gente dispuesta a utilizar ciclovías en un inicio del programa.
- *Número de bicicletas per cápita.* A mayor número de bicicletas por habitante, mayor número de usuarios potenciales. Ello no significa que la construcción de ciclovías no pueda generar demanda inducida de compra y uso de nuevas bicicletas.

- *Características de combinación de modos actuales.* La forma en la que actualmente se traslada la gente determina, en parte, la probabilidad de elegir el cambio hacia un distinto medio de transporte.
- *Tiempos y distancias de recorrido a destinos habituales.* En las estadísticas presentadas se mostró que los viajes en bicicleta son, por lo general, cortos. Así, lugares en los que los viajes suelen ser muy largos, la probabilidad de uso de la bicicleta disminuirá.
- *Destinos habituales.* Se relacionan con los tiempos y distancias de recorrido, su inclusión como criterio se vincula con las áreas de la ciudad que funjan como nodos de origen; deben tener destinos habituales factibles para el traslado en bicicleta.

Por su parte, el análisis de nodos de destino debe considerar:

- *Densidad de empleos y actividad en general (ej. escuelas, comercio).* Análogo a los orígenes, los nodos de destino deben ser atractores. De acuerdo con las estadísticas presentadas la atracción de viajes en general está fuertemente asociada a la densidad de actividad económica.
- *Uso de suelo.* Por las mismas razones expuestas en el apartado de nodos de origen.
- *Características de traslado.* Las mismas que las expuestas anteriormente pero aplicadas al destino.
- *Características socioeconómicas de la población que accede al destino.* Es decir, asociar cada destino con su par de origen.

2. Biciestacionamientos en CETRAM

Los criterios para jerarquizar y elegir los Centros de Transferencia Modal (CETRAM) para la instalación de biciestacionamientos de acuerdo con los datos presentados en el documento son:

- *Volumen de viajes al CETRAM.* Mientras mayor sea el número de viajes al CETRAM el número de usuarios potenciales aumentará. Estos viajes deben incluir los que comienzan en el CETRAM y en otros modos de transporte al CETRAM. Dado que los biciestacionamientos implican que el usuario sea propietario de una bicicleta, los viajes al CETRAM deben originarse en el hogar.

- *Características de modos de transporte al CETRAM*. Es posible que la bicicleta pueda reemplazar viajes al CETRAM que se realizan caminando o en un modo de transporte adicional. Dado que a medida que el número de modos aumenta la distancia también se incrementa, la probabilidad de uso probablemente disminuya si el viaje al CETRAM se lleva a cabo en más de un modo de transporte.

Estos dos criterios de jerarquización se podrán resumir mediante la identificación de los *viajes que podrían ser reemplazados por bicicletas*. Se propone que para identificar los tramos de viaje en bicicleta que pueden reemplazar al primer modo, o bien la caminata al segundo modo, el tramo debe:

a. Ahorrar tiempo de traslado si es realizado en bicicleta.
b. Para el caso del reemplazo del primer modo de transporte, que su respectivo tramo pueda ser realizado en 15 minutos o menos en bicicleta. Se toma este rango de minutos por ser el tiempo mediano de duración de un viaje en bicicleta en la ciudad.
c. Para el caso de los viajes que se realizan caminando al Metro se propone utilizar un criterio de reemplazo de modo cuando estos tramos tomen al menos diez minutos de caminata. Aunque ello significa que una persona que camina 4.5 minutos ahorraría tres minutos si reemplazara la caminata por la bicicleta, ese cálculo no contempla el tiempo que se emplea en tomar y estacionar una bicicleta. De acuerdo con datos calculados se obtuvo que, en promedio, los usuarios del Metro caminan diez minutos para llegar a la estación. Esta cifra es indicativa de la elasticidad de la demanda del Metro como primer modo de transporte. Además, esta cifra permite hacer un cálculo más conservador de los probables usuarios y, para fines prácticos, asegura un ahorro de tiempo de caminata de al menos tres minutos. Adicionalmente, la encuesta de movilidad ciclista arrojó una mediana de diez minutos para quienes respondieron que *siempre* utilizarían una bicicleta para llegar al primer modo de transporte y que actualmente lo hacen caminando.

3. Cicloestaciones (bicicletas públicas) en CETRAM

Los criterios para jerarquizar y elegir los Centros de Transferencia Modal (CETRAM) para la instalación de cicloestaciones integrados al programa de bicicletas públicas de acuerdo con los datos presentados en el documento son muy similares a los de los biciestacionamientos:

- *Volumen de viajes del CETRAM*. Mientras mayor sea el número de viajes desde el CETRAM el número de usuarios potenciales aumenta. Estos viajes deben incluir los que terminan en el CETRAM y últimos tramos de viajes en otros modos de transporte desde el CETRAM al destino. Dado que las cicloestaciones implican pertenencia al programa de bicicletas públicas, los viajes desde el CETRAM deben terminar en el nodo de actividad del propósito del viaje.
- *Características de modos de transporte desde el CETRAM al destino*. Es posible que la bicicleta pueda reemplazar viajes desde el CETRAM que se realicen caminando o en un modo de transporte adicional. Dado que a medida que el número de modos aumenta, pues la distancia también se incrementa, la probabilidad de uso probablemente disminuya si el viaje desde el CETRAM se realiza en más de un modo de transporte.

Nuevamente*, estos criterios de jerarquización se pueden resumir* identificando los *viajes que (potencialmente) podrían ser reemplazados por bicicletas públicas.* Para ello se propone que para identificar los viajes en bicicleta que pueden reemplazar al último modo, o bien la caminata al destino final, al igual que en el caso del análisis de orígenes los tramos deben:

a. Para el caso del reemplazo del último modo de transporte, que su respectivo tramo pueda ser realizado en quince minutos o menos en bicicleta por ser el tiempo mediano de duración de un viaje en bicicleta en la ciudad.
b. Para el caso de los viajes que se realizan caminando desde el Metro se propone utilizar un criterio equivalente al de los biciestacionamientos, es decir, identificar tramos de viajes que tomen al menos diez minutos de caminata.

4. Finalmente, para el análisis de cicloestaciones integradas al programa de bicicletas públicas en centros actividades se deben considerar:

Densidad de empleos en isocronas de 2.5 minutos de caminata (200 m). Ello permitiría una alta accesibilidad a las cicloestaciones por ser un tiempo de caminata de la mitad de la mediana de caminata en la ciudad.

Disponibilidad de otras cicloestaciones en isócronas de 15 minutos de viaje en bicicleta. Es importante que dentro del programa de bicicletas públicas se conecten orígenes y destinos con los mismos criterios de tiempo de viaje.

Tiempo. Al igual que con el resto de las modalidades de viajes en bici, el programa de bicicletas públicas debe ahorrar tiempo de traslado.

Sección II

Planeación de infraestructura ciclista

Capítulo 4. Rutas principales de ciclovías

En esta segunda sección se presentan los resultados de la aplicación de los criterios definidos en la primera sección de este trabajo para la selección y jerarquización de las rutas principales de ciclovías en la Ciudad de México, y de los sitios con la mayor viabilidad para el establecimiento de biciestacionamientos e impulsar el programa de bicicletas públicas para la ciudad. Además, se generan nuevos análisis que complementan y ratifican el diagnóstico previamente realizado sobre las características socioeconómicas y de movilidad actual en el D. F. con base en el análisis de probabilidad de uso de la bicicleta ya sea por uso existente o probabilidad de cambio de modo.

Esta segunda sección se divide en tres capítulos en los que se presentan la metodología empleada y los resultados de los análisis de: *a)* identificación de nodos y rutas de ciclovías; *b)* determinación de las estaciones de Metro apropiadas para establecer biciestacionamientos en zonas de la Ciudad de México de alta densidad demográfica y *c)* una generalización de áreas apropiadas y la determinación de las estaciones del Metro adecuadas para impulsar el programa de bicicletas públicas en centros de actividad económica.

Principales rutas de ciclovías

De las principales conclusiones extraídas de la sección anterior surguió la necesidad de identificar los nodos de origen y destino que pudieran ser conectados mediante ciclovías. De igual forma, se identificaron variables de carácter urbano-local así como características socioeconómicas y de uso de transporte de las personas que habitan y/o acceden cotidianamente a dichos nodos.

En este capítulo se presentan: *a)* la metodología empleada para la identificación de nodos y la selección y jearquización de rutas principales de ciclovías para el D. F. y *b)* las recomendaciones sobre los factores que deben tomarse en cuenta al momento de seleccionar calles para su construcción, así como destinos intermedios. El capítulo se divide en tres apartados: en el primero se realiza una breve definición de los términos principales utilizados en el contexto del análisis;

en el segundo se presenta la metodología empleada en el análisis y en el tercero los resultados. Los mapas respectivos a la sección se encuentran en el anexo digital.

Definiciones

En el contexto de este análisis una *ruta* se compone de la unión de dos o más nodos dentro del D. F., de los cuales al menos uno debe ser considerado un *origen* y al menos uno debe ser considerado un *destino*. Por *origen* se entiende el nodo en donde inicia un viaje cualquiera, que no tenga como propósito el regreso a casa. Como *destino* se entiende el nodo en donde termina un viaje cualquiera, que no tenga como propósito el regreso a casa.[8] Los nodos de destino están por lo general asociados a lugares de trabajo y, por lo tanto, a aglomeraciones económicas. Por su parte, los nodos de origen están asociados a la vivienda y, por lo tanto, a lugares de alta densidad poblacional.

Metodología

Bases de datos

Las bases empleadas para la identificación de nodos y rutas fueron las siguientes: *a)* la base de datos de la *Encuesta Origen Destino* 2007 (EOD07); *b)* El *II Conteo de Población y Vivienda 2005* y *c)* los *Censos Económicos 2004*. El nivel de agregación utilizado es, para la identificación de rutas, el distrito de tránsito (EOD07) y para la identificación de nodos de origen y destino, vecindarios circulares con 800 m de diámetro generados mediante SIG, a partir de las bases de datos citadas a nivel de Área Geoestadística Básica (AGEB) urbana.

Elección de modo

La metodología empleada consiste en identificar la probabilidad de que cada viaje registrado en la muestra de la EOD07 se lleve a cabo o no en bicicleta, en función de las características urbanas y socioeconómicas del origen y el destino, así como de cada una de las personas que realizan los viajes. Las probabilidades

[8] Como se especificó anteriormente, se excluyen los viajes de regreso a casa porque estos viajes representan el recíproco de los viajes por otros propósitos. Si estos viajes se tomaran en cuenta, los resultados del análisis de identificación de nodos merman.

se estiman mediante un modelo logístico binomial[9] que considera los viajes realizados observados y los clasifica por modo de transporte empleado de acuerdo con las variables seleccionadas para el análisis. Cada caso en la muestra se estima que se llevará a cabo en bicicleta si sobrepasa un umbral de probabilidad. Si no sobrepasa ese umbral se considera que se llevará a cabo en un modo alternativo cualquiera.

El análisis compara el número de viajes en bicicleta estimados mediante el modelo con los casos observados (reales) de viaje en ese modo de transporte. Mientras mayor es el número de casos predichos correctamente, mayor es la fiabilidad del modelo. Para el caso de este análisis, el modelo logístico permite además conocer, de manera multidimensional, el efecto de cada una de las variables seleccionadas sobre la probabilidad de elegir la bicicleta como modo de transporte. De esta forma es posible, además, sugerir estrategias de política pública para impulsar el uso de la bicicleta.

La fórmula general para el modelo logístico del uso de la bicicleta se expresa como sigue:

$$\hat{Y} = \frac{e^{u}}{1+ e^{u}}$$

donde:

Y = probabilidad de que una persona elija la bicicleta como modo de transporte para realizar un viaje.

e = el exponente natural ≈ 2.782, y

u = la ecuación de regresión lineal: $Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \ldots + B_nX_n$

El Cuadro 49 muestra las variables utilizadas en el análisis más robusto que se generó y que fueron seleccionadas con base en las conclusiones de la sección anterior. Las diferencias entre las variables seleccionadas y las mencionadas en el documento de diagnóstico varían de acuerdo con: *a) proxis* utilizados para acercar las variables disponibles con las óptimas; *b)* por la exclusión de variables sugeridas en el documento de diagnóstico, que ya en el nivel multidimensional del análisis y bajo el principio de parsimonia no aportaban ningún poder predictivo;

[9] Aunque este tipo de modelos son comunes en la literatura de transporte (Train, 1980; Williams, 1977; Warner, 1962) existen dudas razonables sobre la fiabilidad de la inferencia estadística mediante información secundaria que no realiza preguntas específicas y en las que se utiliza el comportamiento de un grupo de individuos para evaluar el de otros. Bajo esta premisa, el análisis de la *Encuesta de Movilidad Ciclista 2008*, presentado en el último capítulo de la sección anterior, brinda los referentes básicos para la aplicación de este modelo.

Cuadro 49. Variables empleadas en el modelo logístico de elección de bicicleta como modo de transporte.

