

Base de datos ajustada de la Encuesta Origen-Destino para la Zona Metropolitana del Valle de México, 2017

Autores: José Luis Santana Verduzco, Marco Antonio Mendoza González, David Escalante Sánchez, Ana Itzel Hernández Ramírez

CONTENIDOS

Puntos destacados.	2
Resumen ejecutivo.	3
Introducción.	7
Síntesis metodológica.	8
Características básicas de la movilidad de la ZMVM.	10
Conclusiones y recomendaciones.	11
Referencias.	11
Agradecimientos.	12
Acerca de la autoría.	12

Los documentos de trabajo contienen investigaciones preliminares, análisis, conclusiones y recomendaciones. Se distribuyen para estimular la discusión oportuna y la retroalimentación crítica, y para influir en el debate en curso sobre temas emergentes

Santana, J.L., Mendoza, M.A., Escalante, D. y Hernández, A.I. 2023. "Base de datos ajustada de la Encuesta Origen-Destino para la Zona Metropolitana del Valle de México, 2017". Ciudad de México: WRI México. Disponible en: <https://doi.org/10.46830/wriwp.19.00078>

PUNTOS DESTACADOS

- Las Encuestas Origen-Destino son instrumentos esenciales en el diagnóstico de la movilidad urbana. *La Encuesta Origen Destino de la Zona Metropolitana del Valle de México* (INEGI 2017) es el esfuerzo reciente más importante por caracterizar la movilidad urbana en esta región.
- Al utilizar sus resultados como insumos en distintos estudios y proyectos de transporte, WRI ha detectado algunas limitaciones derivadas del proceso de recolección de datos y su tratamiento.
- Como ejemplo, los patrones de viaje de las personas en condiciones de mayor marginación, como mujeres habitantes de las zonas periféricas y personas con menor nivel de escolaridad, pudieran no estar representados adecuadamente.
- Proponemos un método de reprocesamiento de los datos originales que genera nuevos *factores de expansión* a partir de variables clave, lo que permite corregir de manera robusta sus principales sesgos de representación. También se estiman nuevos indicadores como la distancia y el costo de los viajes realizados.
- Los resultados permiten dimensionar con mayor certeza la movilidad en la ZMVM, lo que mejora la comprensión de temas específicos tales como la diferenciación de patrones de viaje por género y la movilidad de cuidado.
- Las bases de datos reprocesadas se publican para que puedan utilizarse de forma abierta en procesos de análisis y planeación.

RESUMEN EJECUTIVO

Antecedentes

Las Encuestas Origen-Destino (EOD) permiten estudiar los patrones de viaje de una ciudad. Pueden diseñarse mediante técnicas de interceptación, cuestionarios a bordo de vehículos, así como a domicilio. Las EOD aportan elementos para caracterizar en detalle la movilidad urbana en una ciudad.

Sin embargo, realizar una EOD con base en un cuestionario a domicilio conlleva dificultades que deben considerarse al momento de planearlas, ejecutarlas e interpretar sus resultados. Entre las más relevantes se encuentran las relacionadas con la distribución y cobertura de la muestra, de manera que se logren minimizar sesgos en la representatividad de la población.

Desde su publicación, WRI ha utilizado la EOD-2017 como insumo en la elaboración de análisis y diagnósticos relacionados con la movilidad y el transporte en la ZMVM. Esto nos ha permitido encontrar evidencias de subrepresentación en ciertos sectores sociales. Las políticas de movilidad tienen una deuda de atención histórica hacia estos sectores: mujeres, habitantes de las zonas periféricas y personas con menores niveles de escolaridad e ingreso.

Sobre este documento de trabajo

A través de esta publicación buscamos transparentar el proceso implementado por WRI para corregir los sesgos de representación identificados en la EOD-2017. Con ello buscamos también respaldar la publicación de nuevas bases de datos que sean resultado del reprocesamiento independiente, y que puedan utilizarse en el análisis y diseño de políticas públicas en materia de movilidad urbana.

La metodología incluye la revisión, corrección, expansión y validación de la muestra recolectada. Los cambios principales son:

1. estimación de nuevos factores de expansión para cada observación,
2. estimación de variables adicionales: distancia y costo de viaje y
3. categorización modal de los viajes completos.

Limitaciones y reprocesamiento de la EOD

A pesar de contar con una elevada cantidad de registros y variables (más de 56 mil hogares y 200 mil personas encuestadas), la subdivisión de la muestra original en estratos sociodemográficos a nivel domiciliar o individual presenta inconsistencias que comprometen diversos análisis de resultados. Los más relevantes son los siguientes:

- El filtrado de casos válidos por unidad mínima de análisis de la encuesta original evidencia que no se recolectaron suficientes datos para estratificar toda la muestra, con el fin de obtener indicadores relevantes para las distintas variables en esta escala territorial.
- Algunas de las variables de interés en los estudios de movilidad urbana (como ingreso, ocupación, etc.) no están disponibles para su análisis o cotejo con la información de control de la encuesta.

Estas limitantes nos llevaron a replantear las agrupaciones de la muestra y definir unidades territoriales más amplias, compuestas de una mayor cantidad de observaciones. A partir de este conjunto de datos, y a través de ejercicios iterativos de comparación con datos validados por otras fuentes, WRI estimó nuevos factores de expansión que permiten comprender mejor los patrones de desplazamientos en la ZMVM, lo cual corrige los sesgos encontrados.

Recomendaciones

Dadas las limitaciones técnicas y presupuestales que enfrentan las ciudades, se recomienda a las autoridades locales promover la innovación en el diseño e implementación de procesos permanentes de registro de datos. Algunos indicadores relevantes son: personas transportadas con desagregación horaria y por perfil sociodemográfico, así como flujos vehiculares clasificados en las vías primarias.

Adicionalmente, es necesario implementar procesos permanentes de depuración, limpieza y actualización de los padrones vehiculares a cargo de las distintas entidades federativas. Complementariamente se recomienda realizar campañas de monitoreo de viajes en medios colectivos, privados y no motorizados.

Esta **versión revisada** de los resultados de la EOD-2017 integra las etapas recomendadas de revisión, validación y ajuste de los factores de expansión utilizados para robustecer la representatividad de los modelos de movilidad que se construyan a partir de sus resultados. Se recomienda su utilización como sustituto de la fuente primaria para elaborar análisis y diagnósticos que representen de una mejor manera el fenómeno de la movilidad urbana en la ZMVM.

INTRODUCCIÓN

¿Qué es la Encuesta Origen-Destino 2017 de la Zona Metropolitana del Valle de México?

Las Encuestas Origen-Destino (EOD) son un insumo básico del estudio de la movilidad, adoptado por planeadores urbanos y de transporte en México desde 1979 (Casado 2008). Dentro de este tipo de estudios cobran especial importancia las EOD de tipo domiciliario, es decir, aquellas en las que se entrevista a las personas directamente en sus viviendas o domicilios. En la historia reciente del Valle de México se han realizado cuatro EOD domiciliarias: en 1983, 1994, 2007 y la última en el año 2017 (EOD-2017), realizada por el INEGI en conjunto con el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), a solicitud de los gobiernos de la Ciudad de México y el Estado de México.

La EOD-2017 busca aportar conocimiento sobre la movilidad de las personas que habitan la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM)¹. Sus resultados se presentan en una amplia base de datos² que incluye las características sociodemográficas de las viviendas y personas encuestadas, así como de los desplazamientos realizados a lo largo del día, sus motivos, duración, medios de transporte y horario.

La encuesta se basa en un cuestionario aplicado mediante entrevista directa a personas mayores de quince años, ocupantes de las viviendas muestreadas, y recoge la información sobre los desplazamientos de los ocupantes mayores de seis años. La unidad de observación la componen viviendas y hogares; la toma de datos se realizó entre el 23 de enero y el 3 de marzo de 2017.

Alcance del trabajo realizado por WRI México

Un reto común que se enfrenta al realizar una EOD domiciliar es asegurar la representatividad estadística mediante una muestra suficientemente grande con amplia cobertura geográfica. Obtener información útil y particularizada requiere aplicar cuestionarios extensos que pueden implicar un reto importante para completarse. Adicionalmente a la realización de un intenso trabajo de campo, las EOD implican diferentes etapas de limpieza, procesamiento y validación de la información colectada que resultan costosas y técnicamente complejas (Ortúzar 2012).

La EOD-2017 ha sido utilizada por WRI México en distintas ocasiones como insumo en la realización de análisis y propuestas en torno a soluciones de transporte público. Por ejemplo, para obtener indicadores de tiempos de viaje, costos promedio, distancia viajada y reparto modal. Estos ejercicios han permitido detectar algunas inconsistencias derivadas de limitaciones naturales en el proceso de obtención y tratamiento de los datos.

Entre ellas podemos mencionar discrepancias entre algunos datos estimados a partir de la encuesta y datos observados por distintas fuentes disponibles, por ejemplo, para el número de automóviles en circulación; pero también encontramos evidencias de valoración equivocada de datos en algunas variables como viajes asociados al cuidado y perfil sociodemográfico.

Este problema se observa comúnmente en estudios de movilidad y transporte producto de las decisiones realizadas en sus etapas de planeación y diseño metodológico (Ibeas et al. 2015). Aun en los mejores escenarios de planeación y recolección de datos, las EOD pueden subestimar significativamente el volumen de viajes (Egu y Bonnel 2020).

Pese a sus implicaciones, las EOD son la fuente de información más valorada por autoridades y profesionales de la planeación del transporte en las ciudades mexicanas. Esto debido a que en general no se cuenta con mecanismos suplementarios que recojan información sobre la movilidad de manera extendida, sistematizada y continua, los cuales puedan utilizarse para la planeación y para una toma de decisiones que oriente la inversión en infraestructura de transporte.

La EOD-2017 también ha sido un insumo en la planeación de proyectos de transporte en la ZMVM, tales como el Corredor Cero Emisiones Eje 8 Sur (C40 Cities Final Facility y GOPA 2018) e investigaciones sobre las herramientas para analizar la movilidad en la Ciudad de México (Hernández, Chiu y Argüelles 2022). De igual forma se ha empleado en estudios de valoración económica de la expansión urbana en la ZMVM (Lara Pulido et al. 2017) y estudios sobre movilidad activa cotidiana en la ZMVM (Pérez López y Landin Álvarez 2019).

Este documento de trabajo expone la metodología del procesamiento independiente de las bases de datos de la EOD-2017 realizado por WRI, así como los indicadores básicos de la movilidad en la ZMVM que resultan de su implementación. El resultado detallado de este ejercicio lo constituyen los archivos tabulares que WRI publica para su utilización por la comunidad interesada en el tema. Dado que las EOD se utilizan para orientar la inversión pública y privada en proyectos de transporte, es esencial mitigar los sesgos para que contribuyan efectivamente a disminuir la brecha social en México y en los casos que resulten similares.

Finalmente, cabe destacar que la movilidad en las ciudades mexicanas sufrió modificaciones importantes a consecuencia de la pandemia de COVID 19. A partir de las restricciones implementadas en marzo de 2020 se observó un descenso temporal de hasta el 60 por ciento en los desplazamientos para el caso de la Ciudad de México (CDMX) (Google s. f.) seguido de un lento proceso de recuperación hasta el 2022. Debe observarse que las bases de datos derivadas de este ejercicio representan la movilidad de la ZMVM en el escenario previo a la pandemia.

SÍNTESIS METODOLÓGICA

Información base para el procesamiento de las EOD

De acuerdo con su origen, identificamos tres grupos de información que habitualmente se emplean como referencia en la investigación y la planeación de la movilidad y el transporte:

1. los sistemas de información estadística que recolectan información generada de forma recurrente, periódica y estandarizada por instituciones oficiales o gubernamentales,
2. levantamientos de datos específicos como observaciones en campo o recopilación de registros operacionales, realizados en el contexto de un estudio, proyecto o investigación y
3. datos generados por sistemas automatizados y dispositivos digitales, los cuales crecen rápidamente y pueden utilizarse para interpretar las dinámicas de movilidad de la población.

En México identificamos al INEGI como principal referencia de información estadística oficial y multisectorial. Los censos, conteos y encuestas que realiza el INEGI proveen de datos de caracterización de la población útiles y confiables, funda-

mentales para el estudio y la atención de la movilidad urbana. En el momento de la realización de este análisis, la Encuesta Intercensal 2015 (INEGI)³ es la referencia más reciente que incorpora la mayoría de los indicadores sociodemográficos agregados a nivel municipal.

En el cuestionario ampliado de la Encuesta Intercensal se pueden encontrar datos sobre la movilidad de las personas y su perfil socioeconómico, los cuales permiten y facilitan el análisis comparativo de ciertos patrones de viaje en complemento de otras fuentes de información.

Dentro del segundo grupo de información se encuentran las EOD domiciliarias. Estos instrumentos son de naturaleza compleja y para el contexto latinoamericano se agregan factores inherentes a la situación social que dificultan la toma de datos en contextos de muy altos y muy bajos niveles de ingreso.

La EOD-2017 tiene una cobertura geográfica de 194 distritos⁴ distribuidos en los municipios y alcaldías de tres entidades federativas que componen la ZMVM. En febrero de 2018 el INEGI publicó los resultados de la EOD-2017 (INEGI s.f.c), lo que constituye el punto de partida para la realización del presente análisis. La información de la EOD-2017 se integra en cinco archivos tabulares según la unidad de observación, los cuales incluyen claves de identificadores que permiten relacionarlos entre sí. A continuación se describen sus elementos generales.