Variables	Nivel de agregación	Fuente
Características personales		
Sexo	Persona/viaje	EOD07
Edad		EOD07
Ingreso personal		EOD07
Actividad		EOD07
Características del hogar		
Ingreso	Hogar/persona/viaje	EOD07
Número de adultos		EOD07
Número de trabajadores		EOD07
Número de automóviles particulares		EOD07
Número de bicicletas		EOD07
Características del viaje		
Propósito del recorrido	Viaje	EOD07
Distancia de traslado (raíz cuadrada)		Calculado con base en la EOD07 y cartografía del INEGI
Densidad de empleo en el origen	Radios de 800 m a partir del centroide del AGEB de origen y/o destino	INEGI, 1994
Densidad de empleo en el destino		INEGI, 1994
Densidad de población en el origen		INEGI, 2006
Densidad de población en el destino		INEGI, 2006
Razón empleos: población (origen)		Calculado con base en INEGI, 1994 y 2006
Razón empleos: población (destino)		Calculado con base en INEGI, 1994 y 2006
Pendiente en el origen (%)		Calculado con base en cartografía digital, Instituto de Geografía, UNAM
Pendiente en el destino (%)		Calculado con base en cartografía digital, Instituto de Geografía, UNAM
Diferencia de altura (origen-destino)		Calculado con base en cartografía digital, Instituto de Geografía, UNAM

c) por el reemplazo de variables sugeridas por otras variables que predecían de mejor manera el uso de la bicicleta, o *d)* por la adición de variables que no fueron identificadas en el diagnóstico, pero que mediante el manejo de las bases se descubría eran importantes predictoras.

Identificación y jerarquización de pares distritales

Dado que el modelo estima para cada viaje en la EOD07 la probabilidad de que se lleve a cabo en bicicleta o no, se partió del supuesto de que la probabilidad de elección de bicicleta agregada de una serie de viajes individuales en un origen permite estimar un número relativo de viajes que se originaran ahí y que se llevarán a cabo en bicicleta. De la misma forma, se realizó el supuesto de que la probabilidad agregada de una serie de viajes que tienen un destino específico permite estimar un número relativo de viajes que se llevarán a cabo en bicicleta a ese lugar. Es importante mencionar (se explicará con detalle posteriormente) que los números de viajes representados por esas cifras son relativos y que no deben tomarse como viajes potenciales, solo pueden compararse entre sí en razón de *mayor que* o *menor que*.

Red hipotética de ciclovías

Dado que la EOD07 permite conocer tanto el origen como el destino de los viajes, fue posible agregar las probabilidades de viajes entre todas las combinaciones de orígenes y destinos a nivel distrital en el D. F. Sin embargo, como este se encuentra dividido en más de 80 distritos de tránsito (de acuerdo con la EOD07), el número de combinaciones posibles de orígenes y destinos de viajes asciende a más de 6 400. El reto, entonces, consistió en simplificar las líneas de deseo entre los pares distritales para que las rutas pudieran ser representadas e interpretadas gráficamente. Así, se procedió a utilizar los centroides geométricos de los distritos de la EOD07 y a conectarlos mediante una *Red Hipotética de Ciclovías* (RHC).

La RHC se construyó mediante el método conocido como Triangulación de Delaunay. Este método une a un conjunto de puntos separados en el espacio por medio de líneas rectas. Cada punto se une a los puntos más cercanos a él minimizando la suma de las distancias euclidianas (rectas) del conjunto de líneas de entre todas las combinaciones probables y maximiza los ángulos mínimos. El procedimiento permite que ninguna serie de tres o más puntos caiga sobre la misma línea y que ninguna serie de cuatro puntos lo haga dentro del mismo círculo de un hiperplano, es decir, de la circunferencia de los triángulos generados. La triangulación está sujeta a la restricción de que ninguna de las líneas se cruce con otra, a menos que sea a través de uno de los puntos existentes.

El resultado del procedimiento anterior presenta ciertas ventajas, pues emula una red de transporte mediante la cual todos los nodos que la componen quedan conectados a través de otros, simplificando así las posibles combinaciones. Por ejemplo, la Figura 30 muestra ocho nodos conectados por líneas que representan las 64 combinaciones de pares origen-destino posibles. Aun siendo solo ocho nodos, seguir cada una de las líneas se vuelve complicado. La Figura 31, por su parte, muestra la triangulación de Delaunay correspondiente a la misma distribución de nodos, pero se disminuye el número de líneas conectoras a doce, sin dejar de conectar a todos los nodos entre sí y, como se mencionó, emulando a una red de transporte.

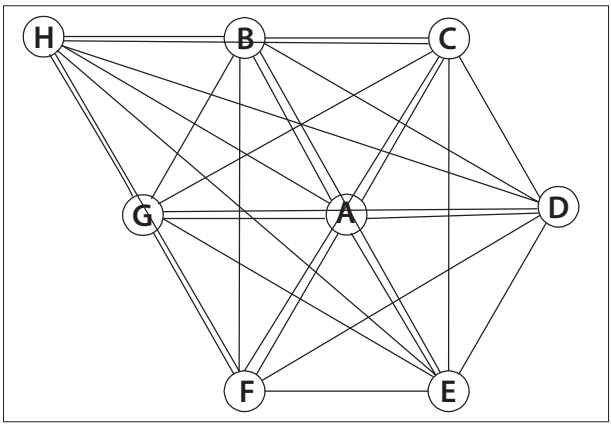


Figura 30. Líneas de deseo entre ocho puntos.

Fuente: elaboración propia.

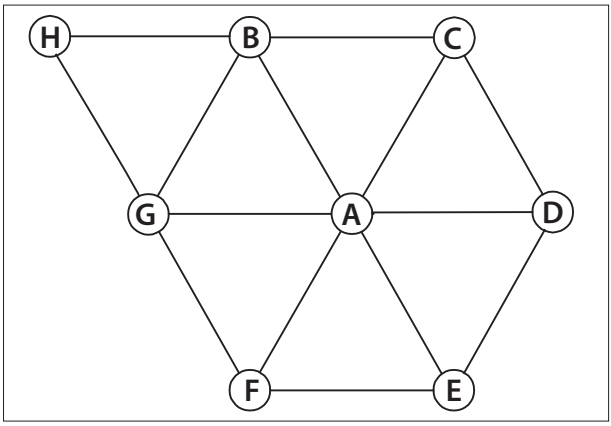


Figura 31. Triangulación de Delaunay entre ocho puntos.

Fuente: elaboración propia.

Selección de rutas más cortas

Una vez construida la RHC se procedió a encontrar las rutas de traslado más cortas entre pares distritales a lo largo de las líneas conectoras generadas mediante la RHC. Así, en la Figura 31 la ruta para llegar de H a F consistiría de la ruta HGF, que minimiza el traslado entre ambos nodos. De la misma manera, la ruta entre B y E sería la ruta BAE. Nótese que en el ejemplo hipotético de la Figura 31 para casos como el par HE, existen tres rutas alternativas que minimizan la distancia: HBAE, HGFE e incluso HGAE. Esta situación se da debido a las características geométricas de la distribución hexagonal simétrica de nodos, lo cual no sucede en el caso de la RHC para el D. F., pues la distribución de centroides de los distritos no está dispuesta de manera simétrica o constante.

Agregación de viajes entre pares distritales mediante rutas más cortas

Teniendo la RHC construida y conociendo las rutas más cortas entre pares distritales, se procedió a agregar las probabilidades obtenidas a partir del modelo logístico binomial a lo largo de las rutas entre los pares distritales. La Figura 32 y el Cuadro 50 muestran cómo se realizó conceptualmente esta operación.

Supóngase que la figura anterior representa cuatro nodos dentro de la ciudad (centroides de distritos) y que las líneas que las conectan son producto de la RHC. Manteniendo el diagrama simple, con tres tramos y cuatro nodos con fines explicativos. Supóngase también que el número probable de viajes agregados entre cada uno de los nodos, obtenidos a través del análisis logístico binomial, son los que se presentan en el Cuadro 50.

Para acercar el ejemplo hacia algo más real, se ha dispuesto a B como un centro económico atractor de viajes y a los nodos A, C y D como generadores. Se ha supuesto también que con el aumento de la distancia el número de viajes se reducirá. Es decir, se esperaría una mayor cantidad de viajes entre B y C que

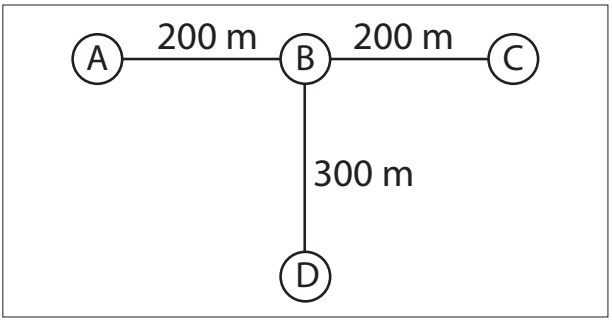


Figura 32. Distancias entre cuatro nodos mediante una red.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 50. Distancias entre cuatro nodos mediante una red y número de viajes entre nodos.

Origen	Destino	Ruta	Distancia en metros	Viajes
A	B	AB	200	200
A	C	ABC	400	50
A	D	ABD	500	25
B	A	BA	200	100
B	C	BC	200	100
B	D	BD	300	75
C	A	CBA	400	50
C	B	CB	200	200
C	D	CBD	500	25
D	A	DBA	500	25
D	B	DB	300	150
D	C	DBC	500	20

Fuente: elaboración propia.

entre A y C, pues la distancia entre B y C es de 200 m mientras que entre A y C la distancia es de 400 m. Igualmente, se esperaría una menor cantidad de viajes entre D y B que entre A y B.

El aumento de la distancia no significa, como se verá en los resultados, que no existan viajes entre distancias largas, simplemente son menos probables. Aun así, el modelo los toma en cuenta. El Cuadro 51 muestra el número total de viajes que ocurrirían en cada tramo una vez que se suman los tramos parciales de cada

Cuadro 51. Viajes totales agregados por tramo.

Pares distritales	Viajes totales por tramo	Fuente de cálculo de viajes
AB	450	200(AB)+100(BA)+50(AC)+50(CA)+25(AD)+25(DA)
BC	445	100(BC)+200(CB)+50(AC)+50(CA)+20(DC)+25(CD)
BD	320	75(BD)+150(DB)+25(DA)+25(AD)+20(DC)+25(CD)

Fuente: elaboración propia.

viaje. Es decir, por el tramo BC pasarán los viajes que van de C a B, y los de B a C, pero también los que corresponden a los pares DC, CD, AC y CA. Para un total, en este caso hipotético, de 445 viajes. Ésta es, en esencia, la propuesta conceptual que se hace en este documento y que consiste en unir destinos cercanos mediante tramos cortos que, a su vez, secuencialmente una a nodos más lejanos.

Jerarquización de rutas

Una vez que se agregan las probabilidades de viajes entre pares distritales, y se agregan los números de viajes a través de otros tramos por rutas más cortas, se procedió a jerarquizar la RHC por medio de una división por quintil. Es decir, se dividieron los tramos en cinco grupos de tramos ($T_{k=5}$) de $n_{t1}= n_{t2}= n_{t3}= n_{t4}= n_{t5}$, en el que el primer grupo de tramos T_1 corresponde a la quinta parte de los tramos con mayor probabilidad agregada de viajes, T_2 a la quinta parte de los tramos con la segunda mayor probabilidad agregada de viajes y así consecutivamente. La finalidad de esta jerarquización es la de proponer ya sea: *a)* un orden de construcción de la red de ciclovías; *b)* qué ciclovías considerar, por probabilidad de uso, como ciclovías primarias y secundarias e incluso, y *c)* sobre cuales considerar, en un principio, una inversión mayor en infraestructura, por tener una posibilidad de retorno mayor debido a un mayor uso probable. En el caso hipotético anterior, la ruta que tiene mayor probabilidad de éxito, en cuanto a número de viajes probables, sería la ruta AB, seguida de BC y finalmente de BD.

Otras consideraciones

Finalmente, dado que los centroides distritales no representan nodos reales, ya sean poblacionales o de actividad económica y, dado que la RHC se compone de líneas rectas que conectan centroides distritales, los resultados permiten conocer qué distritos unir; sin embargo, no permiten conocer qué partes de los distritos unir por medio de ciclovías.

En el diagnóstico de la primera sección de este trabajo se demostró que los centros de alta densidad de actividad económica son atractores de viajes, mientras que los centros de alta densidad poblacional son generadores. Así, para realizar la selección adecuada de calles para la construcción de ciclovías que tengan la mayor probabilidad de uso, se identificaron nodos de alta actividad económica y alta densidad poblacional para cada distrito. Los mapas resultado de dicho análisis se sobrepusieron a la RCH jerarquizada. Ello permitió identificar áreas de calles deseables para la construcción de ciclovías que tengan un área de servicio ya sea residencial o económica importante a su alrededor.

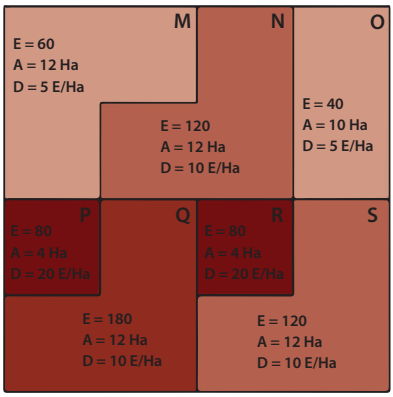
Es necesario hacer hincapié en el hecho de que aun cuando una serie de calles alrededor de un nodo poblacional o económico cumplan con los parámetros óptimos de este análisis, no significa que reúnan las características arquitectónicas, ingenieriles, e incluso políticas de viabilidad para su designación como calles aptas para la construcción de ciclovías. Sin embargo, el análisis sí da una idea muy clara de en qué lugares de la ciudad se debe buscar la posibilidad de construir infraestructura ciclista y con qué lugares conectarla.