Tabla 1 | Archivos que componen la EOD-2017 publicada por INEGI

ARCHIVO	REGISTROS	INFORMACIÓN INCLUIDA
Vivienda TVIVIENDA.DBF	54,593	Número de personas que integran la vivienda, número de hogares en la vivienda, características generales de la vivienda
Hogares THOGAR.DBF	56,685	Número de automóviles, motocicletas y bicicletas disponibles en el hogar, además de características de estos vehículos y características generales del encuestado en el hogar
Perfil sociodemográfico TSDEM.DBF	200,117	Características principales de las personas mayores a 6 años como actividad, situación laboral, grado de estudios, identificación de personas que viajaron y el número de viajes realizados por semana
Viajes TVIAJE.DBF	531,594	Viajes realizados por cada persona encuestada mayor a 6 años, incluyendo motivo del viaje, hora, origen-destino del viaje, duración y modos de transporte utilizados
Transporte TTRANSPORTE.DBF	890,749	Etapas de los viajes, modo de transporte e información especificada de cada modo como gasto y tiempo

Fuente: Elaboración propia

Entre los datos producidos de manera local se encuentran los aportados por los sistemas de control de acceso y pago automatizado de los diferentes sistemas de transporte en las principales ciudades del país. Estos datos se utilizan de manera interna para caracterizar la demanda y diseñar la operación del sistema. Normalmente se encuentran disponibles a través de consultas de información pública y a través de las distintas plataformas de transparencia.

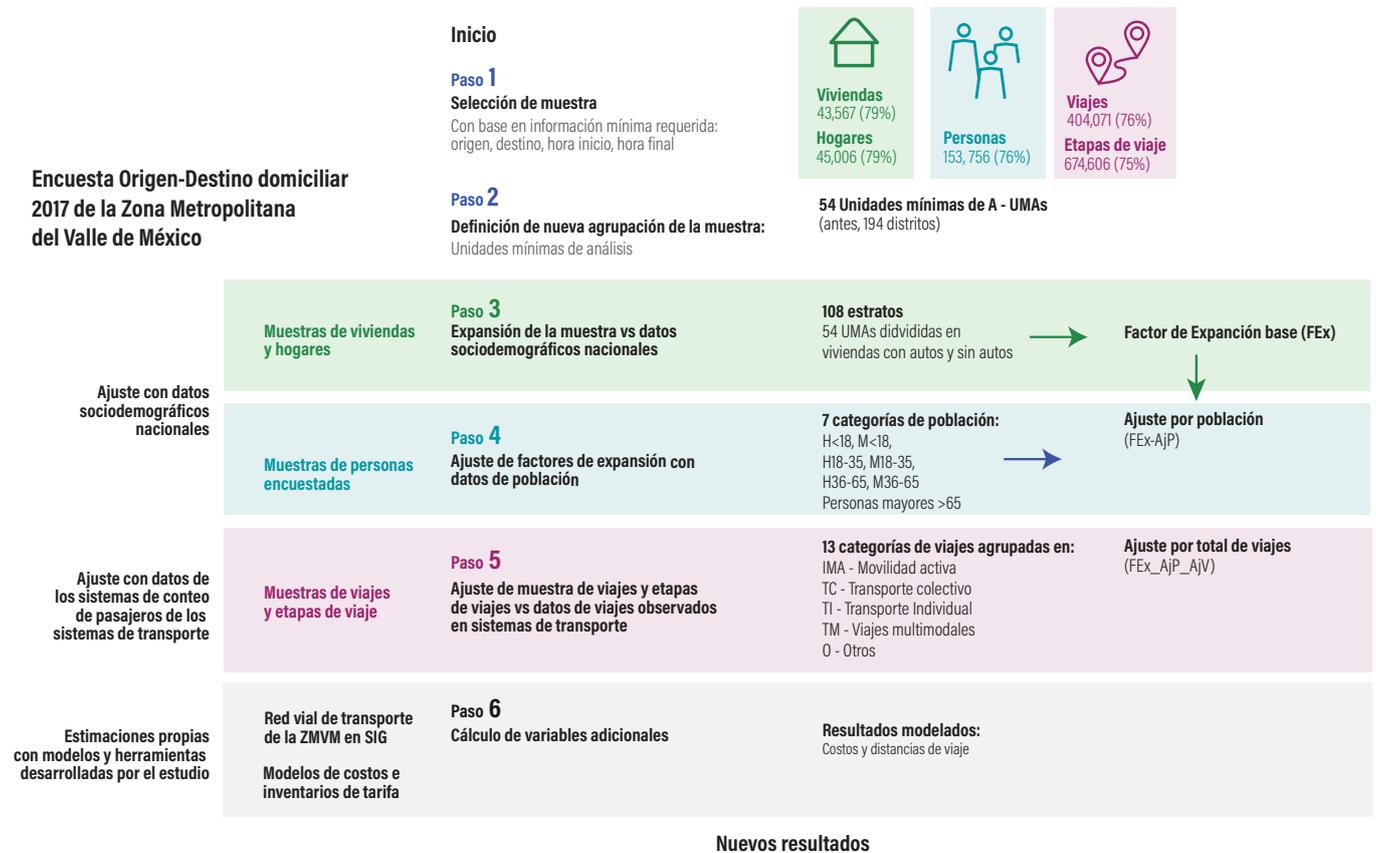
Dentro de este marco, las fuentes complementarias a la EOD-2017 utilizadas como referencia para el presente ejercicio de reprocesamiento fueron:

- *Tabulados de Población 1990-2010* de INEGI (INEGI s.f.b.)
- *Sistema para la Consulta de Información Censal (SCINCE) 2010* (INEGI 2012)

- *Inventario de Emisiones de la Ciudad de México 2014* (Gutiérrez et al. 2014)
- *Encuesta Intercensal 2015* (INEGI 2015)
- *Parque Vehicular por Entidades Federativas del INEGI* (INEGI s. f.a.)
- Reporte de pasajeros transportados, emitidos por los sistemas automatizados de peaje de los sistemas Metrobús, Sistema de Transporte Colectivo Metro, Tren Ligero y Tren Suburbano.

La metodología comprendió seis grandes pasos: validación de la muestra; definición de las nuevas unidades mínimas de análisis (UMA); expansión por número de viviendas y hogares; ajuste por población; definición de grupos por edad y sexo; ajuste de viajes y tramos de viaje por sistemas de conteo

Figura 1 | Resumen de la metodología empleada en el reprocesamiento independiente de la EOD-2017



Fuente: Elaboración propia

de pasajeros y pago automatizados, y cálculo de las variables adicionales de distancia y costo. El proceso que se siguió para llevarlos a cabo se esquematiza en la Figura 1.

La validación de la muestra (paso 1) determinó un nuevo universo válido de observaciones. Con esta base se definieron las nuevas UMAs en el paso 2. En los pasos 3, 4 y 5 se procedió a calcular nuevos factores que permitieran expandir las respuestas de la encuesta para lograr una mejor representación de la población. Este cálculo se realizó a partir de la comparación de los resultados expandidos de la encuesta original y de nuevos datos publicados y extraídos de distintas fuentes. Finalmente, en el último paso se calcularon indicadores adicionales útiles en el estudio de la movilidad urbana.

Paso 1. Validación de la muestra

El primer paso consistió en un filtrado en el que se revisaron las bases de datos de la EOD-2017 para verificar la representatividad estadística de la muestra. Se inició con la selección de un conjunto de casos dentro de la base de datos de **viajes** que cumplieran con el registro de respuesta para cada una de las siguientes cuatro variables descriptivas de cada viaje: origen, destino, hora inicio y hora fin⁵.

Una vez seleccionada la muestra, se excluyeron aquellos registros de las bases de datos de **viviendas, hogares, personas y etapas de viaje** asociados a la clave de viaje que no cumplieran con el criterio de validación indicado en el párrafo anterior⁶. De esta manera quedó establecida la muestra definitiva del estudio en todas las bases de datos de la EOD-2017 en las que se mantuvo entre el 75 y 80 por ciento de los registros originales.

Paso 2. Definición de nuevas unidades mínimas de análisis

Una vez determinado el nuevo conjunto de datos en el paso anterior, se procedió a revisar la muestra disponible en cada uno de los 194 distritos originales que componían el diseño muestral, con la finalidad de definir nuevas unidades mínimas de análisis (UMA) en los casos en los que resultara necesario.

El primer parámetro de agrupación consistió en verificar la existencia de respuesta para la variable de tenencia de vehículo particular (automóvil o motocicleta). La observación de esta variable en los estudios de demanda de transporte resulta clave dado que el número de vehículos a los que se tiene acceso está asociado al número de viajes que se realizan con motivo de trabajo (Dissanayake y Morikawa 2010, Sartori y Robledo 2012).

De acuerdo con la experiencia del equipo técnico de WRI en la revisión de estudios de demanda de transporte, se estableció como condición de agrupamiento que cada UMA presentara un mínimo de 50 casos válidos para la variable de tenencia de auto para cada posibilidad de respuesta *sí* (1) y *no* (0). En la primera iteración del análisis se identificó el cumplimiento de la condición señalada para cada área geográfica; en iteraciones posteriores se agruparon aquellas unidades que no cumplieran con la condición, hasta lograr cumplirla al tomar como criterios la proximidad espacial y la ausencia de barreras naturales que modificaran comportamientos en la población.

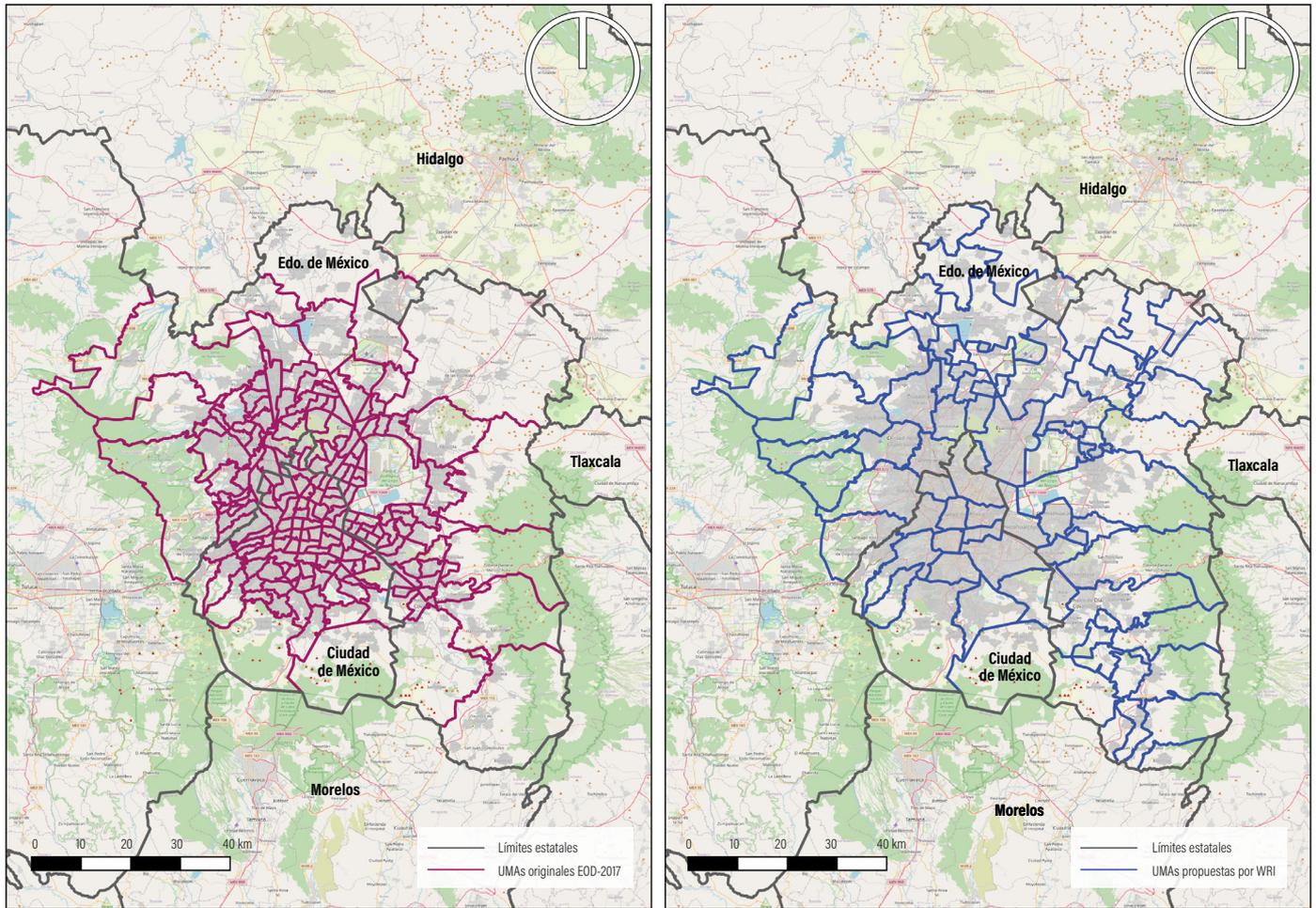
Durante este proceso de conformación de las nuevas UMAs⁷, se verificó también la posibilidad de contar con muestras mínimas por sexo y segmento de edad. De igual forma se intentó desagregar la muestra por sector socioeconómico, ocupación o nivel de escolaridad. Sin embargo, estos intentos no fueron exitosos debido a que existían muy pocos casos efectivamente obtenidos que permitieran representar la población de las unidades muestrales a partir de cada una de estas dimensiones, ya que existe una cantidad considerable de segmentos de la base de datos sin respuesta⁸. Se trata de limitaciones intrínsecas de la EOD-2017 que no permitieron realizar un análisis más detallado de los patrones de movilidad a través de dichas características sociodemográficas.

La Figura 2 presenta la nueva conformación de UMA propuesta por WRI (derecha) comparada con los distritos en los que estuvo dividida originalmente la EOD-2017 (izquierda). Como resultado de este paso se determinó un grupo final de 54 UMAs –casi una cuarta parte de los 194 distritos originales– con el que se realizó la calibración de la EOD-2017 y posteriormente se recalcularon los factores de expansión.

Paso 3. Expansión de la muestra por viviendas y hogares

La primera base de datos en analizarse y ajustarse fue la de vivienda. Como base de comparación se utilizó la Encuesta Intercensal (INEGI 2015) proyectada al 2017⁹. Se compararon cuatro variables: total de viviendas, total de hogares, número de personas que viven en el hogar y tenencia de algún vehículo particular. Como primer resultado de este análisis, que se presenta a continuación, se observaron casos en los que la muestra expandida de la EOD-2017 discrepaba de los datos reportados por la Encuesta Intercensal.