Identificación de nodos poblacionales y de actividad económica

Para identificar las áreas de mayor actividad económica y de mayor densidad poblacional para cada distrito, se calcularon las densidades de población por Área Geoestadística Básica (AGEB) por hectárea en mapas vectoriales. Los mapas vectoriales se rasterizaron para generar celdas de una hectárea que indican el número de personas que habitan y el número de empleos existentes en cada hectárea del D. F., bajo un supuesto de distribución homogénea por AGEB. A partir de estos mapas se realizó una operación de vecindarios (*Neighborhood Analysis)* también conocida como *Moving Window Analysis.*

La operación suma el número asociado (empleos o población) a cada celda dentro de un radio especificado por el usuario. De esta forma es posible conocer la población y el número de empleos en el radio para cada hectárea de la ciudad. Para el caso de este análisis se optó por un radio de 800 m (diez minutos caminando) que representa ventanas de 16x16 celdas de una hectárea cada una. La Figura 33 caracteriza la operación de vecindarios con un caso hipotético de un distrito compuesto por siete AGEB (*M*, *N*, *O*, *P*, *Q*, *R* y *S*), cada uno con densidades de empleo distintas (Diagrama A). El Diagrama B muestra el número de empleos para cada hectárea bajo el supuesto de distribución homogénea. Finalmente, el Diagrama C muestra la operación de suma de valores de vecindarios. En este caso hipotético, por simpleza, el cálculo se hace para radios de 1.5 ha que representan ventanas o vecindarios de 3x3 ha.

Si se observa el Diagrama A, existen dos AGEB (*P* y *R*) ambas con la mayor densidad de empleos, contiguos al AGEB *Q* que muestra la segunda densidad de empleos más alta. El AGEB *R* también es contiguo a los AGEB *S* y *N* que tienen una densidad de diez empleos/ha. Por su parte el AGEB *P* es también contiguo al AGEB *M* que muestra el área más grande, con la menor densidad de empleos (5 E/ha). La pregunta entonces es, si dentro de este distrito tuviera que elegirse una calle por la cual construir una ciclovía: ¿deberá pasar cerca de *P* o cerca de *Q*?



A) Caracterización de siete AGEB con distintas densidades de empleo.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	5	5	5	5	10	10	5	5
2	5	5	5	5	10	10	5	5
3	5	5	10	10	10	10	5	5
4	5	5	10	10	10	10	5	5
5	20	20	15	15	20	20	10	10
6	20	20	15	15	20	20	10	10
7	15	15	15	15	10	10	10	10
8	15	15	15	15	10	10	10	10

B) Caracterización de la rasterización del número de empleos para cada hectárea.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	20	35	35	40	50	50	4	20
2	30	50	55	70	80	75	6	30
3	30	55	65	80	85	75	6	30
4	60	95	100	110	115	100	80	40
5	90	130	125	130	140	125	100	50
6	110	155	145	140	145	130	90	60
7	100	145	140	130	125	110	100	60
8	60	90	90	80	70	65	60	40

C) Caracterización de la suma de valores en vecindarios de tamaño 3x3 (radio de 15 ha).

Fuente: elaboración propia.

Figura 33. Caracterización de la identificación de nodos poblacionales y de actividad económica.

En otras palabras, qué lugar maximiza la accesibilidad a empleos del área. Mediante la operación de vecindarios es posible llegar a la solución.

El resultado en el Diagrama C muestra cómo de todas las posibles calles que pasen por esa área, aquella que pase por la celda B6 es la que maximizará la proximidad a la actividad económica. Al realizar la misma operación con la población se logran identificar los nodos de mayor generación de viajes, de manera que, si se conectaran ambos nodos (generadores y atractores) mediante una ciclovía, se maximizaría la accesibilidad de la población a los nodos primordiales de actividad económica utilizando la bicicleta como modo de transporte. Se hace hincapié en que la operación realizada para el D. F. contempla vecindarios con radios de 800 m, lo cual reduce el sesgo de la estimación.

Resultados

Modelo de elección de bicicleta como medio de transporte

Los resultados del modelo logístico binomial de elección de modo se presentan en el Cuadro 52. La *variable dependiente*, uso de bicicleta, se codificó como 1 –uno– cuando el modo es bicicleta y como 0 –cero– cuando es cualquier otro modo. Así, cuando un incremento en el valor de las *variables independientes* o predictivas aumenta la probabilidad de uso de la bicicleta, éstas muestran coeficientes beta positivos. En la mayoría de los casos, las *variables independientes* muestran direcciones intuitivas en sus coeficientes.

Además, se presenta la estadística Exp(B)[10] que se puede interpretar como una elasticidad o razón de probabilidad. Esta estadística se interpreta como el porcentaje de cambio en la probabilidad de la *dependiente* que genera el incremento de una unidad en la *variable independiente*. De esta forma puede compararse la importancia de cada una de las variables en el modelo.

En cuanto a la fiabilidad del modelo, todas las variables introducidas muestran una probabilidad de error estadístico de $a \leq 0.001$. El modelo en general predice correctamente el 80% de los casos observados, tanto de las personas que usan bicicleta como las que no y muestra una R^2 de Nagelkerke = 0.23, por lo que puede considerarse un modelo logístico robusto (Tabachinik y Fiddell, 2002).

Finalmente, el modelo genera, para cada caso, una probabilidad de uso estimada a partir de la ecuación presentada anteriormente ("Uso de la bicicleta en el primer plano del viaje (biciestacionamientos)"). Se considera que la persona en

[10] El exponente natural e elevado al valor del coeficiente beta de la VI.

Cuadro 52. Modelo logístico binomial. Probabilidad de uso de bicicleta por viaje, Ciudad de México 2007

	Coeficiente Beta	Error estándar	Wald	Grados de libertad	Exp(B)	
Características personales						
Sexo (0 = mujer, 1 = hombre)	2.161	0.016	18 029	1	8.68	***
Edad			2 845	5		***
6-14	-0.619	212.968	0	1	0.54	
15-18	1.274	0.047	705	1	3.58	***
19-25	1.67	0.039	2 027	1	5.31	***
26-45	1.318	0.038	1 483	1	3.74	***
46-65	0.976	0.038	961	1	2.65	***
66 y más (categoría latente)						
Ingreso personal	-0.327	0.011	802	1	0.72	***
Actividad			346	2		***
Trabaja	0.094	0.028	260	1	1.10	***
Estudia	-0.395	0.058	1	1	0.67	
Otros (categoría latente)						
Características del hogar						
Ingreso	-0.295	0.012	795	1	0.74	***
Número de adultos	-0.169	0.005	704	1	0.84	***
Número de trabajadores	0.151	0.008	380	1	1.16	***
Número de automóviles particulares	-0.328	0.006	2 076	1	0.72	***
Número de bicicletas	0.352	0.002	29 719	1	1.42	***
Características del viaje						
Propósito del recorrido			493	3		
Trabajo	0.305	0.014	290	1	1.36	***
Escuela	-0.819	0.014	130	1	0.44	***
Otros (categoría latente)						
Distancia de traslado (raíz cuadrada)	-0.021	0	13 962	1	0.98	***
Densidad de empleo en el origen	-0.003	0	1 321	1	1.00	***
Densidad de empleo en el destino	-0.008	0	1 159	1	0.99	***
Densidad de población en el origen	-0.001	0	71	1	1.00	***
Densidad de población en el destino	0.002	0	56	1	1.00	***
Razón empleos: población (origen)	-0.082	0.005	96	1	0.92	***
Razón empleos: población (destino)	-0.032	0.006	137	1	0.97	***
Pendiente en el origen (%)	-0.159	0.006	484	1	0.85	***
Pendiente en el destino (%)	-0.148	0.006	283	1	0.86	***
Diferencia de altura (origen-destino)	-0.018	0	169	1	0.98	***
Constante	0.561	0.073	0	1	1.019	

*** Significativo a 0.001 o mejor.

Casos clasificados correctamente 80.8% (global), 81% (uso de bicicleta).

R^2(Nagelkerke)= 0.23

Variable dependiente: Modo (uso de bicicleta =1, otros = 0).

Fuente: cálculos propios con información de EOD07, INEGI 2004 y 2006.

cuestión utilizará la bicicleta cuando su probabilidad excede 0.12 (valor de corte). Ese valor de corte es el que genera las estimaciones más robustas (80% de casos predichos correctamente), pero también es la razón por la cual en el momento de agregar las probabilidades entre orígenes y destinos no deben considerarse como viajes potenciales, sino simplemente como probabilidad agregada de uso entre un origen y un destino, mayor que o menor que, la probabilidad agregada de uso entre otros orígenes y destinos.

En cuanto a las *variables independientes* relacionadas con las características personales, los hombres tienen 8.6 veces mayor probabilidad que las mujeres de usar una bicicleta, en igualdad de circunstancias. El rango de edad con mayor probabilidad de uso es de los 19 a los 25 años, aunque los rangos entre 15 y 18 años, así como entre 26 y 45, también aumentan la probabilidad de uso de manera importante. Como es evidente por estadísticas mostradas en la primera sección, a medida que el ingreso aumenta la probabilidad de uso de la bicicleta disminuye, aunque las personas que trabajan muestran coeficientes de uso positivo en comparación con el resto de las actividades, incluyendo a estudiantes que muestran, al contrario, coeficientes negativos.

Las *variables independientes* relacionadas con las características del hogar muestran que en igualdad de circunstancias, los miembros de hogares de más alto ingreso tienden a no usar bicicleta. Como es evidente, a medida que el número de autos en el hogar aumenta, la probabilidad de uso de la bicicleta disminuye y mientras el número de bicicletas en el hogar aumenta, la probabilidad de su uso aumenta también. En cuanto a estas variables es interesante mencionar que al observar sus valores de la estadística Exp(B), un incremento de una bicicleta en el hogar aumenta la probabilidad de uso en 42% mientras que un aumento de un automóvil en el hogar disminuye la probabilidad de uso de la bicicleta en sólo 28%.

Finalmente, las variables de características de los viajes muestran coeficientes intuitivos. De acuerdo con éstas, a medida que la distancia del viaje aumenta, la probabilidad de uso de bicicleta disminuye. De la misma manera, mientras mayor es la pendiente entre el origen y el destino y mayor es la pendiente en los propios orígenes y destinos, la probabilidad de usar bicicleta también es menor.

Red hipotética de ciclovías para el Distrito Federal

La *Red Hipotética de Ciclovías* se presenta en la Figura 34. Como se mencionó anteriormente, conecta cada distrito con al menos otros dos. Dadas las características de la geometría de los centroides del D. F., el procedimiento generó líneas que

conectaban a algunos pares de distritos periféricos que en general se encontraban a distancias muy largas, además de que sus líneas pasaban por fuera del área del D. F. Estas líneas fueron eliminadas para mantener el supuesto de conexión de puntos lejanos por medio de interconexiones cortas. Así, la RHC cuenta con 226 tramos con una longitud euclidiana promedio de 3.8 km.

Agregación de viajes entre pares distritales

Entre los resultados del modelo logístico se encuentra una probabilidad de elección de bicicleta como modo de transporte para cada uno de los viajes de la muestra EOD07. Como se conocen los distritos de origen y destino de cada viaje, se procedió a sumar el número de viajes entre todos los pares distritales del D. F. En el anexo estadístico se presentan dos matrices de los resultados de esta operación. La primera (Cuadro 4.A en el anexo) presenta la agregación del valor de probabilidad, la segunda (Cuadro 4.B en el anexo), la agregación del número de casos con valor de probabilidad mayor a 0.12, que serían los casos que el modelo predice usarían bicicleta como modo de transporte.