Figura 2 | Unidades mínimas de análisis (UMA) originales (izquierda) y propuestas (derecha) de la EOD-2017



Fuente: Elaboración propia

Variables de desagregación analizadas a nivel de viviendas encuestadas

TOTAL DE VIVIENDAS

Al comparar el número de viviendas reportadas por la EOD-2017 con las de la Encuesta Intercensal, observamos un sub-reporte del 1.41 por ciento. Esta diferencia no se distribuye uniformemente entre las entidades que componen la ZMVM. Mientras que en la CDMX la diferencia reportada fue de tan solo 0.70 por ciento, en el resto de la ZMVM fue de 1.97 por ciento. Es decir, en el primer caso la EOD-2017 subestimó aproximadamente 18 mil viviendas, mientras que para el segundo el desfase fue de 64 mil.

NÚMERO DE INTEGRANTES POR FAMILIA

Al segmentar esta variable para su estudio en tres grandes grupos –hasta dos integrantes, entre tres y cuatro integrantes y más de cuatro integrantes por familia– observamos diferencias

importantes entre la EOD-2017 y la Encuesta Intercensal. Las viviendas en las que habitan familias compuestas por entre tres y cuatro integrantes se encuentran subrepresentadas en un 4.93 por ciento en los municipios externos a la CDMX.

TENENCIA DE VEHÍCULO PARTICULAR EN LA VIVIENDA

Finalmente, al desagregar esta variable por UMAs, encontramos que, para el caso de las viviendas ubicadas en la CDMX, la EOD-2017 sobre-reporta en un 6.04 por ciento el número de viviendas que NO cuentan con vehículo particular, mientras que para el resto de la ZMVM sobre-reporta en un 4.91 por ciento las viviendas que SÍ cuentan con un vehículo particular, ambas con relación a los datos proyectados de la Encuesta Intercensal. La interpretación de los datos originales de la EOD-2017 privilegia, por encima de las necesidades reales, las inversiones orientadas al transporte privado en los municipios periféricos de la ZMVM.

Nuevos factores de expansión para viviendas y hogares

Para corregir el sesgo que las discrepancias anteriores hacen evidente es necesario calcular nuevos factores de expansión para las bases de datos de viviendas y hogares. A partir de la variable de tenencia de vehículo particular se hicieron ajustes aritméticos¹⁰ al calcular factores de ajuste teóricos a partir de las dos posibles respuestas: *sí* (1) y *no* (0). Se calculó el factor de expansión para las dos posibilidades, pero con la diferencia de que ya se tomaban como referencia las UMAs, lo que daba como resultado un total de 108 diferentes factores de expansión (dos factores para cada una de las 54 UMAs).

Estos factores de expansión fueron aplicados a la base de datos de viviendas de la EOD-2017, según si reportaban o no la tenencia de al menos un vehículo particular. Dado que resultan universos de observación muy similares, se optó por utilizar el mismo factor de expansión para la base de datos de hogares, dependiendo de su respuesta en la variable de tenencia de algún vehículo particular y tomando en cuenta que en una vivienda pueden existir uno o más hogares (cada uno respondió por sí mismo la posesión de algún vehículo¹¹).

Paso 4. Ajuste de población y estimación por grupos de edad y sexo¹²

Este paso tuvo como finalidad ajustar los totales de población resultantes por UMA. Se comenzó el análisis de esta base de datos al localizar las variables presentes tanto en la Encuesta Intercensal como en la EOD-2017. Para el análisis se utilizaron las variables de sexo, edad y escolaridad.

Variables de desagregación analizadas a nivel de viviendas encuestadas

POBLACIÓN TOTAL

Al comparar el total de población reportado entre la Encuesta Intercensal y la EOD-2017 (ver Tabla 2) observamos una diferencia de trescientos mil habitantes que no se distribuye de manera uniforme, sino que se concentra principalmente fuera de la CDMX, lo que tiene por efecto la subrepresentación de las UMAs que agrupan los municipios periféricos de la ZMVM.

Tabla 2 | Población total reportada por la Encuesta Intercensal y la EOD-2017

LUGAR	ENCUESTA INTERCENSAL	EOD-2017	DIFERENCIA EN VALORES	DIFERENCIA EN PORCENTAJE
CDMX	8,875,149	8,801,597	-73,552	0.8 %
Resto de la ZMVM	12,312,725	12,085,106	-227,619	1.8 %
Total	21,187,874	20,886,703	-301,171	1.4 %

Fuente: WRI con datos de INEGI 2015 y EOD-2017

Tabla 3 | Población total por sexo reportada por entidad en la Encuesta Intercensal y la EOD-2017

	SEXO	ENCUESTA INTERCENSAL	EOD-2017	DIFERENCIA EN VALORES	DIFERENCIA EN PORCENTAJE
CDMX	Hombre	4,207,412	4,204,709	-2,703	-0.06%
	Mujer	4,667,737	4,596,888	-70,849	-1.52%
Resto de la ZMVM	Hombre	5,960,316	5,894,267	-66,049	-1.11%
	Mujer	6,352,409	6,190,839	-161,570	-2.54%
	Subtotal hombres	10,167,728	10,098,976	-68,752	-0.68%
	Subtotal mujeres	11,020,146	10,787,727	-232,419	-2.11%
Total		21,187,874	20,886,703	-301,171	-1.42%

Fuente: WRI con datos de INEGI 2015 y EOD-2017

POBLACIÓN ESTRATIFICADA POR SEXO

Como se muestra en la Tabla 3, al desagregar la población por la variable *sexo* observamos que las mujeres son el grupo más sub-reportado por la EOD-2017, especialmente fuera de la CDMX. Esto contribuye a ocultar los viajes realizados por este grupo poblacional, el cual experimenta la movilidad en formas diferenciadas de los hombres y presenta necesidades particulares que no siempre se atienden en las estrategias derivadas de los estudios de diagnóstico (Jirón y Singh 2017, Law 1999, Lazo y Contreras 2009).

ESCOLARIDAD DE LA POBLACIÓN

Al analizar el *grado de escolaridad*, se observa que el número de personas con estudios de licenciatura, maestría y doctorado es mayor en el reporte de la EOD-2017 que en la Encuesta Intercensal 2015. Lo inverso ocurre con el número de personas con nivel educativo de primaria y secundaria. Esto evidencia una pérdida de datos importante que sesga los resultados hacia la sobrerrepresentación de personas con mayor grado de escolaridad. Esto podría tener como consecuencia que las políticas de movilidad y transporte no se orienten de forma adecuada hacia los sectores de población que enfrentan situaciones de mayor vulnerabilidad.

POBLACIÓN POR RANGO DE EDAD

Al analizar los datos desagregados por *edad y sexo* de la EOD-2017 se encontró que existieron muestras muy pequeñas, lo que reduce la validez estadística para estimar viajes ligados a las actividades principales por grupos de edad y sexo. Por tal

motivo, argumentamos que no podría estudiarse esta variable en la forma en que los resultados se publicaron originalmente. De ahí la necesidad de realizar su revisión y ajuste.

Ajuste de población por edad y sexo

Como solución a las limitaciones encontradas se decidió realizar una agrupación compuesta por dos variables: el sexo y la edad reportada por la persona entrevistada de acuerdo con grandes grupos de edad. Al analizar estos grupos se observó que para las personas mayores a 65 años, el número de casos por UMA era inferior al mínimo. Para corregir esta situación se tomó la decisión de eliminar la división por sexo sólo para este grupo de edad. Se creó un grupo único que incluyera tanto a hombres como a mujeres mayores a 65 años, para así cumplir con el criterio establecido de 50 casos válidos como mínimo por respuesta, establecido anteriormente.

Se encontraron también personas que no reportaron su edad. Para imputar este dato se utilizó el parentesco que reportaban con el jefe o jefa de familia. A cada parentesco se le asignó un rango de edad, el cual se calculó estadísticamente dependiendo del lazo familiar con el jefe de familia y el género del encuestado (ver Tabla 4). Esta inferencia puede no ser del todo precisa; sin embargo, resulta comparable con estudios similares que estiman la posición de parentesco de mujeres y hombres en el hogar según su edad (Milosavljevic 2007), lo que permite robustecer el análisis realizado y presentar factores de expansión más confiables que tengan en cuenta las limitaciones de la información disponible.

Tabla 4 | Probabilidad estadística de parentesco según la edad de la persona encuestada

PROBABILIDAD ESTADÍSTICA DE PARENTESCO POR SEXO							
	Rango	Jefe(a)	Espos(a)	Hijo(a)	Nieto(a)	Otro	Sin parentesco
Hombres	<18	0%	0%	55%	85%	18%	15%
	[18-35]	19%	18%	34%	14%	39%	50%
	[35-65]	66%	67%	10%	1%	34%	31%
	>65	15%	14%	0%	0%	9%	3%
Mujeres	<18	0%	1%	54%	87%	14%	11%
	[18-35]	12%	24%	33%	12%	30%	48%
	[35-65]	62%	66%	12%	0%	33%	34%
	>65	26%	9%	0%	0%	23%	6%

Fuente: Elaboración propia

Nuevos factores de expansión para personas encuestadas

Finalmente, se obtuvo el dato de población por UMA de la Encuesta Intercensal proyectados al 2017 y se calculó su relación con los datos reportados por la EOD-2017. Con este factor se calcularon los 378 factores de ajuste resultantes de multiplicar los siete grupos de edad y sexo, por las 54 UMAs ya mencionadas.

Paso 5. Ajuste de viajes y tramos de viajes

Contar con información actualizada de aforo vehicular y de personas usuarias de los sistemas de transporte es esencial, ya que proveen datos indispensables para validar los resultados de las encuestas domiciliarias (Ibeas et al. 2015). El siguiente paso de ajuste consistió en revisar el número de viajes que resultan de la expansión de la EOD-2017 y compararlos contra datos de viajes observados en la ZMVM o con segmentos de estos viajes registrados por alguna de las otras fuentes.

Los sistemas estructurados de transporte público registran datos sobre segmentos de viaje de manera continua. Estos segmentos también han sido diferenciados en la EOD-2017 y corresponden a algunos modos de viaje: los sistemas de transporte con sistema de conteos de pasajeros como son Metro, Metrobús, Tren Ligero o Ferrocarriles Suburbanos. En consecuencia, se conforman dos grupos para estimar los factores de ajuste según si se dispone o no de información para la realización de la comparación.

El primer grupo incluye los viajes realizados en los sistemas de transporte público que cuentan con sistemas de recaudo y control de pasajeros. Para el segundo grupo fue necesario utilizar parámetros provenientes de otras fuentes, los cuales permitieran corregir desviaciones de los resultados de la muestra expandida en este ajuste. A continuación se describen los cálculos de los factores de ajuste de esta etapa (ajustes de viajes y tramos de viajes) para cada tipo de viaje.

Tabla 5 | **Categorización de los viajes propuesta por WRI**

GRUPO	MEDIO	DEFINICIÓN	CÓDIGO
Movilidad activa	Pie	Viajes realizados únicamente a pie	MA- Pie
	Bicicleta	Viajes realizados únicamente en una bicicleta	MA-Bicicleta
Transporte individual	Auto	Viajes realizados únicamente en un automóvil particular	TI- Auto
	Bicitaxi	Viajes realizados únicamente en un bicitaxi	TI- Bicitaxi
	Motocicleta	Viajes realizados únicamente en una motocicleta	TI-Motocicleta
	Mototaxi	Viajes realizados únicamente en un mototaxi	TI- Mototaxi
	Taxi	Viajes realizados únicamente en un taxi	TI- TaxiConv
	Taxi app	Viajes realizados únicamente en un taxi de aplicación	TI- Taxi App
Transporte colectivo	Convencional	Viajes realizados en uno o más de los siguientes modos de transporte: microbuses, vagonetas, autobuses, etc.	TC- Convencional
	Masivo	Viajes realizados en uno o más de los siguientes modos de transporte: Metro, Metrobús, Suburbano, etc.	TC- Masivo
	Transporte público colectivo mixto	Viajes que utilizan 2 o más tramos de viaje en donde al menos un tramo haya sido realizado en transporte masivo y al menos otro haya sido realizado en transporte convencional	TC-Mixto
Viajes multimodales	T. Individual + T. Colectivo	Viajes que utilizan una combinación de modos individual y colectivo de transporte	TM- Multimodal
Otros	Otro	Viajes realizados en transporte escolar o de personal	O- Otros

Fuente: Elaboración propia

Definición de las categorías de viaje

Un viaje es el resultado de una o más etapas de viaje en el que cada etapa corresponde a los diferentes modos de transporte utilizados. Al analizar la EOD-2017 encontramos un total de 325 combinaciones posibles de modos para completar un viaje. La mayoría de las combinaciones que resultan se pueden simplificar por su similitud o equivalencia. El punto de partida para el cálculo y aplicación de los nuevos factores de ajuste corresponde a la clasificación de viajes según el principal modo de transporte utilizado¹³. Éste se realiza mediante el análisis de las cadenas de viaje reportadas en la EOD-2017.

En esta lógica establecemos un conjunto de categorías basadas en los modos de transporte utilizados (ver Tabla 5), que son útiles para analizar el reparto modal y así facilitar la estimación de los factores de ajuste de esta etapa. En contraste con la clasificación original de la EOD-2017, en este ejercicio incorporamos la diferenciación entre los viajes en transporte colectivo que utilizan únicamente sistemas de baja capacidad (microbuses, vagonetas, autobuses, etc.) y aquellos que combinan estos y los sistemas masivos de transporte (Metro, Metrobus, etc.). De igual forma, se desagregan los diferentes tipos de servicio de taxi y se agregan viajes que combinan el uso de modos individuales y masivos.

Estimación de los factores de ajuste para segmentos del viaje con información

La comparación entre los viajes reportados por la EOD-2017 y los registrados por los sistemas de conteo de pasajeros se desagregó por periodo del día y se consideraron 3 franjas horarias: periodo matutino, periodo intermedio –también llamado valle– y periodo de la tarde. La información utilizada para esta comparación corresponde al mes de marzo de 2017 y se solicitó directamente a las autoridades responsables de cada sistema de transporte mediante la Plataforma Nacional de Transparencia (PNT).

Factor de ajuste especial para viajes en transporte individual privado

Los viajes en transporte individual privado son de especial interés cuando se considera su volumen en el reparto modal y sus externalidades negativas en congestión, siniestros en el tránsito y contaminación. Al no contarse con información que permitiera una comparación directa entre los viajes estimados por la EOD-2017 y los observados, se buscó integrar datos que permitieran entender el sesgo de la encuesta en este rubro. La tenencia o disponibilidad de vehículos en el hogar es un factor relacionado con la elección modal a favor del vehículo privado (Sartori y Robledo 2012, Sartori 2013, Guzmán y Sánchez Gómez 2021), por lo que su incorporación como criterio para ajustar los factores de expansión de los viajes en modos privados resulta viable.

Caja 1 | Criterios para la estimación y ajuste de viajes en transporte público

Los factores de ajuste se determinaron a partir de 3 situaciones posibles: viajes para los que se contó con información que permitió hacer un cálculo directo de los factores, viajes para los que se determinó el uso de un factor a partir de un orden jerárquico y viajes para los que se utilizó una mediana de los factores de ajuste disponibles.

El primer grupo considera los viajes en los que sólo se utilizó un modo de viaje para el cual se cuenta con un factor de ajuste calculado, tales como viajes en modos masivos: Metro, Metrobús o Mexibús. Para el segundo grupo se consideraron los viajes que pudieron haber utilizado dentro de su cadena de viaje dos o más de los transportes para los cuales se cuenta con un factor de ajuste calculado. En este caso, se definió el factor que sería utilizado mediante una jerarquía definida con el siguiente orden: Metro, Metrobús/Mexibús, Suburbano y otros.

Por último, el tercer grupo se compone de combinaciones de viajes de estas categorías que no utilizaron ninguno de los transportes para los cuales se cuenta con factores de ajuste calculado (por ejemplo, viajes que sólo utilizaron microbuses o autobuses de servicio público). En este caso se utilizó una mediana de los factores de ajustes disponibles para cada periodo.

Una limitación encontrada en el proceso fue la agrupación del apartado de viajes en el sistema BRT de la ciudad, ya que la EOD-2017 no diferenció los viajes realizados en Metrobús y Mexibús, sino que los agrupó en una única variable. Para superar esta limitación fue necesario estimar un factor de ajuste único para ambos modos, mediante la estimación de un promedio ponderado de los factores de ajuste individuales.

Se utilizaron las siguientes franjas horarias para el análisis: periodo mañana (PM) 2 am-10 am, periodo valle (PV) 10 am-4pm y el periodo de la tarde (PT) 4pm-2am.

Fuente: Elaboración propia

La información de referencia sobre la flota vehicular de la CDMX fue la reportada en el inventario de emisiones realizado por la SEDEMA en el 2014. Esta base de datos se considera un censo vivo de vehículos en operación en la ZMVM que tienen que pasar por el proceso de verificación vehicular al menos a partir de los dos años de antigüedad. Para estimar el factor de ajuste de los viajes en transporte individual privado se comparó el total de vehículos de la ZMVM (SEDEMA 2014) contra la flota vehicular estimada a partir de la muestra de la EOD-2017.

La expansión simple de la EOD-2017 resulta en una flota de vehículos particulares de 3.3 millones de automóviles y motocicletas. Sin embargo, en el 2014 los registros vehiculares oficiales reportaron cifras considerablemente superiores: 4.2 millones de vehículos en la ZMVM. Al utilizar los factores de crecimiento de las flotas vehiculares reportadas en el Catálogo

Nacional de Indicadores (INEGI 2019) para el periodo correspondiente, se estima que entre 2016 y 2017 la flota de vehículos privados de la ciudad debió encontrarse entre 4.8 y 5.2 millones de unidades. Esta es una señal preocupante de subrepresentación. Para hacer la corrección, y dado que la EOD-2017 se realizó durante los primeros meses del año 2017, se decidió utilizar como parámetro de referencia la flota reportada al cierre del 2016.

La Tabla 6 muestra el tamaño de la flota vehicular de la ZMVM al año 2014 (SEDEMA 2014), así como la proyección para el año 2017 que utiliza las tasas de crecimiento de referencia (INEGI 2019). A partir de las bases de datos de la flota y las categorías de viaje fue posible desagregar los factores de ajuste en automóviles y motocicletas que aplicamos de manera uniforme a cualquier viaje a lo largo del día¹⁴.

Tabla 6 | **Comparativa entre la flota vehicular estimada por la EOD-2017 y la proyección de WRI a partir de la base de datos SEDEMA**

	Sedema	Proyección WRI	Muestra original expandida	Brecha de sub-representación	
Año	2014	2016	2017 (enero)	Expansión original - Proyección WRI	Brecha -Proyección WRI
Autos particulares	3,108,283	3,519,874			
SUVs	854,283	967,405			
Autos y SUVs	3,962,566	4,487,279	2,977,808	- 1,509,471	- 33.6%
Motocicletas	262,212	396,264	343,695	- 52,569	- 13.2%
Subtotal	4,224,778	4,883,543	3,321,503	- 1,562,040	- 32.0%

Fuente: Elaboración propia, con base en INEGI (2015, 2017, 2019) y SEDEMA (2014)

Tabla 7 | **Resumen de factores de ajuste para viajes por modo por periodo**

	MB/Mexibús	Metro	Suburbano	Tren ligero	Auto	Moto	Otros (micro), etc	TC
Periodo mañana	1.23	1.07	1.20	0.75	1.27	0.97	1.08	1.06
Periodo valle	1.95	1.69	1.76	1.09	1.93	1.48	1.65	1.62
Periodo tarde	1.57	1.28	1.20	1.03	1.52	1.16	1.29	1.27

Fuente: Elaboración propia, con base en INEGI (2015, 2017, 2019) y SEDEMA (2014)

Factor de ajuste para viajes en otros modos de transporte

Finalmente se calculó el factor de ajuste para los demás modos de transporte no descritos en los anteriores apartados (a pie, bici, taxis, taxis de aplicación, bicitaxi, mototaxi, otros). Para estos viajes no se contó con información que permitiera realizar un ajuste a partir de la comparación entre los datos de la muestra expandida y datos observados. Como solución se utilizó una mediana de los ajustes estimados para los modos con información disponible (Metro, Metrobús/Mexibús y Suburbano) de forma que también se contara con un factor diferenciado por periodo del día (PM, PV o PT).

Resumen de factores de ajuste para viajes por modo

Como producto final del paso de ajuste de viajes y tramos de viajes, se presenta en la Tabla 7 el resumen de los factores de ajuste de viajes por modo y por periodo. Estos se utilizaron para recalcular la expansión de viajes de la muestra en la base de datos de transporte.

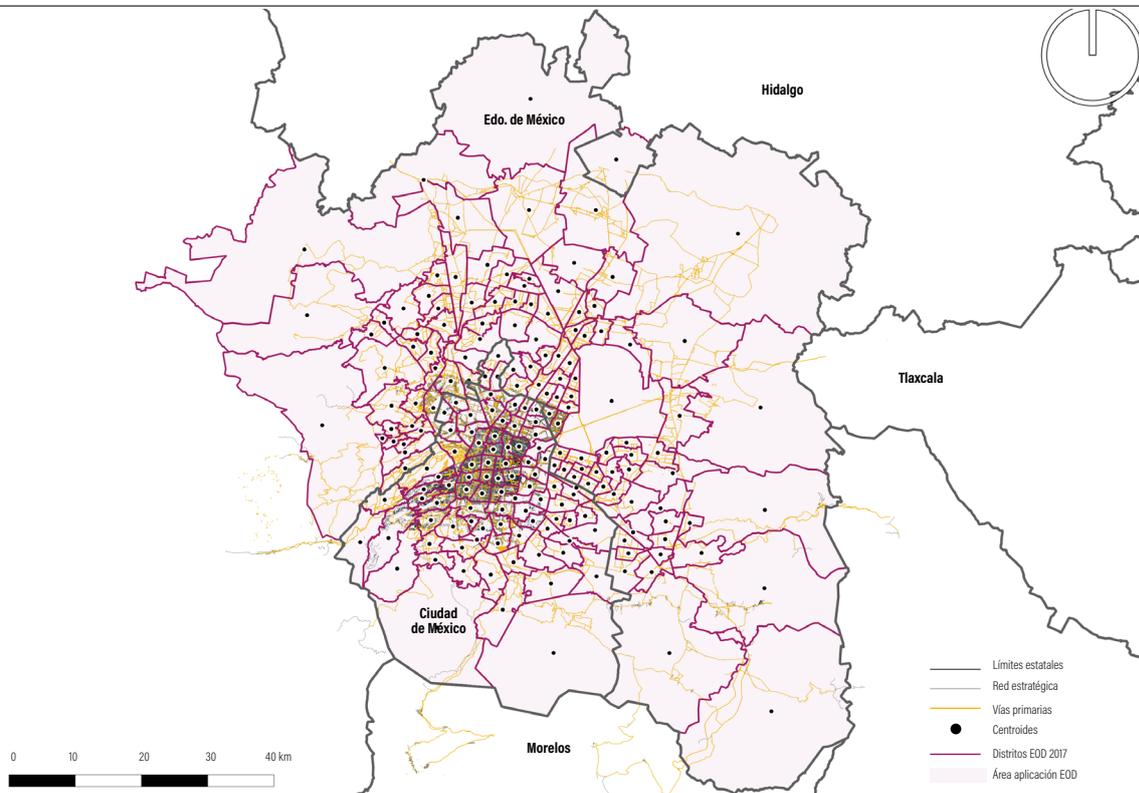
Paso 6. Estimación de variables adicionales

Distancia de los viajes en la ZMVM

Una vez ajustados los factores de expansión de la EOD-2017, podemos caracterizar la movilidad de la ZMVM y estimar la distancia recorrida desde el universo de viajes que la integran. Esta estimación se realizó a través de dos métodos de acuerdo con el modo de viaje.

La distancia recorrida por los viajes en todos los modos motorizados, así como en movilidad activa con excepción de los viajes “a pie”, se calculó a partir de un análisis geográfico que asigna una distancia probable de desplazamiento de acuerdo con los orígenes y destinos de los viajes referenciados a las UMAs. Para esto se utilizó un modelo de la red vial de la ZMVM en un sistema de información geográfica (SIG) en el que se diferencia la jerarquía vial y se identifican vías de uso exclusivo para peatones, transporte público y vehículos privados. Se incluyen como parámetros de la red el límite de velocidad de las vías, la velocidad observada en flujo libre y el volumen de servicio de la vía. Éstos se estimaron con base en la metodología del manual de diseño de carretas *Highway Capacity Manual* (HCM 2000). En la Figura 3 se muestran los elementos principales de este modelo de análisis.

Figura 3 | Unidades mínimas de análisis (UMA) originales y propuestas de la EOD-2017



Fuente: Elaboración propia

Una vez integrada la información en el SIG se ejecutó un algoritmo de cálculo de caminos mínimos para definir la ruta más corta entre centroides de los distritos de origen y destino del viaje y obtener su distancia. Para el caso de los viajes con inicio y fin dentro del mismo distrito fue necesario realizar un ajuste adicional, ya que este modelo arrojaba un resultado de cero. Inicialmente se tomó el criterio de asignar una distancia de un km a los viajes con esta característica, pero al visualizar que existían distritos muy extensos, éste se consideró insuficiente, por lo que se optó por calcular su distancia combinando las variables de área y radio aproximado de la UMA¹⁵.

Por su parte, la distancia recorrida por los viajes en modo “a pie” se calculó a partir de una metodología más sencilla. Su estimación resulta del cálculo directo de multiplicar la duración en minutos reportada de cada viaje, por una velocidad promedio de caminata de cuatro km/h¹⁶.

Costo económico de los viajes en la ZMVM

MODOS COLECTIVOS

Al analizar la EOD-2017 se encontró que no se disponía información sobre el costo del 29 por ciento de los viajes realizados en modos colectivos de transporte. Entre los viajes para los que sí se disponía información se encontró que un 10.1 por ciento reportaba costos de cinco pesos o menos para viajes que en promedio tomaron casi dos horas, lo cual señala probables errores. El esquema tarifario del transporte colectivo

en la ZMVM está basado principalmente en la venta de boletos para realizar viajes sencillos, con esquemas de transbordo en los sistemas estructurados. Para lograr representar de forma más realista los costos de viaje se decidió recalcular los registros de la base de datos para los que se encontraron costos fuera de un rango razonable (basados en tarifas y costos obtenidos indirectamente) según la distancia recorrida o el modo de transporte, así como para las personas encuestadas que no revelaron el costo de su viaje.

Otra limitación observada en la base de datos de transporte de la EOD-2017 consistió en que el diez por ciento de la muestra no reportaba los extremos del viaje completos. En algunos casos faltaba el origen, en otros los destinos o ambos. Para no descartar esta información y representar los patrones de viaje de la mejor manera posible, se estimó el costo de los que tenían al menos un extremo del viaje, asignándoles la tarifa según el modo de transporte correspondiente.

El costo se estimó desagregando los viajes en tres grandes grupos: los viajes realizados dentro de la Ciudad de México (CDMX), aquellos completados en los municipios cercanos a ésta pertenecientes al Estado de México (Edomex), y aquellos realizados desde y hacia los distritos restantes (otros municipios). Estos últimos tienen una distancia mayor y por lo tanto mayor costo. La Tabla 8 concentra las tarifas de los diversos medios de transporte colectivo en el año 2017, obtenidas mediante consulta a las páginas oficiales e investigación en el sitio.