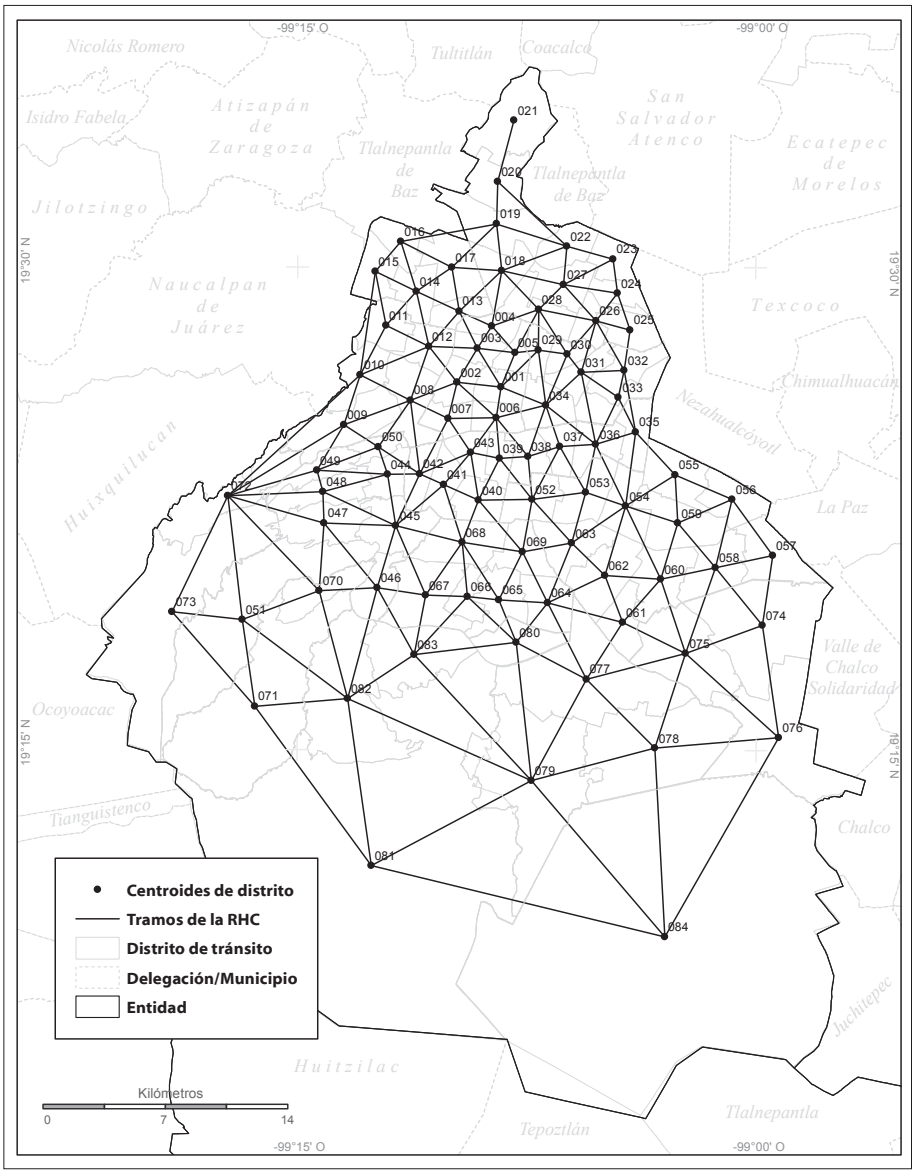
El Cuadro 53 muestra los 25 pares distritales con mayor probabilidad agregada. Es importante mencionar que las matrices de viaje (Cuadros 4.A y 4.B) muestran los viajes entre todos los distritos que pueden ser considerados como orígenes o como destinos, por su parte el cuadro también presenta los pares distritales con mayores flujos bidireccionales, es decir, con las probabilidades y viajes sumados de A a B y de B a A.

Cerca de la mitad de los principales pares distritales se presentan en el oriente de la ciudad, concretamente en Iztapalapa e Iztacalco. Se reconoce también una serie de pares distritales que muestran una importante probabilidad agregada de viajes, mientras que el centro y centro-sur reportan algunos distritos con probabilidad significativa. Como es de esperarse, el poniente de la ciudad no presenta actividad probable de bicicleta.

Debe hacerse hincapié, nuevamente, en la cercanía de los distritos que se presentan entre los pares distritales con mayor probabilidad de uso de bicicleta. Todos ellos son distritos contiguos, lo que sugiere de manera empírica que la forma más efectiva de trazar rutas largas de ciclovías es mediante la unión de tramos cortos.

Agregación de viajes de pares distritales en tramos (rutas más cortas)

Como se refirió en el apartado metodológico ("Identificación y jerarquización de pares distritales") es necesario realizar una simplificación de las líneas de deseo



Fuente: elaboración propia.

Figura 34. Red hipotética de ciclovías.

Cuadro 53. Pares distritales con la mayor probabilidad agregada de viajes en bicicleta

Par distrital		Probabilidad agregada	Viajes con P> 0.12[a]	Rango Prob. Agreg.	Rango P>0.12
61	62	444.69	5 254	1	1
35	36	262.35	3 006	3	7
27	28	236.61	3 262	5	5
65	66	236.15	2 783	7	10
77	78	234.47	3 160	9	6
40	43	233.31	1 730	11	32
54	59	212.51	2 548	13	13
59	60	210.0	2 981	15	8
3	4	205.31	2 502	17	14
22	27	203.81	2 743	19	11
41	43	202.14	1 949	21	27
58	59	200.13	4 018	23	2
52	63	199.29	1 555	25	39
14	16	189.08	3 287	27	4
64	69	178.06	2 302	29	17
67	68	166.6	3 411	31	3
53	63	163.58	2 006	33	24
61	75	162.18	2 428	35	16
62	75	160.49	2 824	37	9
29	30	153.86	1 195	39	67
30	31	148.27	1 364	41	55
14	15	147.24	2 470	43	15
18	27	143.06	1 557	45	38
23	27	139.01	2 138	47	18
35	55	135.72	1 651	49	35

[a] Número de viajes clasificados como viajes en bicicleta con valor de corte mayor a 0.12 de acuerdo con el modelo logístico.

Fuente: elaboración propia.

mediante la RHC pues, de otra forma, se contaría con mapas de cerca de 7 mil líneas que serían completamente ilegibles. Obsérvense por ejemplo, los distritos 061, 062 y 075 en el Cuadro 53. Bajo el supuesto de que se fuera a construir una ciclovía en esa área (uniendo centroides distritales), es claro que solo sería necesario construir los tramos que conectan al distrito 075 con el 061 y a este último con el 062 de manera que quedaría conectado, también, el par 075, 062.

Ahora bien, si de acuerdo con el Cuadro 53 la probabilidad agregada de viajes entre el par 075, 061 es de 163 y la del par 061, 062 es de 444, si solo se contempla la construcción de estos dos tramos, pero sabiendo que conectan también al par 075, 062, la importancia relativa de los tramos mencionados se elevaría en

160, que es la probabilidad del último par (075, 062). Así, el tramo 075, 062 contaría con una probabilidad agregada de 604 y el tramo 061, 062 con una probabilidad agregada de 323. El Cuadro 4.C (en el anexo) muestra la probabilidad agregada de viajes mediante las rutas más cortas entre los tramos que conectan centroides distritales. Los resultados cartográficos se presentan en el siguiente apartado.

Jerarquización de rutas

Las probabilidades agregadas de viajes en bicicleta, sumadas en tramos conectores entre distritos que se muestran en el apéndice metodológico fueron jerarquizadas por quintiles. Los resultados se presentan en la Figura 35. Como se esperaba, los tramos con mayor probabilidad de uso se encuentran al oriente de la ciudad y disminuyen hacia el norte y el centro, desapareciendo casi por completo en el poniente de la ciudad (a causa del relieve) y hacia el sur (por la baja densidad de población).

Destacan tres rutas de oriente a centro en el norte, centro y sur de Iztapalapa y una ruta norte-sur por el centro de la ciudad que se conecta con la sur de Iztapalapa. En segundo lugar destaca una ruta norte-sur por el centro de la ciudad que conecta el norte de la delegación Cuauhtémoc con Coyoacán. El resto de los tramos en la clasificación pueden considerarse conectores.

Identificación de nodos económicos y población para la elección de calles

Finalmente debe considerarse que las rutas mostradas anteriormente indican flujos probables entre centroides distritales. Debido a esto, la selección de calles debe contemplar nodos, dentro de los diferentes distritos, con altas densidades de población y de empleos para ser conectados por ciclovías. La suma de la densidad de empleo y población (Mapas 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4) muestran los resultados de las operaciones de vecindarios con la distancia de 800 m para la identificación de nodos urbanos. Por su parte, los mapas predichos muestran la identificación visual de los nodos más importantes de empleo y población para cada distrito (Mapa 4.4).

Por la simplificación de RHC sobresalen tres rutas principales del oriente y sur hacia el centro de la ciudad; una ruta principal central y una ruta secundaria de norte a sur de la ciudad. Estas rutas se extienden a lo largo de las delegaciones Iztacalco, Iztapalapa, Tláhuac y Coyoacán, Benito Juárez y Cuauhtémoc.

En el sentido de las manecillas del reloj, se enumera la RHC desde la parte oriente de la ciudad como: 1. Iztapalapa-Cuauhtémoc a lo largo de lo que

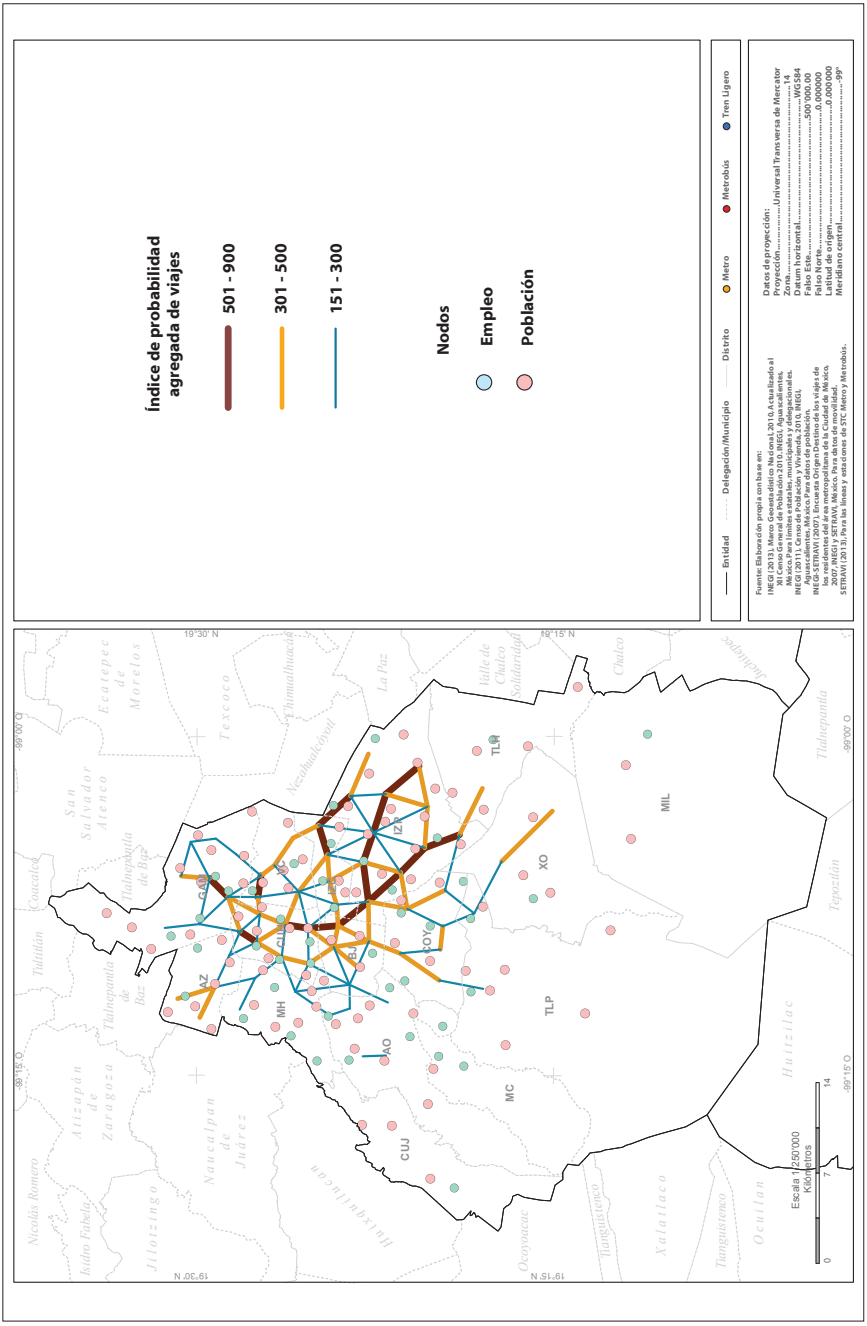


Figura 35. Distrito Federal: probabilidad de uso de bicicleta según modelo logístico.

probablemente sea el Eje 4 sur; 2. Zona de Lomas de Santa Cruz del oriente de la delegación Iztapalapa-Cuauhtémoc, a lo largo de lo que probablemente sea el Eje 7 sur y que puede prolongarse hasta el Metro Mixoac; 3. Zona Zapotitlán de la parte poniente de la delegación Tláhuac-Benito Juárez; 4. Una ruta de segundo orden en dirección norte-sur desde el centro de la ciudad hasta el sur de Benito Juárez a lo largo, quizá, de la Av. Dr. Vértiz o Eje Central y que a la vez se une con la ruta 5 de segundo orden, también norte-sur que conecta Cuauhtémoc con Coyoacán a la altura de Ciudad Universitaria y que quizá corresponde a las avenidas Nuevo León, División del Norte y Av. Universidad.

Se apuntaría que estos tramos de ciclovías corresponden a una red inicial que converge en el centro de la delegación Benito Juárez. También es necesario apuntar que las calles que aquí se mencionan solo tienen como finalidad ser un referente geográfico y que de ninguna manera suponen recomendaciones de elección de calles, ya que dicha selección se debe realizar con criterios arquitectónicos, topográficos e ingenieriles que corresponden estudiar y elegir a otros equipos de trabajo de la estrategia de movilidad ciclista (Figura 35).

Capítulo 5. Biciestacionamientos

En este apartado se recuperan los criterios establecidos en la sección anterior para identificar y jerarquizar los CETRAM en donde instalar biciestacionamientos.

Definiciones

Un biciestacionamiento se concibe como el lugar al que una persona puede arribar con una bicicleta propia, dejarla estacionada bajo resguardo para posteriormente acceder, caminado una corta distancia, a otro medio de transporte. El análisis que se presenta en esta sección queda acotado a identificar y jerarquizar aquellas estaciones del STC Metro, que en función de un perfil específico de movilidad de usuarios, cuentan con la mayor probabilidad para instalar un biciestacionamiento. Es necesario dejar en claro que aunque aquí se presenta y aplica una metodología para examinar estaciones del Metro, es posible aplicarla a cualquier otro modo de transporte de la ciudad (MB, del STE Trolebús y tren ligero, e incluso de la RTP).

Metodología

Bases de datos

La primera parte de esta metodología consistió en seleccionar la fuente de datos que se tomaría como base para realizar la evaluación de biciestacionamientos, que en este caso fue la *Encuesta Origen Destino 2007* (EOD07). De la base de dicha encuesta se identificaron y seleccionaron a aquellos usuarios que declararon usar el Metro como *primer* o *segundo* modo de transporte. Esta selección permitió identificar a aquellas personas que después de salir de su domicilio, para llegar a una estación del Metro: *a)* cubren un trayecto caminando y *b)* utilizan algún modo de transporte previo (colectivo o taxi).

El supuesto que subyace en esta selección es que a medida que aumenta la distancia que las personas recorren caminando para llegar al Metro, la probabilidad

de utilizar la bicicleta como medio de transporte es mayor, pero a medida que la distancia que recorren las personas para llegar al Metro en otro modo de transporte aumenta, la probabilidad de utilizar bicicleta es menor.

De ese conjunto de personas que usan el Metro como primer modo de transporte solo se contabilizaron a aquellas que declararon en la EOD07, caminar más de diez minutos para llegar a la estación. El criterio de diez minutos se tomó suponiendo velocidades de recorrido de 5 km/hr caminando.

Para el caso de las personas que utilizan el Metro como segundo modo de transporte, solo se contabilizaron a aquellos usuarios cuya distancia de separación entre la vivienda y la estación de ascenso fuera de hasta 3.5 km, equivalente a quince minutos de viaje en bicicleta,[11] si se considera una velocidad de 15 km/hr. Es decir, solo fueron consideradas aquellas personas que estuvieran en un rango de desplazamiento probable, de acuerdo con los datos obtenidos en la sección de diagnóstico y que podría llevar a la sustitución del primer viaje en colectivo o taxi por un viaje en bicicleta.

Criterios para la selección-ubicación de biciestacionamientos

Para contabilizar el número de personas con las anteriores características en tiempos de viaje específicos a estaciones del Metro, se utilizaron isócronas calculadas mediante SIG. Una isócrona mide tiempos iguales de viaje a partir de un punto (la estación del Metro). A diferencia de un diámetro, que define un área homogénea, la isócrona delimita un área irregular (área de cobertura), por tomar en consideración la traza urbana y una determinada velocidad de viaje por medio de una red vial. Para el cálculo de isócronas se tomaron como puntos centrales las estaciones del Metro, el trazo de las calles (que permiten calcular la distancia real), así como velocidades promedio de viaje en bicicleta (15 km/hr) y caminando (5 km/hr).

Finalmente, se procedió a agregar, para cada estación, el número de personas que cumplían con cada uno de los criterios establecidos, en función de la manzana de residencia, para posteriormente proceder a jerarquizar las estaciones. De forma adicional se realizaron análisis que ayudaron a corroborar los resultados obtenidos por medio de cartografía y la correlación de la disponibilidad de bici-

[11] Se consideró utilizar distancias de 3.5 km por ser una cifra redonda, pero dentro del intervalo de confianza de la distancia promedio recorrida en bicicleta en tiempos de recorrido de quince minutos.

cletas en isócronas de diez y quince minutos de viaje en bicicleta, en relación con las estaciones con mayor número de usuarios *potenciales*.

Es importante hacer notar que las sumas que se presentan son agregados de resultados brutos y que no pueden ser interpretados de manera directa como viajes "potenciales" o "latentes". Simplemente indican, de manera jerárquica, qué estaciones del Metro tienen un mayor número de usuarios que cumplen con los criterios definidos.

Resultados y análisis

Identificación y jerarquización del programa de bicicletas públicas

Los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología se presentan en la Figura 36 y el Mapa 5.1 (anexo digital). Destaca que son las delegaciones centrales del D. F. las que registran, de manera agregada, el mayor número de usuarios que, para utilizar el Metro como primer modo de transporte, caminan diez o más minutos.

Este registro de usuarios tiene una alta correlación con el número de estaciones del Metro en las delegaciones, es decir, hay una relación proporcional entre la disponibilidad de estaciones del Metro y el número de usuarios que arriban a ellas caminando. Si se observa el Cuadro 5.A (anexo digital), destaca que 53% de este tipo de usuarios se aglomera en solo tres delegaciones: Cuauhtémoc (29.2%), Benito Juárez (12.6%) y Venustiano Carranza (11.8%), que a su vez concentran 51% de las estaciones de la red del Metro.

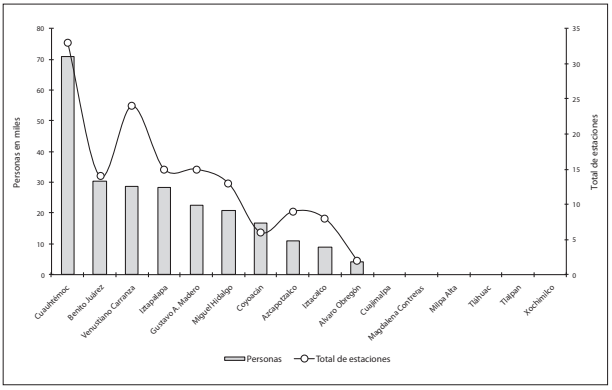


Figura 36. Personas por delegación que utilizaron el Metro como primer modo de transporte y se localizan a diez o más minutos caminando de la estación y total de estaciones del Metro.*

* Las estaciones del Metro donde hay uno o más transbordos de línea se tomaron como una sola.

Fuente: elaboración propia con base en la EOD07.

Por su parte, las delegaciones Iztapalapa, Gustavo A. Madero, Miguel Hidalgo, Coyoacán, Azcapotzalco e Iztacalco concentran, en promedio, 6% de los usuarios que arriban al Metro caminando y 7% de las estaciones. En las delegaciones del sur del D. F., Álvaro Obregón, Milpa Alta, Magdalena Contreras, Cuajimalpa, Xochimilco y Tláhuac, la población está condicionada a utilizar como primer modo de transporte colectivo, taxi o automóvil particular (y en distancias largas), porque no cuentan con infraestructura del STC Metro.

Este primer resultado permite identificar la distribución territorial de los viajes que podrían reemplazar un viaje caminando por un viaje en bicicleta, en función de la cercanía geográfica de los usuarios respecto a la ubicación del biciestacionamiento. Para mayor precisión en el Cuadro 54 se enlistan las estaciones con el mayor registro de arribo de usuarios caminando.

La Figura 37 y el Mapa 5.3 (anexo digital) muestran el número de personas que utilizan el Metro como segundo modo de transporte y que se encuentran a una distancia de hasta 3.5 km de separación entre la vivienda y la estación, que equivale a un viaje de quince minutos o menos en bicicleta. El mayor número de personas con esta característica se registra en las delegaciones del primer y segun-

Cuadro 54. Estaciones del Metro con la mayor afluencia de usuarios que lo utilizan como primer modo de transporte y se localizan a diez o más minutos caminando de la estación.

Número de línea	Nombre de la estación	Total de usuarios que caminan más de diez minutos
A	Los Reyes	8 437
2	Zócalo	7 176
3	Universidad	6 878
8	Constitución de 1917	5 596
2	Tacuba	4 860
1	Insurgentes	4 742
3	Centro Médico	4 550
4	Martín Carrera	4 381
2	Portales	4 044
1	Balderas	3 769
1	Pantitlán	3 720
B	Plaza Aragón	3 703
3	Copilco	3 669
3	Indios Verdes	3 608
8	UAM-I	3 601
	Total	72 734

Fuente: elaboración propia con base en la EOD07.

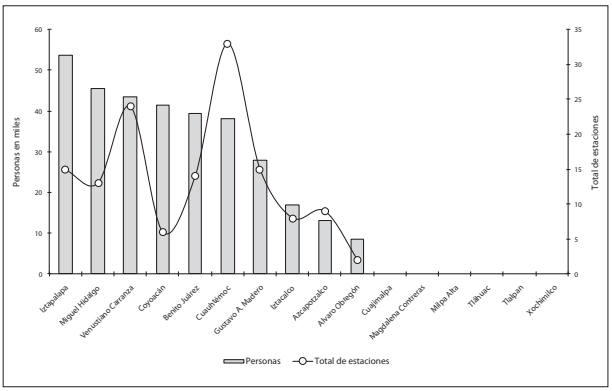


Figura 37. Personas por delegación que utilizaron el Metro como segundo modo de transporte y se encuentran a quince minutos o menos en bicicleta de la estación y total de estaciones del Metro.*

* Las estaciones donde hay uno o más transbordos de línea, se toman como una sola.

Fuente: elaboración propia con base en la EOD07.

do contorno. Los casos que más llaman la atención son los de las delegaciones Iztapalapa y Miguel Hidalgo, que concentran poco más del 30% de este tipo de usuarios (Cuadro 5.B, anexo digital), pero que solo cuentan con 20% de las estaciones del Metro. Se reconoce así que las delegaciones con el mayor número de usuarios del Metro (particularmente Iztapalapa) son las que cuentan con un número reducido de estaciones.

El Cuadro 55 enlista las estaciones que registraron el mayor número de usuarios que utilizan el Metro como segundo modo de transporte y que se localizan a quince minutos o menos de viaje en bicicleta para llegar a la estación. Sobresale que son principalmente estaciones en el oriente del D. F. las que predominan en esta lista. Los casos que más llaman la atención son la estación Constitución de 1917 en Iztapalapa y en Tlalpan por aglomerar casi 20 y 15%, de este tipo de usuarios, respectivamente. Destaca que el resto de las estaciones en esta lista son, por lo general, estaciones periféricas.

Disponibilidad de bicicletas por estación

Además de contabilizar el volumen de usuarios que utilizan el Metro como primer y segundo modo de transporte, lo que aporta evidencia empírica para identificar aquellas estaciones que se perfilan con la mayor viabilidad para el establecimiento de biciestacionamientos, otra variable que contribuirá a confirmar esa selección, es precisamente la disponibilidad de bicicletas alrededor de las estaciones.

El procedimiento metodológico consistió en realizar un análisis correlacional a escala delegacional, entre el número de usuarios que cumplían con los criterios establecidos contra el número de bicicletas, dentro de la isócrona respectiva por cada estación del Metro. La distribución de bicicletas se identificó con base

Cuadro 55. Estaciones del Metro con la mayor afluencia de usuarios que lo utilizan como segundo modo de transporte y se localizan a quince minutos o menos en bicicleta de la estación.

Número de línea	Nombre de la estación	Total de usuarios a quince minutos de viaje en bicicleta
8	Constitución de 1917	28 646
2	Tasqueña	21 719
1	Tacubaya	9 957
9	Patriotismo	9 637
2	Tacuba	9 633
3	Universidad	9 025
8	Coyuya	7 938
1	Zaragoza	7 733
2	Normal	7 667
1	Observatorio	7 170
3	Zapata	6 279
1	Pantitlán	6 244
4	Martín Carrera	6 223
3	Copilco	5 681
2	Xola	5 660
	Total	149 212

Fuente: elaboración propia con base en la EOD07.

en isócronas de viaje de diez y quince minutos. En la Figura 38, el Mapa 5.4 (anexo digital) y el Cuadro 5.C (anexo digital) se muestran los resultados obtenidos.

El mayor porcentaje de bicicletas (30%), tanto en la isócrona de diez como de quince minutos de viaje en bicicleta, se registra en la delegación Iztapalapa, que como ya se mencionó cuenta con la mayor demanda de usuarios de transpor-

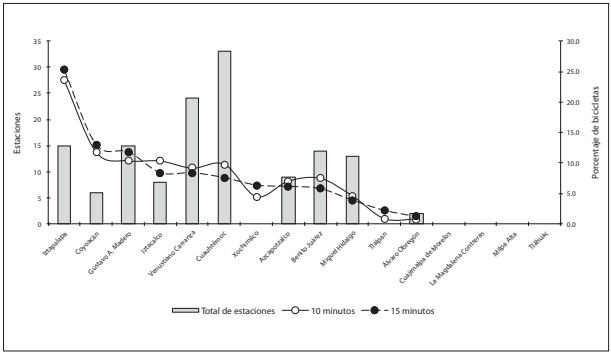


Figura 38. Porcentaje de bicicletas por delegación en iscronas de diez y quince minutos de viaje en bicicleta y total de estaciones del Metro.*

* Las estaciones donde hay uno o más transbordos de línea, se toman como una sola.

Fuente: elaboración propia con base en la EOD07.

te Metro en todo el D. F. En cambio, los porcentajes más bajos de disponibilidad de bicicletas están en las delegaciones centrales. Las delegaciones del sur del D. F. reportaron un registro nulo de bicicletas, por no contar con estaciones del Metro (que es la variable condicionante para este ejercicio de correlación, no porque no existan bicicletas en esas delegaciones).

En el Cuadro 56 se muestra una lista con las estaciones del Metro que registraron el mayor número de bicicletas en las isócronas de diez y quince minutos, respectivamente. Sobresale que las estaciones que obtuvieron el conteo más alto pertenecen a las líneas 8 y A, que recorren el territorio de la delegación Iztapalapa. Destaca de manera particular la estación Constitución de 1917, que registró la mayor presencia de bicicletas tanto en la isócrona de diez como de quince minutos.

Cuadro 56. Estaciones del Metro con el mayor número de bicicletas en isócronas de diez y quince minutos.