Tabla 8 | Costo estimado del medio de transporte según origen y destino de viaje

Modo	TIPO DE VIAJE (ORIGEN - DESTINO DEL VIAJE)					
	CDMX	Edomex	Otros municipios	Edomex/CDMX	Otros municipios CDMX	Otros municipios Edomex
Colectivo/ Micro	5.50	10.00	15.00	7.75	10.25	12.50
Metro	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Autobús RTP o M1	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Autobús	6.50	15.00	40.00	10.75	23.25	27.50
Trolebús	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Metrobús/Mexibús	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
Tren ligero	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Tren suburbano	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
Mexicable	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00

Nota: Cantidades expresadas en pesos nominales mexicanos al año 2017

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9 | **COV por km para automóvil y motocicleta**

	COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	DEPRECIACIÓN	COSTO OPERATIVO TOTAL POR KM
Automóvil	3.12	2.92	6.04
Motocicleta	1.54	0.83	2.37

Nota: Cantidades expresadas en pesos nominales mexicanos al año 2017

Fuente: Elaboración propia

En caso de que los viajes fueran del mismo grupo, se le aplicó la tarifa consultada de acuerdo con el medio de viaje utilizado. En el caso de que tuvieran extremos de viaje en distintos grupos, se calculó un promedio entre las tarifas consultadas en cada extremo.

MODOS INDIVIDUALES PÚBLICOS Y PRIVADOS

A pesar de que los costos de viaje son un componente esencial de las encuestas de movilidad (Ibeas et al. 2015), la EOD-2017 no recabó información sobre los correspondientes a automóvil privado. Por otro lado, hasta un 13.5 por ciento de las respuestas indican no haber gastado o no saber cuánto gastaron al realizar desplazamientos en alguna de las diferentes modalidades de taxi.

Tabla 10 | **Costo estimado de los viajes realizados en distintas modalidades de servicios tipo taxi**

	COSTO MEDIO POR KM (MX\$/KM)	ESTIMACIÓN DEL COSTO MÍNIMO DE VIAJE
Taxi (sitio, calle y otros)	6.50	33.02
Taxi de aplicación	9.30	49.58
Costo más probable		
Bici taxi		10.00
Moto taxi		15.00

Nota: Cantidades expresadas en pesos nominales mexicanos al año 2017

Fuente: Elaboración propia

Para inferir estos datos se realizó una estimación basada en costos de operación vehicular (COV) de automóviles y motocicletas. Éstos se integraron por dos componentes (ver Tabla 9). El primero considera el consumo de combustible y el ciclo de mantenimiento del vehículo, y el segundo, su depreciación.

Para el caso de los taxis de sitio, calle y aplicación (ver Tabla 10), se calculó una tarifa base con el cobro mínimo estimado para cada viaje, mientras que para bicitaxi y mototaxi se utilizó el costo más reportado (moda estadística) por la EOD-2017.

Por último, para los viajes realizados en transporte escolar, transporte de personal u otro, se utilizó el costo reportado por los encuestados. Esto debido a que no se encontraron nuevos datos con los cuales realizar un análisis y por lo tanto resultaba inviable realizar un ajuste para estos modos en particular.

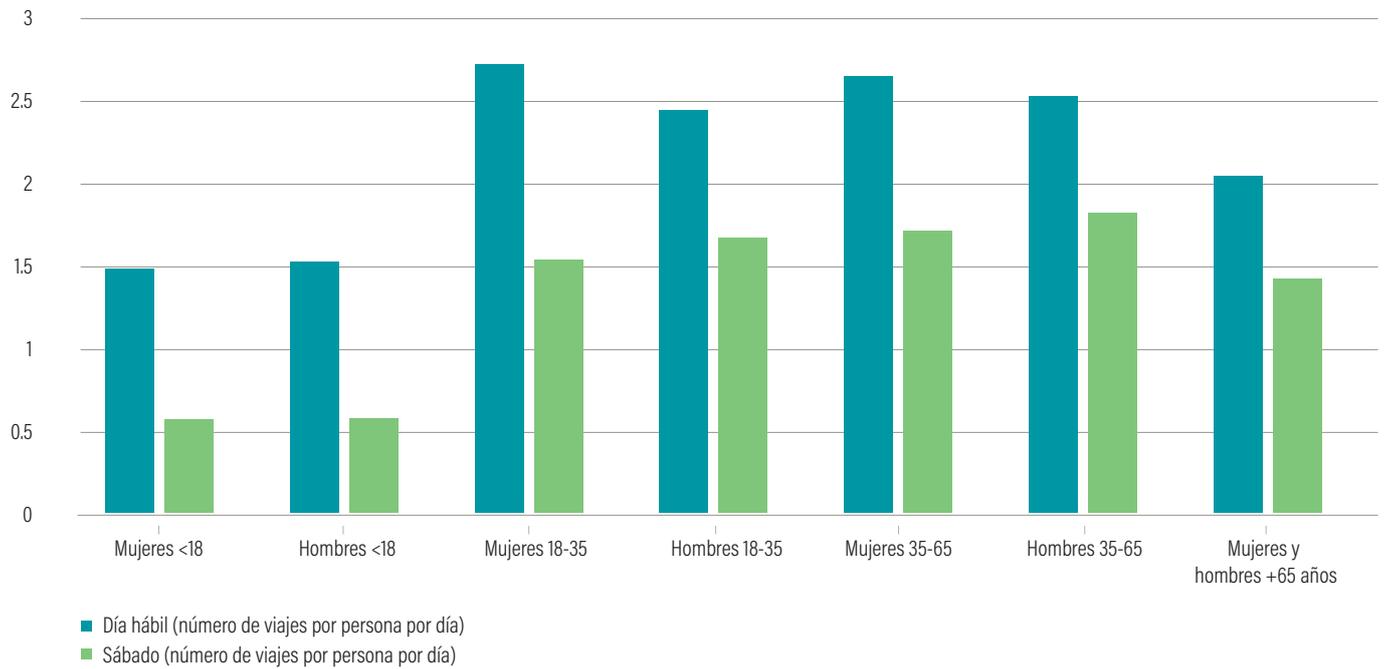
CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA MOVILIDAD DE LA ZMVM

¿Cuántos viajes se realizan en la ZMVM?

Mediante los nuevos factores de expansión aquí presentados, estimamos que en el año 2017 los 21 millones de habitantes de la ZMVM realizaron un total de 47.2 millones de viajes en promedio por día hábil y 28.2 millones en sábado¹⁷. Estas cifras contrastan con la estimación original de la EOD-2017, que encontró únicamente 34.56 millones de viajes en día hábil (es decir, una subestimación de 26.8 por ciento de los desplazamientos diarios). Se reveló también que la diferencia entre la cantidad de viajes que realizan hombres y mujeres es mayor de lo considerado originalmente. Mientras que la EOD-2017 reportó que las mujeres en general viajan 12.1 por ciento más que los hombres, encontramos que esta diferencia es en realidad del 13.6 por ciento. En síntesis, 6.9 millones de viajes de mujeres en un día promedio no serían contabilizados sin los ajustes aquí presentados.

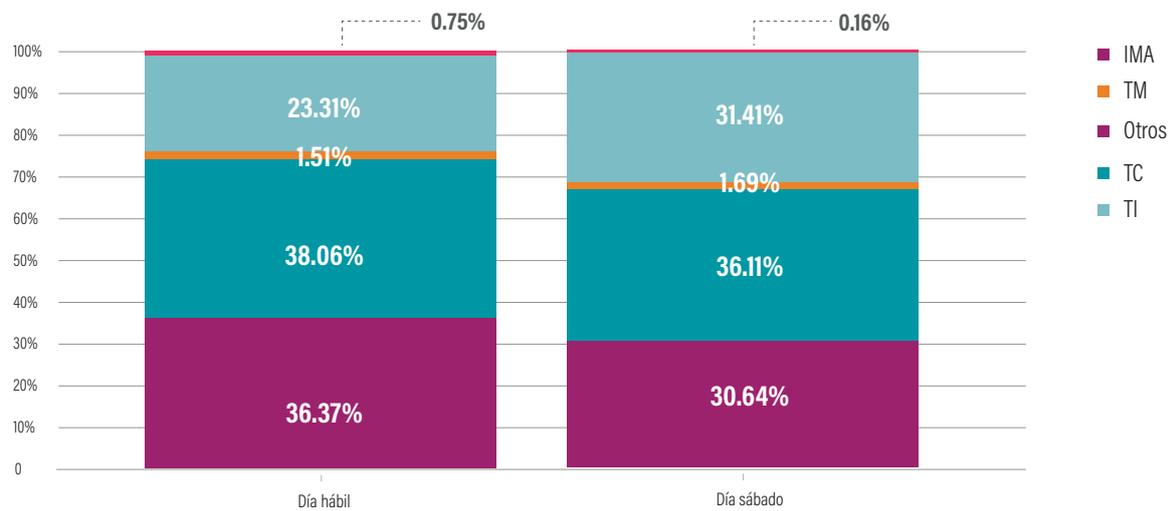
Los desplazamientos externos, es decir, que tienen ya sea origen o destino fuera de la ZMVM, ascienden a 991,275 viajes en un día promedio. El patrón de generación de viajes¹⁸ por área geográfica corresponde con lo esperado de acuerdo con la concentración de población, vivienda y actividad económica. Mientras que en la CDMX se genera el 46 por ciento de los viajes, con el 42 por ciento de la población, los municipios del Estado de México aportan el 53 por ciento del total de viajes, con el 58 por ciento de la población.

Figura 4 | Tasa de viajes por grupo poblacional y día de la semana



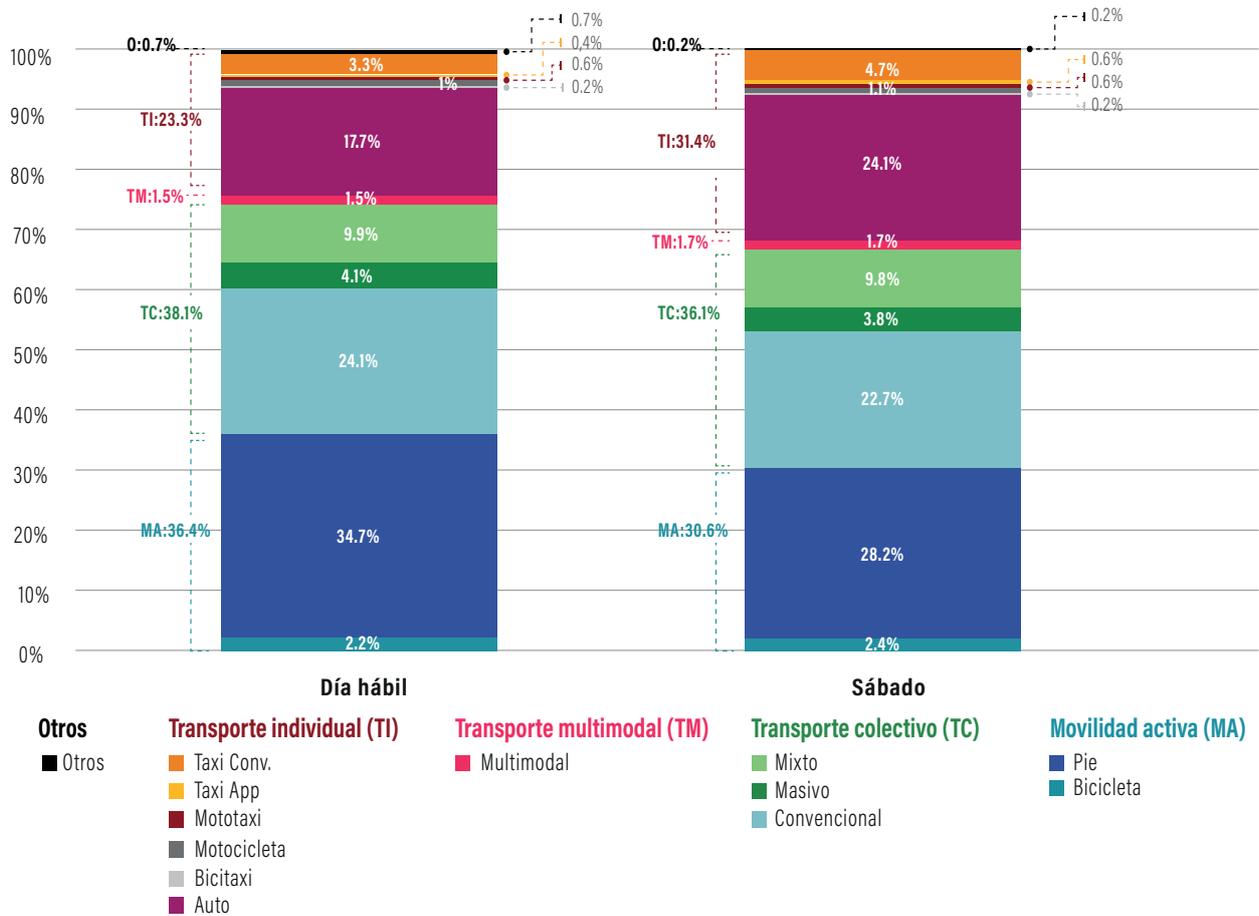
Notas: Valores expresan número de viajes por persona al día
Fuente: Elaboración propia, con datos procesados de la EOD-2017

Figura 5 | Partición modal de los viajes en la ZMVM en día hábil y sábado



Fuente: Elaboración propia
Nota: Transporte multimodal se refiere a aquellos viajes que combinan el uso de al menos un modo individual y un modo colectivo.

Figura 6 | **Partición modal conforme a categorías propuestas por WRI. Día hábil y sábado.**



Fuente: Elaboración propia

Nota: MA (movilidad activa), TC (transporte colectivo), TM (transporte multimodal), TI (transporte individual), O (otros)

Al revisar la Figura 6 destaca la baja participación de viajes que utilizan exclusivamente transporte colectivo masivo (cuatro por ciento) comparado con quienes mezclan el transporte colectivo masivo y el transporte colectivo convencional, (diez y nueve por ciento en día hábil y sábado respectivamente), o quienes sólo utilizan el convencional (24 y 23 por ciento). Este dato nos ayuda a comprender la necesidad de que los proyectos de transporte promovidos por las autoridades deban trascender hacia todas las escalas e incorporar soluciones intermodales.