Número de línea	Nombre de la estación	Total de bicicletas diez minutos	Número de línea	Nombre de la estación	Total de bicicletas quince minutos
8	Constitución de 1917	10 124	9	Constitución de 1917	17 197
A	Peñón Viejo	9 866	3	Peñón Viejo	14 701
8	Apatlaco	8 153	6	Villa de Aragón	11 046
A	Acatitla	7 874	8	Acatitla	9 330
B	Villa de Aragón	7 488	8	Tasqueña	8 942
9	Puebla	6 644	7	Embarcadero	8 936
8	Iztacalco	6 615	T	Apatlaco	8 153
T	Embarcadero	6 582	A	Puebla	7 372
8	Escuadrón 201	6 155	7	Iztacalco	6 615
6	Azcapotzalco	5 567	9	Martín Carrera	6 256
3	Tlatelolco	5 441	2	La Noria	6 247
A	Guelatao	5 089	B	Escuadrón 201	6 218
2	Portales	4 928	5	Talismán	6 196
T	Las Torres	4 150	3	Atlalilco	5 964
A	Canal de San Juan	4 142	6	Azcapotzalco	5 567
	Total	98 818		Total	128 740

Fuente: elaboración propia con base en la EOD07.

En conclusión, la delegación Iztapalapa y en particular las estaciones del Metro que en ella se ubican, tienen la mayor viabilidad para comenzar con la implementación de un programa de biciestacionamientos en los CETRAM.

El Mapa 5.5 (anexo digital) y el Cuadro 57 respaldan esta última afirmación, al mostrar por estación el número de personas que cumplen con los criterios establecidos. La estación Constitución de 1917 de la línea 8 del Metro concentra casi 18% de este tipo de usuarios. Debe notarse que es esta misma estación la que dispone del mayor número de bicicletas en las isócronas de diez y quince minutos. El resto de las estaciones que forman parte de este listado son (con algunas excepciones), terminales de línea.

En síntesis, si se recuperan y relacionan algunos de los elementos descritos en el trabajo de diagnóstico de la primera sección, se tiene que son las delegaciones del oriente y sur-oriente del D. F. las que reportan las más altas densidades de población, el mayor número de jóvenes y jóvenes adultos (población con una mayor probabilidad de usar bicicleta como medio de transporte), y el mayor porcentaje de población en el D. F. que reporta los más bajos ingresos salariales (características socioeconómicas de la población que actualmente usa la bicicleta para transportarse en el D. F.).

Cuadro 57. Total de bicicletas alrededor de estaciones del Metro con el mayor número de viajes de al menos diez minutos caminando o de menos de quince minutos en bicicleta.

Número de línea	Nombre de la estación	Total de bicicletas
8	Constitución de 1917	34 242
2	Tasqueña	23 909
3	Universidad	15 903
2	Tacuba	14 493
1	Tacubaya	11 760
4	Martín Carrera	10 604
1	Pantitlán	9 964
9	Patriotismo	9 943
3	Zapata	9 647
3	Copilco	9 350
1	Observatorio	9 280
8	Coyuya	8 981
2	Normal	8 958
8	UAM-I	8 808
1	Zaragoza	8 806
	Total	194 648

Fuente: elaboración propia con base en la EOD07.

Otro elemento que apoya esta conclusión es la obtención de la correlación entre el total de personas que utilizan el Metro como segundo modo de transporte y que se encuentran a quince minutos o menos de viaje en bicicleta de la estación, contra el total de bicicletas en la isócrona de quince minutos de viaje a estaciones de Metro (Figura 39). La correlación muestra que hay una moderada asociación entre ambas variables. Ello sugiere que la demanda latente de usuarios de bicicleta que pudieran reemplazar el viaje al Metro es mayor mientras mayor sea también la cantidad de usuarios que lo utilizan como segundo modo de transporte.

Habría que aclarar que esta correlación se debe al hecho de que los hogares de bajos ingresos (que tienen mayor probabilidad de tener bicicletas en su hogar), comúnmente se localizan en distancias más lejanas al centro de la ciudad y por consiguiente de las estaciones del Metro. Ello a la vez sugiere que los usuarios tendrán que utilizar un primer modo de transporte para acceder al Metro y que ese primer modo puede ser reemplazado por un viaje en bicicleta.

Por otra parte, tomando en cuenta que actualmente los viajes en bicicleta representan el 1% de los viajes totales que se realizan en el D. F. (lo que asciende a poco más de 50 mil viajes si no se considera el viaje de regreso a casa), la política pública prevé que los viajes en bicicleta se incrementen para que representen

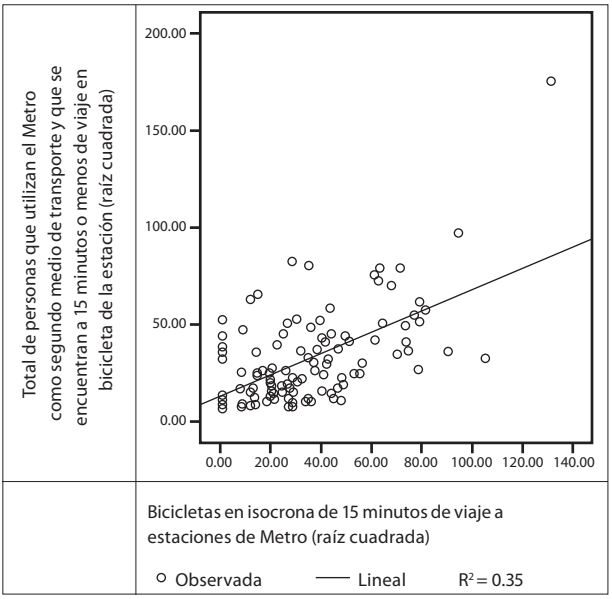


Figura 39. Correlación entre el total de personas que se encuentran a quince minutos o menos de viaje en bicicleta para llegar a la estación contra el total de bicicletas por estación.

Fuente: elaboración propia con base en datos de la EOD07.

5% de los viajes totales. Dado este porcentaje, se puede suponer que los viajes en bicicleta aumentaran a 500 mil, lo cual representa a aproximadamente 250 mil personas de los cuales 200 mil serían nuevos usuarios de bicicleta.

Asimismo, si 20% de los viajes que se realizan en el D. F. usan el Metro, se puede suponer que la política de movilidad ciclista debe de tener en cuenta la creación de cerca de 40 mil lugares de estacionamiento para bicicletas en todo el STC Metro. Con base en esta cifra, si se prorratea el número de biciestacionamientos por la proporción de usuarios probables por estación, el resultado se convierte en el número de lugares para bicicletas que deben contemplarse en cada estación para cumplir con las metas del programa. El Cuadro 5.E (en el anexo digital) presenta la demanda de lugares para bicicletas utilizando este criterio y el coeficiente por el que se multiplica la cifra de lugares totales para bicicletas.

En síntesis, los elementos hasta aquí analizados sustentan la conclusión de que en las estaciones periféricas de la red del Metro que concentran altos volúmenes de usuarios son los lugares más apropiados para comenzar a implementar un programa de biciestacionamientos.

Capítulo 6. Programa de bicicletas públicas

Con base en un procedimiento similar al utilizado para definir los lugares más adecuados para localizar biciestacionamientos, en este apartado se recuperan los criterios establecidos en secciones previas para identificar y jerarquizar los CETRAM en donde poner en marcha un programa de bicicletas públicas.

Definiciones

Para la estrategia de movilidad ciclista el programa de bicicletas públicas consiste en la ubicación de cicloestaciones en las que cualquier usuario pueda llegar para solicitar en préstamo una bicicleta y con ésta realizar un viaje (corto), para trasladarse a su destino final, cerca del cual debe haber otra cicloestación donde devolver la bicicleta prestada. El análisis que aquí se presenta concluye que aquellas estaciones del Metro que cuenten con un esquema de cicloestaciones homogéneamente distribuidas en distancias de entre 250 y 350 m, beneficiarían a la mayor cantidad de usuarios del Metro interesados en el programa.

Metodología

Bases de datos

El procedimiento para identificar los lugares óptimos para instaurar el programa de bicicletas públicas fue similar a la metodología seguida para determinar los sitios en donde ubicar biciestacionamientos. Con base en la EOD07 se seleccionaron a todos aquellos encuestados que declararon usar el Metro como último y penúltimo modo de transporte para llegar a su destino final. Esto significó identificar a todos aquellos usuarios que desde la estación del Metro de descenso, para llegar a su destino final, caminaron o utilizaron algún otro modo de transporte (colectivo por ejemplo), y por tanto son viajes que podrían ser sustituidos en bicicleta.

Contrario al caso de los biciestacionamientos, el supuesto que subyace en esta selección es que a medida que disminuye la distancia que las personas tienen que caminar para llegar a su destino final, a partir de la estación del Metro en la que descendieron, la probabilidad de utilizar la bicicleta como medio de transporte se incrementa; pero a medida que aumenta la distancia que recorren las personas para llegar a su destino final, la probabilidad de utilizar bicicleta disminuye.

De igual forma, a ese conjunto de personas que utilizaron el Metro como último modo de transporte se sumaron aquéllas que declararon en la encuesta utilizar el Metro como penúltimo modo de transporte antes de llegar a su destino final, es decir, se contabilizaron aquellos usuarios cuya distancia de separación entre la estación y su destino final fuera de hasta 3.5 km, equivalente a quince minutos de viaje en bicicleta,[12] si se establece una velocidad de 15 km/hr. Se considera que este conjunto de personas se ubica en un rango de desplazamiento probable, de acuerdo con los datos obtenidos en la sección de diagnóstico, y que podría llevar a la sustitución del último y penúltimo modo de transporte por un viaje en bicicleta.

Criterios para la selección-ubicación de biciestacionamientos

Para determinar el segmento de usuarios que utilizan el Metro como último modo de transporte se seleccionaron de la encuesta a aquellas personas que declararon caminar más de diez minutos desde la estación del Metro en la que descendieron para llegar a su destino.

También fue seleccionado el grupo de personas que utilizaron el Metro como penúltimo modo de transporte. Para esta selección se asumió como criterio una distancia de separación, desde la estación de descenso hasta el destino final, de 3.5 km equivalente a quince minutos de viaje en bicicleta.

El procedimiento técnico de conteo mediante isócronas y agregación para cada estación del Metro es equivalente al descrito en la sección metodológica del capítulo de biciestacionamientos; sin embargo, por las características de la EOD07, las distancias se calcularon a partir de centroides de Área Geoestadística Básica (AGEB).

---

[12] Se consideró utilizar distancias de 3.5 km por ser una cifra redonda pero dentro del intervalo de confianza de la distancia promedio recorrida en bicicleta en tiempos de recorrido de quince minutos.

Resultados y análisis

Identificación y jerarquización del programa de bicicletas públicas

Los resultados obtenidos de la aplicación de esta metodología para cada estación del Metro se presentan en la Figura 40 y Mapa 6.1 (anexo digital). Destaca que son las delegaciones centrales del D. F., y en particular la Cuauhtémoc, donde se registra el mayor número de usuarios que utilizan el Metro como último modo de transporte y caminan diez o más minutos para llegar a su destino final.

Este registro de usuarios guarda estrecha relación con dos elementos principales: *a)* las delegaciones centrales del D. F. concentran el mayor número de empleos y *b)* también concentran la mayor oferta de transporte del Sistema de Transporte Colectivo Metro en particular y de todos los modos en general, como se describió al inicio del libro. Es decir, existe una relación proporcional entre la concentración de empleos, la disponibilidad de transporte y estaciones del Metro y el número de usuarios que se desplazan hacia estas delegaciones para llegar a su destino final.

Para corroborar esta relación, si se observa el Cuadro 7.A (anexo digital), destaca que casi 47% de este tipo de usuarios se aglomera en la delegación Cuauhtémoc. Si además se suma el porcentaje de Benito Juárez y de Venustiano Carranza, el total aumenta a casi 68%. Esto se debe a que de manera conjunta estas tres delegaciones concentran cerca de la tercera parte de los empleos formales del D. F.[13] y 51% de las estaciones de la red del Metro.

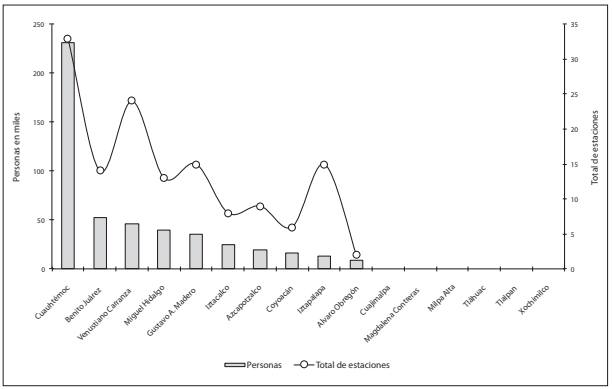


Figura 40. Personas por delegación que utilizaron el Metro como último modo de transporte y se encuentran a diez o más minutos caminando de su destino y total de estaciones del Metro.*

* Las estaciones donde hay uno o más transbordos de línea se toman como una sola.

Fuente: elaboración propia con base en la EOD07.

[13] Véase apartado "Empleo censal" del capítulo uno en la primera sección de este documento.

Este primer resultado permite identificar la distribución territorial de los viajes probables que podrían reemplazar la caminata desde una estación del Metro por viajes en bicicleta, en función de la cercanía geográfica del programa de bicicletas públicas al destino final de los usuarios. Para mayor precisión en el Cuadro 60 se enlistan las quince estaciones del Metro con el mayor registro de usuarios, que al salir de la estación caminan diez minutos o menos para llegar a su destino final.