Reparto modal por entidad

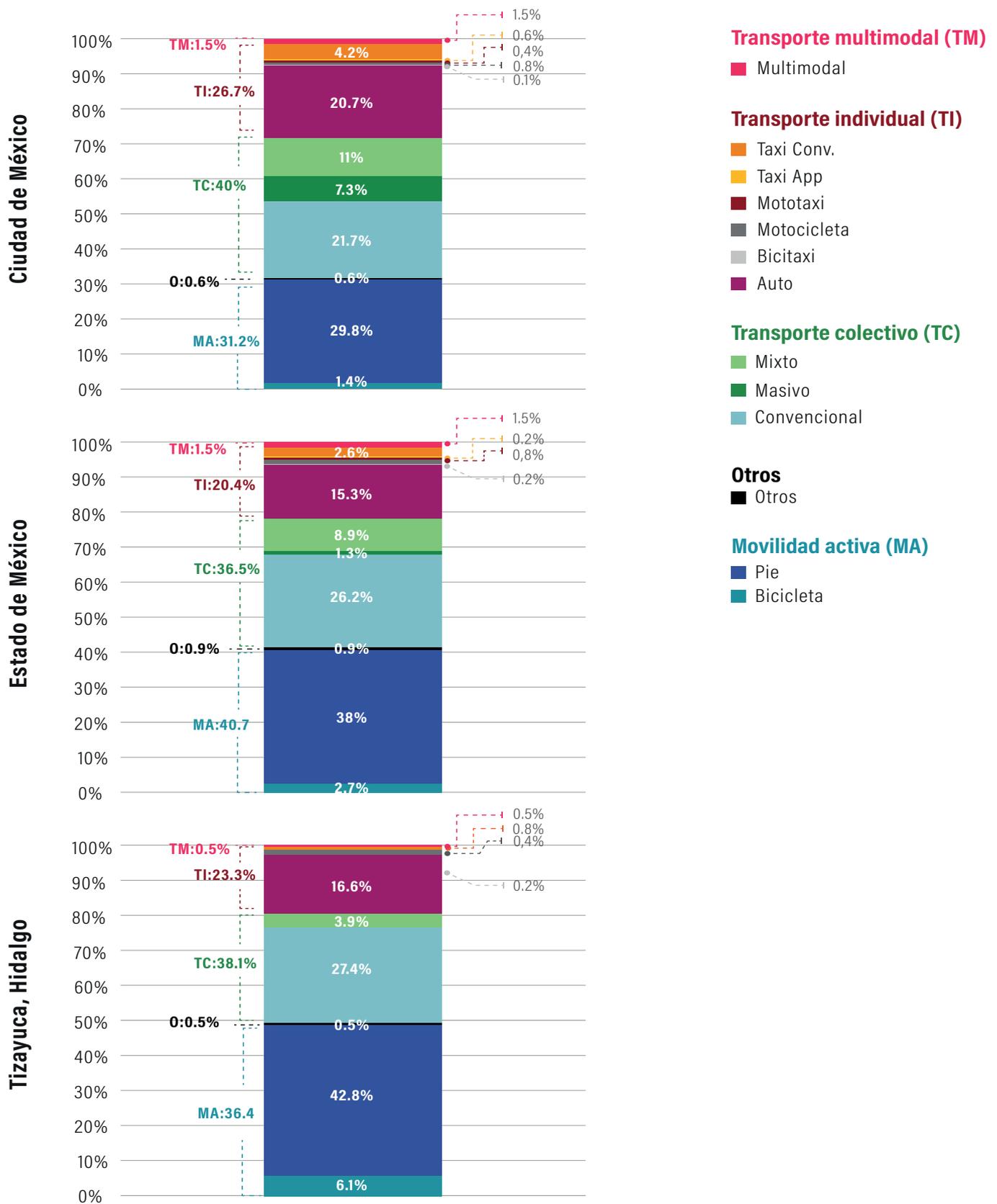
En correspondencia con la oferta identificada, en la CDMX se observa una mayor proporción de viajes que usan el transporte colectivo masivo exclusivamente y un menor número de viajes que usan exclusivamente el transporte colectivo convencional. Destaca una mayor intensidad de uso de modos de transporte individual y del automóvil particular en la CDMX que en

el Estado de México. La proporción en la que se utilizan los diferentes modos de viaje en día hábil varía significativamente entre las entidades federativas de la ZMVM, mientras que en los días sábado se asemejan (ver Figura 7).

Reparto modal por sexo

Al desagregar el reparto modal por la variable sexo encontramos variaciones importantes (ver Figuras 8 y 9). Mientras que las mujeres realizaban más de 10.6 millones de viajes a pie en un día hábil, los hombres contribuyeron con sólo 5.5 millones. En el caso de las mujeres, caminar es el modo de viaje predominante: 42 por ciento de sus viajes en día hábil y 34 por ciento en sábado. También se destaca un mayor uso del taxi y taxi de aplicación, mototaxi y bicitaxi. Adicionalmente, son la mayoría de la población usuaria del transporte colectivo convencional, con 5.87 millones de viajes diarios en promedio contra 5.53 millones de viajes de los hombres. En el caso de los hombres aumenta el uso del automóvil, la motocicleta, los modos masivos de transporte y la bicicleta.

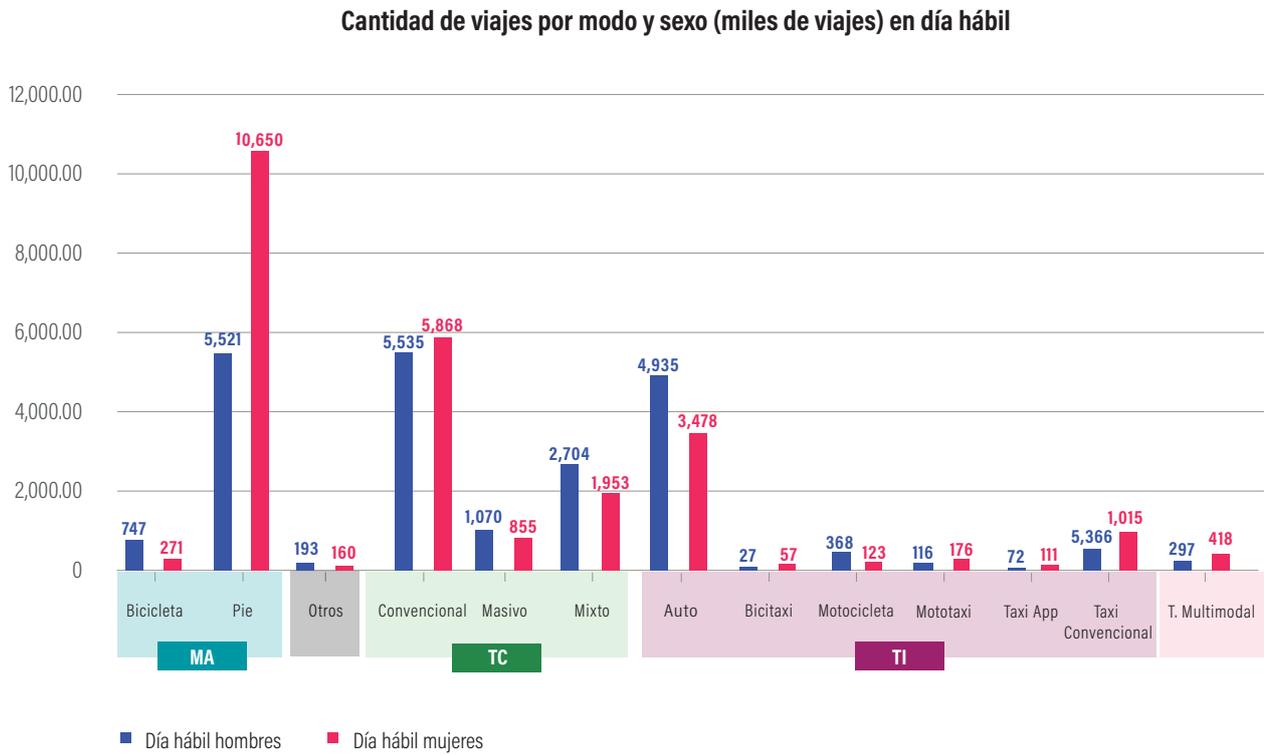
Figura 7 | Reparto modal desagregado por entidad en la ZMVM.



Fuente: Elaboración propia

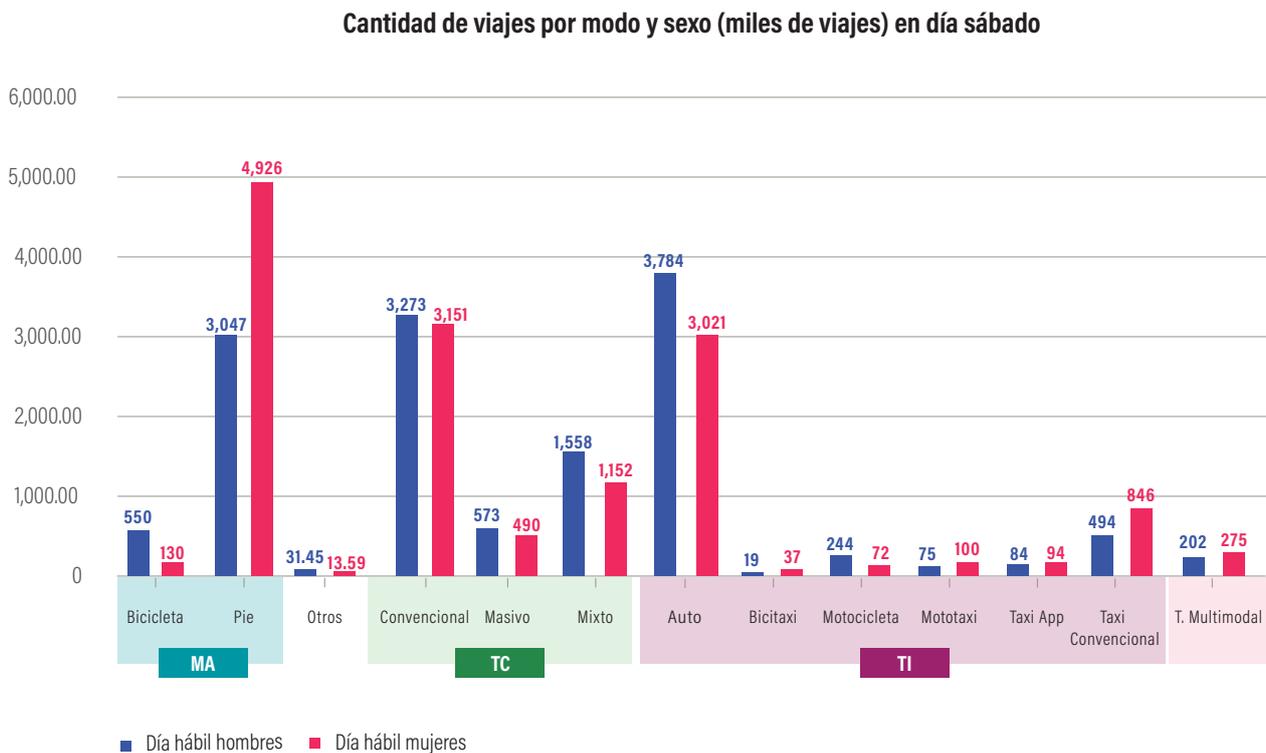
Nota: MA (movilidad activa), TC (transporte colectivo), TM (transporte multimodal), TI (transporte individual), O (otros)

Figura 8 | Total de viajes por modo desagregado por sexo, día hábil. Cantidades en miles de viajes.



Fuente: Elaboración propia

Figura 9 | Total de viajes por modo desagregado por sexo, sábado. Cantidades en miles de viajes.



Fuente: Elaboración propia

¿Por qué se viaja en la ZMVM?

El principal motivo¹⁹ de viaje identificado es “ir al trabajo”, con el 42 por ciento del total en día hábil y el 32 por ciento en sábado. Los viajes con motivo “estudio” son el segundo mayor conjunto de viajes en día hábil (22 por ciento). Previsiblemente, este motivo de viaje es poco frecuente en sábado (tres por ciento) y en su lugar se colocan “ir de compras” y “convivir, deporte o recreación” (28 y 27 por ciento respectivamente).

Al diferenciar los motivos de viaje entre mujeres y hombres, destacan diferencias que se sintetizan en la Tabla 11, tales como que las mujeres viajan menos que los hombres por motivos de trabajo y estudio, y más por motivos relacionados con viajes de cuidado.

En términos globales la distribución proporcional del total de viajes entre los distintos motivos no varía de manera significativa entre los resultados originales y el reprocesamiento de las bases de datos. Sin embargo, en términos absolutos, el reprocesamiento permitió contabilizar 1.4 millones de viajes más que las mujeres hicieron con motivos asociados al cuidado (ir de compras y llevar o recoger a alguien).

¿Qué distancia se recorre en los viajes de la ZMVM?²⁰

El viaje promedio realizado por las personas que habitan la ZMVM cuando se consideran todos los modos es de 4.49 km entre semana y 4.83 km en sábado. Al diferenciar este indicador por entidades encontramos que en el Estado de México se recorren 4.93, en Tizayuca 5.59 y en la CDMX 3.96 kilómetros; los viajes de las mujeres son más cortos que los de los hombres (ver Figura 10). Como se observa en las Figuras 11 y 12, el reparto modal cambia en función de la distancia viajada. Los viajes menores a 1 kilómetro se realizan principalmente a pie, mientras que al aumentar la distancia de viaje este modo decrece y cobran mayor relevancia el transporte público y el automóvil particular.