Respecto a las personas que utilizan el Metro como penúltimo modo de transporte, el mayor número se registra en las delegaciones del primer y segundo contorno (Figura 41 y Mapa 6.2 del anexo digital). Los casos que más llaman la atención son las delegaciones Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo y Coyoacán que concentran 55% de este tipo de usuarios en el D. F. (Cuadro 6.B en el anexo digital).

En el Cuadro 61 se presentan las estaciones que registraron el mayor número de usuarios que utilizan el Metro como penúltimo modo de transporte y que se encuentran a quince minutos o menos de viaje en bicicleta para llegar a su destino. Se ratifica que la mayoría de estaciones del Metro se localizan en tres de las delegaciones de la ciudad central, además de Coyoacán.

Cuadro 60. Estaciones del Metro con la mayor afluencia de usuarios que lo utilizan como último modo de transporte y se encuentran a diez o más minutos caminando de su destino final.

Número de línea	Nombre de la estación	Total de usuarios
2	Zócalo	42 005
1	Insurgentes	20 373
1	Pino Suárez	20 369
3	Centro Médico	12 280
3	Zapata	11 331
1	Balderas	10 164
9	Ciudad Deportiva	10 073
7	Polanco	10 026
1	Salto del Agua	9 429
1	Sevilla	8 214
1	Chapultepec	8 164
2	Bellas Artes	7 134
1	Merced	6 910
2	San Cosme	6 710
2	Hidalgo	6 689
	Total	189 871

Fuente: elaboración propia con base en la EOD07.

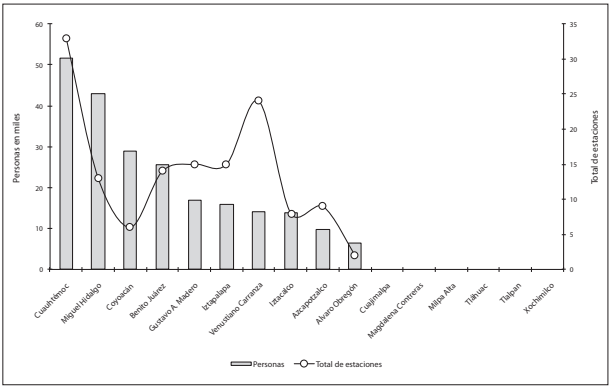


Figura 41. Personas por delegación que utilizaron el Metro como penúltimo modo de transporte y se encuentran a quince minutos o menos en bicicleta de su destino y total de estaciones del Metro.*

* Las estaciones donde hay uno o más transbordos de línea se toman como una sola.

Fuente: elaboración propia con base en la EOD07.

Por otra parte, si se suma al total de personas por delegación que utilizan el Metro como último modo de transporte y se encuentran a diez o más minutos caminando desde la estación a su destino, y el total de personas que ocupan el Metro como penúltimo modo de transporte y se encuentran a quince minutos o menos de viaje en bicicleta desde la estación a su destino (3 500 m de distancia

Cuadro 61. Estaciones del Metro con la mayor afluencia de usuarios que lo utilizan como penúltimo modo de transporte y se encuentran a quince minutos o menos en bicicleta de su destino.

Número de línea	Nombre de la estación	Total de usuarios
2	Cuatro Caminos	12 875
2	Tasqueña	12 453
1	Tacubaya	10 854
1	Chapultepec	7 767
3	Zapata	5 559
1	Pantitlán	4 967
3	Universidad	4 827
9	Ciudad Deportiva	4 769
8	Coyuya	4 671
1	Insurgentes	4 578
6	El Rosario	4 457
2	General Anaya	4 273
2	San Cosme	4 135
3	Indios Verdes	3 970
7	Auditorio	3 889
	Total	94 044

Fuente: elaboración propia con base en la EOD07.

desde la estación), se obtiene el total de viajes por delegación que podrían generarse desde las sedes del programa de bicicletas públicas.

En la Figura 42 y Mapa 6.3 (anexo digital) se muestran los totales obtenidos y destaca que nuevamente es la delegación Cuauhtémoc la del registro más alto, seguida, muy lejos, por las delegaciones Miguel Hidalgo y Benito Juárez. Esta lista solo ayuda a corroborar lo que se refirió en párrafos anteriores: las delegaciones centrales del D. F. en general y la delegación Cuauhtémoc en particular, por concentrar el mayor número de empleos, así como el mayor porcentaje de la infraestructura de la red del Metro, registran el mayor número de viajes probables en el D. F., para el programa de bicicletas públicas a los destinos de los usuarios.

En síntesis, Cuauhtémoc se ubica como la delegación, que para este diagnóstico, cuenta con las condiciones para impulsar el arranque del programa de bicicletas públicas. El Cuadro 59 sustenta esta última afirmación, al mostrar por estación el número de viajes probables desde las posibles sedes del programa de bicicletas públicas, donde se identifica a las estaciones Zócalo e Insurgentes, ambas de la línea 1 del Metro, como las de mayor número de viajes de este tipo. Sin embargo, las diferencias para el establecimiento del programa no son tan marcadas como en el caso de los biciestacionamientos.

Para respaldar esta conclusión, si se recuperan y relacionan algunos de los elementos descritos en el trabajo de diagnóstico de la primera sección, se tiene que son las delegaciones centrales del D. F. (y específicamente el caso de Cuauhtémoc), las que registran la mayor dotación de infraestructura de transporte Metro, también reportan las más altas densidades de empleo, así como la mayor afluencia de usuarios probables de bicicletas.

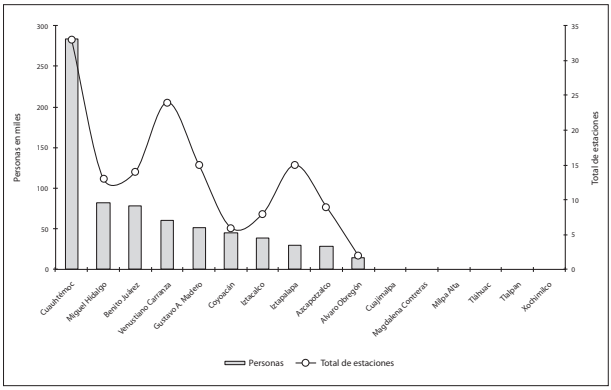


Figura 42. Total de viajes probables por delegación para el programa de bicicletas públicas y total de estaciones del Metro.*

* Las estaciones donde hay uno o más transbordos de línea se toman como una sola.

Fuente: elaboración propia con base en la EOD07.

Cuadro 59. Estaciones del Metro con el mayor número de viajes probables para programa de bicicletas públicas

Número de línea	Nombre de la estación	Total de usuarios
2	Zócalo	43 344
1	Insurgentes	24 951
1	Pino Suárez	22 183
2	Tasqueña	17 573
1	Tacubaya	17 339
2	Cuatro Caminos	17 051
3	Zapata	16 890
1	Chapultepec	15 931
9	Ciudad Deportiva	14 842
3	Centro Médico	14 363
7	Polanco	13 363
1	Balderas	11 354
1	Sevilla	11 070
2	San Cosme	10 845
1	Salto del Agua	10 584
	Total	261 683

Fuente: elaboración propia con base en la EOD07.

Reflexiones finales

La metodología y el análisis aquí presentados proporcionan las evidencias empíricas que permiten hacer una serie de recomendaciones en cuanto a la selección de rutas de ciclovías, su jerarquización por tipo y por prioridad de construcción. Asimismo, se reconocieron y examinaron las variables que respaldan la determinación de los lugares con mayor aptitud para ubicar bicicestacionamientos e impulsar el programa de bicicletas públicas. El objetivo central fue el de aplicar un criterio integral que considerara un volumen relativo de uso, la reducción de tiempos de traslado, la generación de accesibilidad a actividades y a medios de transporte, equidad, así como la interconexión tanto de orígenes y destinos (A>B>C) y la interconexión entre ciclovías a través de bicicestacionamientos y el programa de bicicletas públicas para generar una red vial integrada por razón de vías primarias, secundarias y terciarias.

En función de las variables analizadas la definición de la trayectoria de una cliclovía considera: *a)* el reconocimiento de los nodos de origen; *b)* el reconocimiento de los nodos de destino; *c)* las características urbano-locales por las que se contempla la trayectoria de la ciclovía; *d)* las características socioeconómicas de la población en cuanto a ingreso, edad, ocupación y género, y *e)* las características de uso de transporte de la población: número de bicicletas en el hogar, número de automóviles en el hogar, características de combinación de modos actuales, distancias de recorrido a destinos habituales y origen y destino del viaje.

La ubicación de biciestacionamientos en Centros de Transferencia Modal (CETRAM) considera: *a)* las estaciones de la red del Sistema de Transporte Colectivo Metro como las más aptas para instalar los biciestacionamientos, y *b)* el número de viajes al CETRAM que podrían ser reemplazados por bicicletas, supliendo ya sea el primer modo o la caminata al Metro, bajo los siguientes criterios: tramos iniciales de viajes que ahorren tiempos de traslado (caminatas de diez minutos o más) y tramos iniciales de viaje que en bicicleta puedan ser realizados en quince minutos o menos.

Para el análisis del programa de bicicletas públicas se consideraron: *a)* las estaciones de la red del Sistema de Transporte Colectivo Metro como las más aptas para instalar los programa de bicicletas públicas, y *b)* el número de viajes desde

las sedes del programa de bicicletas públicas que podrían ser reemplazados por bicicletas cambiando ya sea el último modo de transporte o la caminata al destino final, bajo los siguientes criterios: tramos finales de viajes que, en bicicleta, ahorren tres minutos o más de traslado (caminatas de diez minutos o más), tramos finales de viaje que en bicicleta puedan ser realizados en quince minutos o menos. Adicionalmente se corroboró la probabilidad de uso de bicicletas públicas mediante el acceso a actividades en isócronas de quince minutos de viaje en bicicleta.

Probabilidad de cambio de modo y uso de ciclovías

El análisis logístico de elección de modo ratifica que las condiciones socioeconómicas en combinación de las características personales, las características de los viajes y las características físicas de los orígenes y destinos determinan el uso probable de la bicicleta como medio de transporte. Así, los posibles viajes futuros en bicicleta tendrán mayor probabilidad de suceder: a medida que el ingreso disminuye, entre adultos jóvenes, en áreas relativamente planas y en distancias cortas.

Es necesario apuntar que todas estas características se encuentran hacia el oriente de la ciudad, sobre todo en la delegación Iztapalapa. Esta delegación además cuenta con la mayor población de todo el D. F. por lo que la potencialidad del volumen total de viajes en bicicleta también aumenta. Dado que Iztapalapa es una delegación en la cual la población es por lo general de ingreso medio-bajo, la construcción de infraestructura ciclista en esta zona generaría una mayor accesibilidad a los centros de actividad económica de la ciudad. Lo anterior aseguraría una mayor equidad en cuanto a los servicios de transporte de la ciudad.

El análisis identificó cuatro rutas primarias que podrían corresponder a la primera fase de construcción de ciclovías. Dos de ellas que se originan en Iztapalapa y terminan en el centro de la ciudad y una más que conecta Tláhuac también con el centro. La cuarta ruta principal es la que une de norte a sur las tres rutas oriente–centro. Una quinta ruta secundaria corre de norte a sur a lo largo de lo que probablemente sean las calles Nuevo León, División del Norte y Av. Universidad, conectando el centro con el sur de la ciudad.

Biciestacionamientos

Los resultados muestran que las estaciones del Metro que pueden contar con biciestacionamientos de gran tamaño se encuentran por lo general hacia las afueras de la ciudad. Sin embargo, no debe menospreciarse el resto de las estaciones del Sistema Metro. De acuerdo con los resultados obtenidos de los trabajos de diagnóstico, todas las estaciones del Metro deberían tener opciones para el resguardo de bicicletas, solo así puede asegurarse una distribución espacial equitativa de la infraestructura ciclista. Los resultados del análisis de biciestacionamientos debe interpretarse, también, como relativo a sí mismo en términos de mayor que, menor que. Ello puede dar una buena idea de en qué estaciones construir qué tipo de biciestacionamiento, aunque nuestra recomendación sería no excluir estaciones del sistema de manera generalizada.

Programa de bicicletas públicas

Al contrario del análisis de biciestacionamientos, el análisis para el programa de bicicletas públicas muestra que el área en la que este programa posiblemente funcione mejor (en un inicio) es en la ciudad interior (las delegaciones centrales del D. F.: Cuauhtémoc, Benito Juárez, Miguel Hidalgo) ya que ésta cuenta con la mayor oferta de empleos y, por lo tanto, con nodos de actividad económica que, en función del incremento de la movilidad en bicicleta, resultarían beneficiados con una mayor conectividad.

Sin embargo, las delegaciones del D. F. que forman la periferia de la ciudad central, en fases posteriores del programa, deben ser contempladas para implementar el programa de bicicletas públicas, lo que se vería reflejado en una mayor equidad en cuanto a la dotación de los servicios de transporte de la ciudad, que de esta forma no quedarían confinados a la tradicional "zona privilegiada" del D. F., sino que alcanzarían a aquellas zonas donde la red del Sistema Metro no alcanza a llegar, pero en las que los viajes en bicicleta representan un importante medio de transporte, como Tláhuac, Xochimilco y Milpa Alta.

Bibliografía

Alonso, W. (1964), *Location and Land Use*, MIT Press, Boston.