Tabla 11 | Costo estimado del medio de transporte según origen y destino de viaje

Motivo	Hombres		Mujeres	
Ir al trabajo	6,356.8	54.96%	3,947.7	30.02%
Ir a estudiar	2,827.7	24.45%	2,714.2	20.64%
Llevar o recoger a alguien *	589.7	5.10%	2,614.0	19.88%
Ir de compras *	813.8	7.04%	2,371.6	18.04%
Convivir, deportes o recreación	508.2	4.39%	744.4	5.66%
Ir al médico o recibir atención de salud *	206.9	1.79%	398.1	3.03%
Hacer un trámite	159.1	1.38%	215.9	1.64%
Otro	85.9	0.74%	91.8	0.70%
Ir a acto religioso	18.4	0.16%	51.5	0.39%

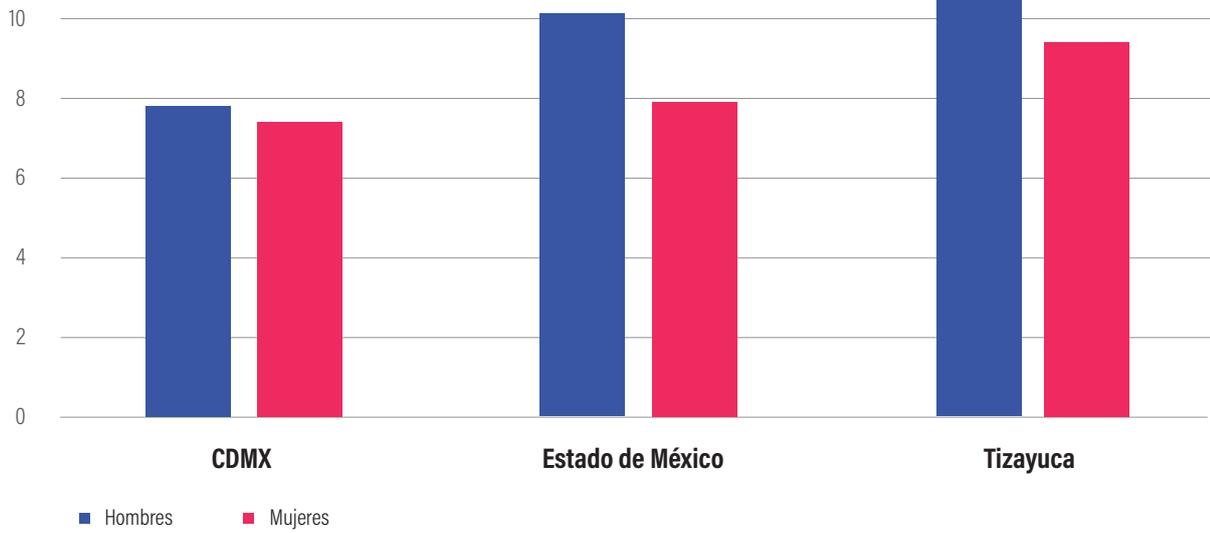
Notas:

Se excluyen viajes con motivo “ir al hogar”

* Actividades asociadas al concepto de movilidad de cuidado

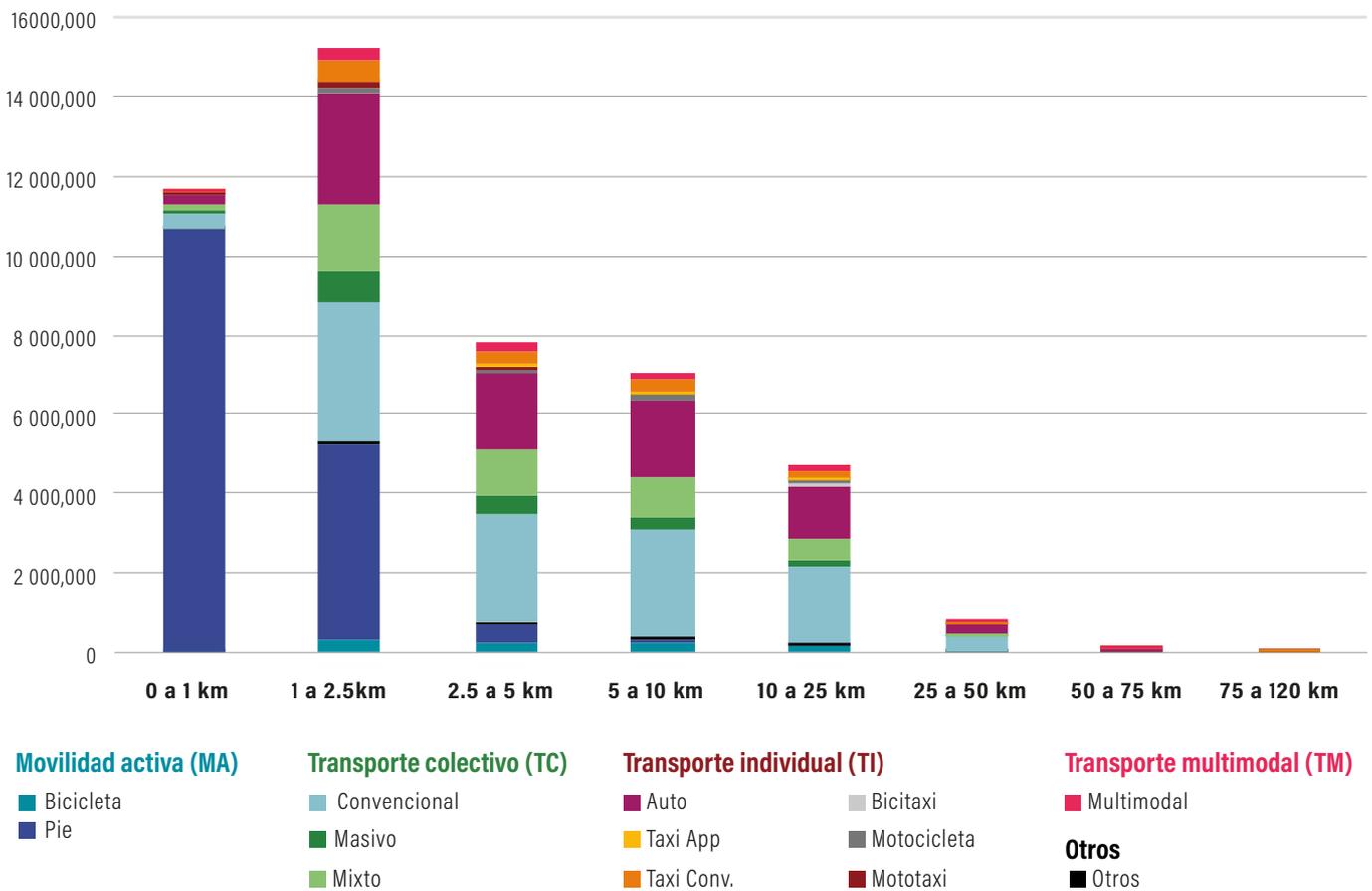
Fuente: WRI con reprocesamiento de datos

Figura 10 | Distancia promedio de viaje por entidad y sexo en día hábil en la ZMVM



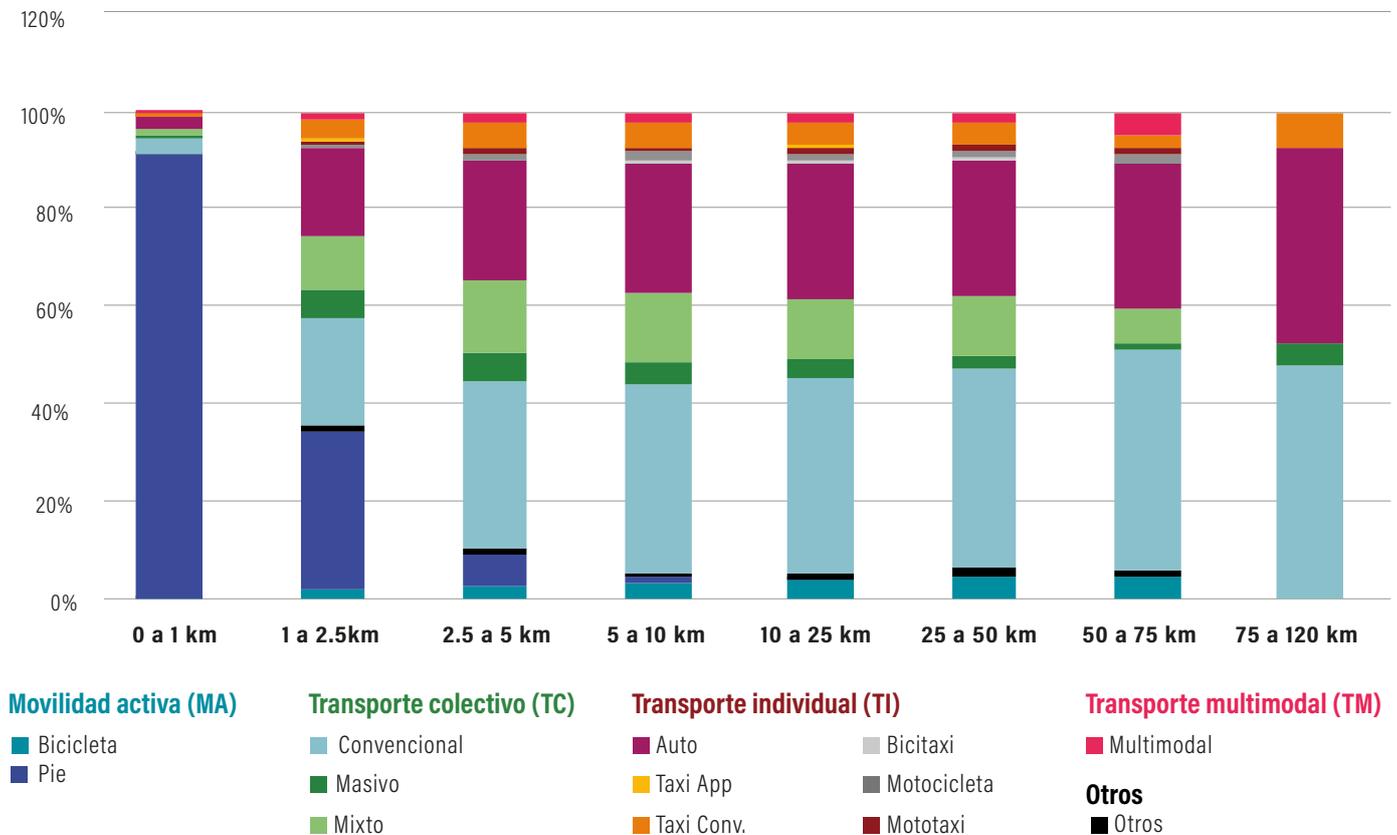
Fuente: Elaboración propia

Figura 11 | Cantidad de viajes por rango de distancia viajada y modo utilizado



Fuente: Elaboración propia

Figura 12 | **Partición modal por rangos de distancia viajada**



Fuente: Elaboración propia

¿Cuánto tiempo toman los viajes en la ZMVM?

El tiempo que una persona invierte para desplazarse y resolver sus necesidades cotidianas es un indicador vinculado a la calidad de vida. El estudio transversal de este indicador ayuda a comprender el fenómeno de desigualdad urbana que enfrentan nuestras sociedades (Brito et al. 2021). El tiempo promedio de viaje²¹ cuando se consideran todos los modos en la ZMVM para el año 2017 fue de 41 minutos. Este indicador no varía significativamente entre entidades, pero sí lo hace entre períodos del día: son más largos los viajes matutinos. Esto guarda relación con una mayor utilización de modos individuales y colectivos durante la mañana y el aumento en proporción de los viajes a pie durante la tarde.

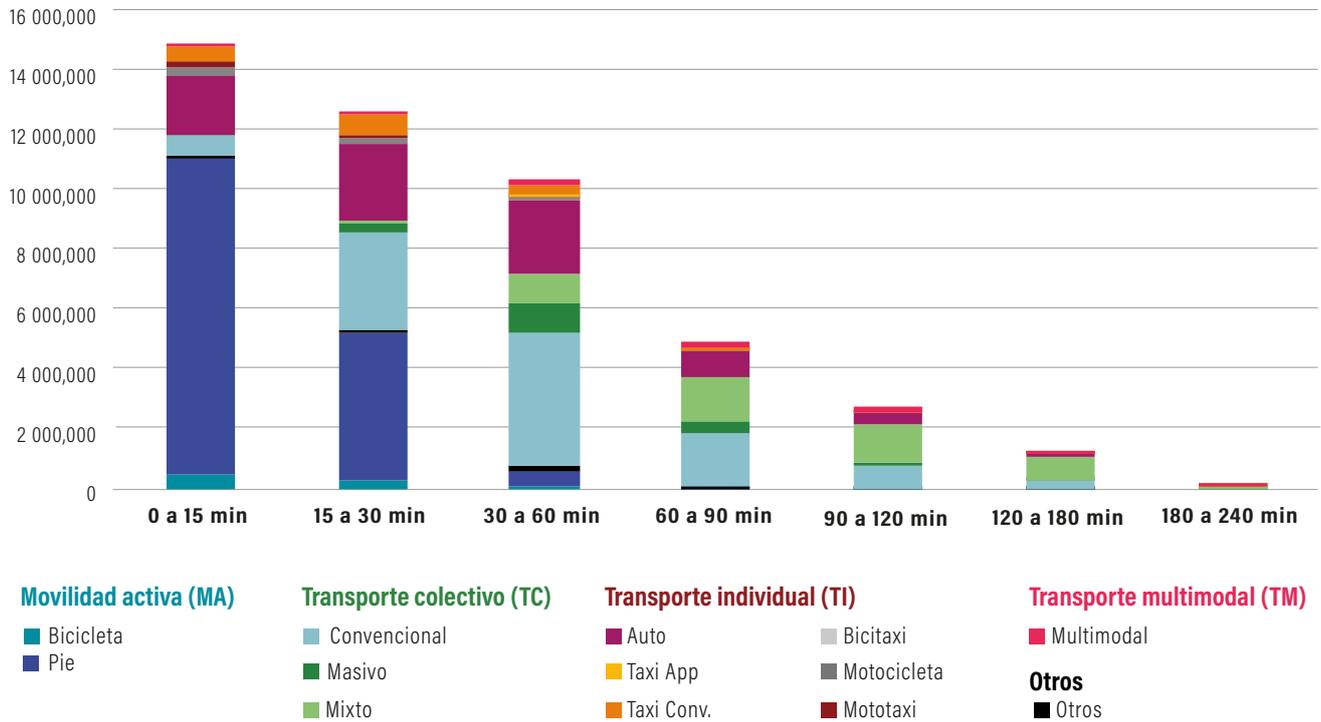
Evidentemente, los tiempos de viaje están relacionados con la distancia recorrida, pero también con el motivo de viaje. Los viajes para ir al trabajo toman más tiempo (54 minutos promedio en día hábil y 51 en sábado). También, se encontró que durante los días hábiles existen algunos motivos de viaje

que se asocian a viajes más cortos, como son el “ir de compras” (24 minutos), “llevar o recoger a alguien” (21 minutos), “ir a un acto religioso” (30 minutos) e “ir a estudiar” (31 minutos).