Andersen, T. (1997), "Safe routes to school in Odense, Denmark", *The Greening of Urban Trasnport*, pp. 267-274.

Aultman-Hall, L., F. L. Hall y B. Baltz (1997), "Analysis of Bicycle Commuter Routes Using Geographic Information Systems: Implications for Bicycle Planning", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1578, pp. 102-110.

Aultman-Hall, L. y M. G. Kaltenecker (1999), "Toronto bicycle commuter safety rates", *Accident Analysis & Prevention*, vol. 31, núm. 6, pp. 675-686.

Bradly, M. A. y A. J. Daly (1997), "Estimation of Logistic Models Using Mixed started Preference and Revealed Preference Information", en Storper, P. y M. Lee-Gosselin (eds.), *Understanding Travel Behavior in a Era of Change*, Pergamon Press, Oxford, pp. 209-231.

Ben-Akiva, M. y T. Morikawa (1990), "Estimation of swithching models from revealde preferences and states intentions", *Trasnportation Research,* A 24 A(6), pp. 485-495.

Bovy, P. H. L. y M. A. Bradley (1985), "Route Choice Analysed with Stated Preference Approaches", *Transportation Reseach Record*, 1037, pp. 11-20.

Cherchi, E. y J. D. Ortúzar (2006), "Use of Mixed Revealed-Preference and Stated-Preference Models with Nonlinear Effects in Forecasting", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, no. 1977.

Ciudad de México, INEGI y Gobierno del Estado de México (2007), *Encuesta 2007. Origen-destino. Tu respuesta es el mejor camino. Versión enriquecida. Diciembre 2007,* México.

COMETAH (1998), *Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México*, Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos, México.

Davis, W. J. (1995), "Bicycle test route evaluation for urban road conditions", *ASCE Human Powered Transportation Committee*, November, pp. 1063-1076.

Delgado, J. (1988), "El patrón de ocupación territorial de la Ciudad de México al año 2000", en Terrazas, O. y E. Preciat (coords.), *Estructura Territorial de la Ciudad de México*, Plaza y Valdés, México, pp. 101-141.

Ewing, R. y R. Cervero (2001), "Travel and the built environment: a synthesis", *Transportation Research Record,* no. 1466, pp. 44-52.

Hanson S. y G. Pratt (1995), *Gender, work, and space*, Routledge, London.

Hochmair, H. H. (2007), "Effective user interface design in route planners for cyclists and public transportation users: An empirical analysis of route selection criteria", *Transportation Research Board 87 th Annual Meeting*, Washington, D. C., January 13-17.

Hopkinson, P. y M. Wardman (1996), "Evaluating the demand for new cycle facilities", *Tranpsort Policy*, vol. 3, no. 4, pp. 241-249.

Howard, C. y K. Burns (2001), "Cycling to work in Phoenix: route choice, travel behavior, and commuter characteristics", *Transportation research record*, no. 1773, pp. 39-46.

Hyodo, T., N. Suzuki y K. Takakashi (2000), "Modeling of bicycle route and destination choice behavior for bicycle road network plan", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, pp. 70-76.

INEGI (1991), *XI Censo General de Población y Vivienda 1990*, Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, Aguascalientes, México.

INEGI (1994), *Censos Económicos 2004*, Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, Aguascalientes, México.

INEGI (1996), *Conteo Nacional de Población y Vivienda 1995*, Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, Aguascalientes, México.

INEGI (2001), *XII Censo General de Población y Vivienda 2000*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes, México.

INEGI (2004), *Censos económicos 2004*, Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, Aguascalientes, México.

INEGI (2006), *II Conteo Nacional de Población y Vivienda 2005*, Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, Aguascalientes, México.

INEGI (2006a), *Marco Geoestadístico Nacional, MGM2005*, Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, Aguascalientes, México.

INEGI (2006b), *Encuesta Nacional de ingresos y gastos de los hogares*, Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, Aguascalientes, México.

INEGI (2009), *Censos Económicos 2009*, Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, Aguascalientes, México.

INEGI (2011), *Censo de Población y Vivienda 2010*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes, México.

INEGI (2011a), *Microdatos del Censo de Población y Vivienda 2010*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes, México.

INEGI (2013), *Marco Geoestadístico Nacional MGM 2010*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes, México.

INEGI-GDF-Edo. Méx. (2007), *Encuesta de Origen y Destino de los viajes de los residentes de la Zona Metropolitana del Valle de México 2007*, Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, Gobierno del Distrito Federal, Gobierno del Estado de México, México.

Islas, V. (2000), "Transporte y almacenamiento en el medio rural de México", en Yúnez-Naude A. (coord.), *Los pequeños productores rurales en México*, El Colegio de México, México, pp. 359-400.

Kain, J. (1968), "Housing segregation, Negro employment, and metropolitan decentralization", *Quarterly Journal of Economics*, no. 82, pp. 175-197.

Kain, J. (1994), "The spatial mismatch hypothesis: three decades later", *Housing Policy Debate*, no. 3, pp. 371-462.

Katz, R. (1995), "Modeling bicycle demand as a mainstream transportation planning function", *Transportation Research Record*, Issue Number: 1502, Publisher, Transportation Research Board, pp. 22-28.

Krizek, K. J. y P. J. Jhonson (2006), "Proximity to trails and retail: Effects on urban cycling and walking", *Journal of the American Planning Association*, Winter, vol. 72, no. 1.

Kroon, M. (1997), "Traffic and environmental policy in the Netherlands", *The Greening of Urban Trasnport,* pp. 161-176.

Landis, B. W. (1996), *Bicycle System Performance Measures*, ITE Journal, February.

Landis, B. W., V. R. Vattikuti y M. T. Brannick (1997), "Real-Time human perceptions: Toward a bicycle level of service", *Transportation Research Record,* 1578, no. 1, pp 119-126.

Litman, T., R. Blair, B. Demopoulos, N. Eddy, A. Fritzel, D. Laidlaw, H. Maddox y K. Forster (2006), *Pedestrian and Bicycle Planning Guide to Best Practices,* Victoria Transport Institute Policy, documento en línea [www.vtpi.org/nmtguide.doc].

Madden, J. (1981), "Why women work closer to home", *Urban Studies*, 18, pp. 181-194.

Martens, K. (2004), "The bicycle as a feedering mode: experiences from three European countries", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 9, Issue 4, July, pp. 281-294.

Morikawa, T. (1989), *Incorporating stated preference data in travel demand analysis*, Doctor Thesis in MIT, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.

Morikawa, T. (1994), "Correcting state depende and serial correlation in the RP/SP combined estimation method", *Transportation*, no. 21, pp. 153-165.

Morikawa, T., M. Ben-Akiva y D. McFadden (2002), "Discrete choice models incorporating revealed preferences and psychometric data", *Advances in Econometrics*, vol. 16, pp. 29-55.

Muraleetharan, T., T. Adachi., T. Hagiwara y S. Kagaya (2005), "Method to determine pedestrian level of service for crosswalks at urban intersections", *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, vol. 6, pp. 127-136.

Newman, I. y K. A. McNeil (1998), *Conducting survey research in the social sciences*, University Press of America, Lanham, Md.

Newman, P. y J. Kenworthy (1999), *Sustainability and Cities*, Island Press, Washington D.C.

Noland, R. B. y H. Kunreuther (1995), "Short-run and long-run policies for increasing bicycle transportation for daily commuter trips", *Transport policy*, vol. 2, no. 1, pp. 67-79.

Ortúzar, J., A. Lacobelli y C. Valeze (2000), "Estimating demand for a cycle-way network", *Transportation Research Part A*, vol. 34.

POZMVM (2012), *Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México 2012*, actualización 2012, síntesis ejecutiva, México.

Pucher, J., C. Komanoff y P. Schimek (1999), "Bicycling renaissance in North America?: Recent trends and alternative policies to promote bicycling", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 33, Issues 7-8, pp. 625-654.

Pucher, J., J. Dill y S. Handy (2010), "Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling, An international review", *Preventive Medicine*, vol. 50, pp. 106-125.

Rea, L. M. and R. A. Parker (2005), *Designing and conducting survey research: a comprehensive guide*, 3 ed., Jossey-Bass, San Francisco.

SEDESOL (2000), *Programa de Ordenación Metropolitana del Valle de México*, Secretaría de Desarrollo Social, México.

SEDESOL-CONAPO-INEGI (2004), *Delimitación de las zonas metropolitanas de México*, Secretaría de Desarrollo Social, Consejo Nacional de Población, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

SEDESOL-CONAPO-INEGI (2007), *Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2005*, Secretaría de Desarrollo Social, Consejo Nacional de Población, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

SEDESOL-CONAPO-INEGI (2012), *Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2010*, Secretaría de Desarrollo Social, Consejo Nacional de Población, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.

Sener, I. N., N. Eluru y C. R. Bhat (2009), "An analysis of bicycle route choice preferences in Texas", *US Transportation*, vol. 36, pp. 511-539.

SETRAVI (2013), SCT-Metro, Metrobús, STE y RTP, información proporcionada.

Sharpless, R. (1993), "Modelling cyclists in SATURN", *Traffic Engineering & Control*, vol. 34, no. 10, pp. 472-475.

Suárez, M. (2007), *Mercados de trabajo y localización residencial en la ZMCM,* tesis doctoral, Facultad de Filosofía y Letras, Instituto de Geografía, UNAM, México.

Suárez, M. y J. Delgado (2007), "Estructura y eficiencia urbanas. Accesibilidad a empleos, localización residencial e ingreso en la ZMCM 1990-2000", *Economía Sociedad y Territorio,* vol. VI, núm. 23, pp. 693-724.

Suárez, M. y J. Delgado (2009), "Is Mexico City Polycentric? A Trip Attraction Capacity Approach", *Urban Studies*, vol. 46, núm. 10, pp. 3627-3644.

STC (2009), "Datos de Operación", documento electrónico, disponible en mayo de 2009 [http://www.metro.df.gob.mx/operacion/caractecnicas.html].

Tabachinik, B. y L. Fiddell (2002), *Using Multivariate Statistics,* Allyn & Bacon, Nedham Heights, MA.

Téllez M. A. y J. López (2009), "Análisis Encuesta Origen-Destino para inserción de ciclovías en la Ciudad de México", documento entregado para la Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Distrito Federal, México.

Tolley, R. (1997), "Obstacle to walking and cycling", *The Greening of Urban Transport*, pp. 3-21.

Train, K. (1980), "A structured logit model of auto ownership and mode choice", *The Review of Economic Studies*, vol. 47, no. 2, pp. 357-370.

Warner, S. (1962), *Strategic Choice of Mode in Urban Travel: A Study of Binary Choice,* Northwestern University Press, Evanston IL.

Welleman, T. (1997), "The Dutch Bicycle Master Plan, 1990-96", *The Greening of Urban Transport*, pp. 177-190.

Williams, H. C. (1977), "On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user benefit", *Environment and Planning A,* vol. 9, no. 3, pp. 285-344.

Bicicletas para la ciudad. Una propuesta metodológica para el diagnóstico y la planeación de infraestructura ciclista, editado por el Instituto de Geografía, se terminó de imprimir el 31 de mayo de 2016, en los talleres de Lito Roda, S.A. de C.V., Escondida, no. 2, Volcanes, Del. Tlalpan, México, D.F.

El tiraje consta de 500 ejemplares impresos en offset sobre papel cultural de 90 gramos para interiores y couché de 250 gramos para los forros. Para la formación de galeras se usó la fuente tipográfica Adobe Garamond Pro, en 9.5/10, 10/12, 11.2/12.7 y 16/19 puntos. Edición realizada a cargo de la Sección Editorial del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Revisión y corrección de estilo: Martha Pavón. Lectura de galeras: Raúl Marcó del Pont Lalli. Diseño, formación de galeras y cuidado de la impresión: Laura Diana López Ascencio. Anexo digital: Diana Chávez González

Bicicletas para la ciudad
Una propuesta metodológica para el diagnóstico y la planeación de infraestructura ciclista

Manuel Suárez Lastra
Carlos Galindo-Pérez
Masanori Murata

La bicicleta es el modo de transporte más eficiente, el más barato (después de caminar) y en promedio, el más rápido cuando se consideran las condiciones actuales de congestionamiento de la Ciudad de México. Sin embargo, parecería que pocos piensan en la bicicleta como un medio de transporte factible. Quizá la razón por la cual el número de viajes en bicicleta es tan bajo sea, precisamente, que no existen las condiciones para utilizarla cotidianamente. Lo cierto es que goza de una percepción muy positiva por parte de la gente: la gran mayoría de los viajeros del D.F. estaría dispuesta a utilizar una bicicleta si se dieran determinadas condiciones de infraestructura y seguridad. De ahí nace esta investigación que es parte de la Estrategia de movilidad en bicicleta y proyectos ejecutivos de infraestructura ciclista de la Ciudad de México que concibió el Gobierno del Distrito Federal (GDF) a través de la Secretaría del Medio Ambiente, y cuyo objetivo es fomentar el uso de la bicicleta para convertirla en un medio efectivo de transporte. Para ello se reunió a un grupo de geógrafos urbanos para realizar un estudio-diagnóstico en el que se evaluara el potencial que tiene el D.F. para estimular el uso de la bicicleta y así realizar recomendaciones para determinar los lugares más propicios en donde instaurar los diferentes componentes del programa. Ello implicó el diseño de una metodología específica para la Ciudad de México cuya descripción y resultados se encuentran en este libro.

Código QR anexo digital

ISBN 978-607-02-7602-6
9 786070 276026