Pudo observarse que algunos motivos de viaje son sistemáticamente más largos que el resto, como son el “ir al médico o recibir atención de salud” (47 minutos) y “hacer un trámite (45 minutos en día hábil y 46 minutos en sábado), además de “ir al trabajo”.

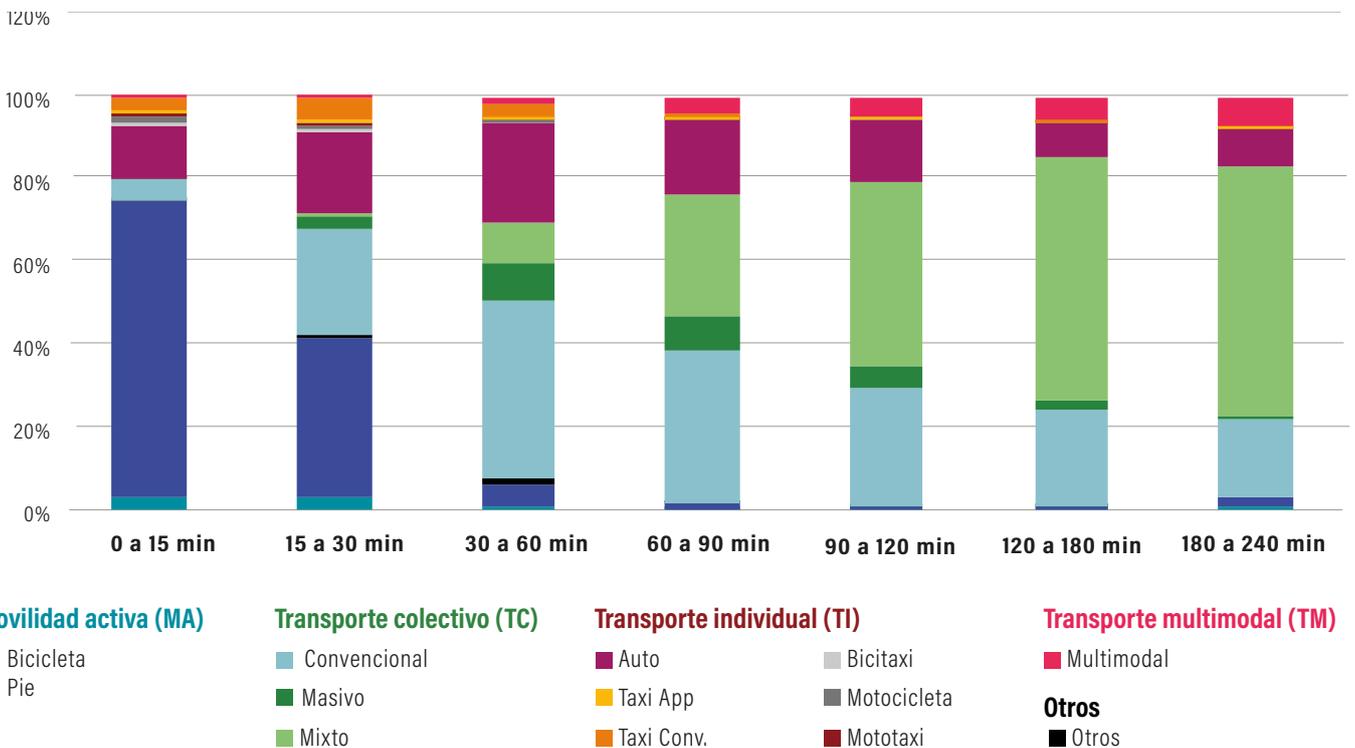
El análisis modal muestra que las personas que viajan mediante transporte multimodal y transporte colectivo mixto emplean 80 y 95 minutos respectivamente en días hábiles (ver Figuras 13 y 14). Los modos de transporte colectivo masivo, el transporte colectivo convencional y el automóvil particular presentan los tiempos de viaje promedio en día hábil de 56, 52 y 42 minutos respectivamente. A partir del análisis de las bases que sustenta esta publicación pueden realizarse los cruces de información necesarios para comprender mejor las diferencias en la duración de estos viajes.

Figura 13 | Cantidad de viajes por modo y tiempo de viaje



Fuente: Elaboración propia

Figura 13 | Cantidad de viajes por modo y tiempo de viaje



Fuente: Elaboración propia

¿Cuánto cuesta moverse en la ZMVM?

El costo promedio de viaje en la ZMVM fue 13.20 pesos en día hábil y 16.80 pesos en sábado. El mayor costo observado en sábado es un patrón consistente para las entidades que conforman la ZMVM y está directamente relacionado con el aumento de la distancia promedio recorrida y la proporción de los viajes realizados en automóvil.

En la CDMX un viaje promedio cuesta 1.9 pesos menos que en resto de la ZMVM. Al desagregar este indicador por sexo, se encontró que las mujeres realizan viajes de menor costo que los hombres, en parte por su mayor número de viajes a pie y menor número de viajes en auto.

El costo de viaje tiene también relación con el motivo de realizarlo. Se encontró que los viajes para “ir al médico o recibir atención de salud” implican el mayor gasto: 24 pesos en día hábil y 30 pesos en sábado. Mientras los viajes para “ir a trabajar” costaron en promedio 18 pesos en día hábil y en 16 pesos en sábado. Los viajes con motivo “ir a estudiar” tuvieron un costo promedio en día hábil de 8 pesos. El modo de viaje es el factor que más impacta en el costo de viaje. El taxi de aplicación fue el modo más caro, en promedio 85 pesos por viaje en día hábil y 82 en sábado. El segundo modo más costoso en promedio es el taxi convencional, 44 pesos por viaje en día hábil y 47 pesos por viaje en sábado.

El análisis a partir de los costos de operación vehicular, sin incorporar la depreciación del vehículo, estimó que los viajes en automóvil individual cuestan 35 y 36 pesos en promedio en días hábiles y sábado respectivamente. En contraste, las alternativas de transporte colectivo en promedio costaban entre 6 y 16 pesos dependiendo el tipo de viaje y el día de la semana.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La revisión y reprocesamiento independiente de las bases de datos que componen la EOD-2017 permitió corregir algunos de sus sesgos de representación más importantes. Con ello, quien la utilice podrá obtener una perspectiva más completa y poner una mirada más equitativa sobre la movilidad en la ZMVM. Esta base de datos ajustada, con el respaldo de una metodología robusta y transparente, se pone a disposición del público a través de las páginas web de WRI para que la comunidad técnica y de planeación urbana y de transporte pueda utilizarla más efectivamente.

Una forma de utilizar la base de datos ajustada como insumo para futuros análisis consiste en la desagregación de las diferentes variables que describen la movilidad en la ZMVM,

tales como el motivo, el modo, el tiempo y los costos de viaje, por variables como el sexo o la edad de las personas que la experimentan.

Las 194 UMA originales de la EOD-2017 fueron reagrupadas en 54 nuevas áreas geográficas para poder solucionar el problema del sesgo causado por el bajo número de observaciones en los municipios de la periferia. Esto implicó sacrificar algo de granularidad original del análisis, pero permitió recuperar representatividad estadística en las zonas subrepresentadas para obtener resultados más robustos. El cambio en el nivel de desagregación espacial permitió incorporar variables relativas al perfil sociodemográfico de las personas que se desplazan diariamente en la ZMVM, con lo que se mitigan los sesgos estadísticos que comprometían la calidad de la representación de los resultados originales de la EOD-2017 para los grupos sociales invisibilizados por el muestreo y sus resultados.

La base de datos se enriqueció con tres variables relevantes para el estudio de la movilidad urbana de la ZMVM:

1. Categoría de viaje: facilita el análisis del reparto modal y se definió mediante el análisis de los modos usados durante la cadena de viaje de cada desplazamiento registrado en la encuesta.
2. Distancia de viaje: se estimó mediante el análisis de la red vial del área de estudio y se calculó para cada combinación de origen-destino.
3. Costos de viaje: se completó la variable mediante modelos de costos, ya fuera al representar las tarifas por modo y/o mediante la estimación de los costos de operación de automóviles particulares y motocicletas.

El reprocesamiento de la EOD-2017 mediante la comparación sistematizada con los datos de pasajeros movilizados por los sistemas de transporte público permitió suplir la ausencia de origen de levantamientos de campo diseñados para contabilizar el total de viajes que ocurren entre dos o más zonas, utilizados para calibrar el modelo de viajes resultante conforme a la práctica internacional (Ortúzar 2012, Gonzalez, Dell’olio y Moura 2015, Ibeas et al. 2015).

Concluimos que existe un sub-reporte global de viajes en la EOD-2017 de alrededor del 25 por ciento. Es decir, la modelación con los datos de la encuesta reportó un menor número de viajes que los que realmente se realizaron. Este fenómeno es común en las encuestas domiciliarias de movilidad y obedece a factores complejos entre los que destacan el método de aplicación de los cuestionarios, sesgos de apreciación entre los encuestados y errores en la estratificación de la muestra, entre otros (Sammer et al. 2018).

Los problemas detectados con la EOD-2017 justifican la necesidad de seguir la práctica internacional en la que las EOD suelen acompañarse de ejercicios cruzados de observación en campo que permiten contabilizar los viajes del área de estudio en puntos estratégicos y con ello calibrar el modelo resultante y corregir los posibles sesgos.

Un primer análisis de esta base de datos mejorada nos muestra mayores diferencias estructurales entre la movilidad de hombres y mujeres en la ZMVM que los resultados originales publicados. Este resultado es consistente con la literatura reciente en la materia (Villagrán 2017, Jirón y Singh 2017, Alcantara de Vasconcellos 2010, Moscoso et al. 2020). Sin embargo, no había sido cuantificado de forma precisa para el caso de la ZMVM²².

A partir del análisis presentado, hacemos la siguiente serie de recomendaciones para la realización de futuras EOD en la ZMVM y en otras ciudades del país:

1. En conjunto con la realización de las EOD, consolidar los datos de personas transportadas por los sistemas de transporte y flujos vehiculares en vías de acceso a las zonas urbanas.
2. Realizar conteos vehiculares distribuidos en toda su área de estudio, y considerar para ello los diferentes modos de viaje (a pie, bicicleta, individuales, colectivos) para obtener datos observados reales, calibrados y ajustados a los modelos de movilidad.
3. Robustecer los inventarios estatales de registros vehiculares; actualizar y depurarlos periódicamente para tener una base de comparación que permita realizar estimaciones más precisas.
4. Monitorear y registrar de forma permanente los volúmenes de viajes en transporte individual y colectivo en las ciudades de mayor importancia del país.
5. Revisar periódicamente los resultados de las EOD y, si es necesario, actualizarlas después de su contraste con indicadores producidos por entidades especializadas, en ejercicios tales como los que constituye el presente ejemplo.
6. Dada la dificultad inherente de recabar datos en las zonas geográficamente periféricas de la ciudad, se recomienda considerar un exceso de casos sobre el mínimo requerido para alcanzar la validez estadística de la muestra.
7. Pensar el transporte como un espacio que facilite las actividades de cuidado y diseñar los instrumentos de levantamiento de datos de manera que logren visibilizar la movilidad asociada a esta actividad y sus particularidades.
8. Robustecer las variables asociadas al perfil sociodemográfico de tal manera que se cuente con la posibilidad de analizar la movilidad a través de diferentes categorías de análisis tales como el género, la etnicidad, las discapacidades o el ingreso.
9. Finalmente, es conveniente investigar y desarrollar nuevas aplicaciones de recopilación de datos sobre la movilidad basados en nuevas tecnologías informáticas disponibles, de tal forma que se reduzca la dependencia en las EOD como insumo único de caracterización de la movilidad en las ciudades.

NOTAS FINALES

1. La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) está compuesta por las 16 alcaldías de la Ciudad de México, 59 municipios conurbados del Estado de México y el municipio de Tizayuca, en el Estado de Hidalgo.
2. En <https://www.inegi.org.mx/programas/eod/2017/#Documentacion> puede consultarse la documentación específica de la encuesta que incluye la metodología, instrumentos y sus resultados.
3. Para futuras referencias, el cuestionario ampliado del censo de población y vivienda de INEGI, del año 2015 y 2020, puede aportar a la construcción de un modelo de elección discreta y relacionado con las variables socioeconómicas de la encuesta para determinar la probabilidad de la realización de los viajes de estos sectores de la población y aportar en la influencia de la ponderación de casos. En el momento de la elaboración de este análisis aún no se encontraban disponibles los resultados del CENSO 2020.
4. Los 194 distritos en los que se divide la EOD-2017 se distribuyeron en 86 distritos para las 16 alcaldías de la Ciudad de México, 108 distritos para los 59 municipios conurbados del Estado de México y un distrito para el municipio de Tizayuca, Hidalgo.
5. Este proceso de validación elimina de manera efectiva aquellos registros de viaje "sin respuesta" para al menos una de estas variables clave. Se tomó esta determinación en vez de otras estrategias como la imputación, dado que la distribución de datos faltantes no tiene un patrón aleatorio, sino que se encuentra sesgada hacia las zonas de la ciudad con mayor exclusión socioespacial. Bajo estas condiciones, una técnica inadecuada de imputación puede aumentar el sesgo y llevar a una interpretación errónea de los resultados (Useche y Mesa 2006).
6. Debido a que al excluir el registro en la base de datos de viajes carecía de sentido analizar las observaciones del resto de las bases de datos, relacionadas mediante el identificador de viaje.
7. Se trata de un proceso de clasificación y agrupación en clústeres, realizado en forma manual. Se tomaron 2 parámetros: 1) que los municipios compartieran similitudes geográficas y no tuvieran barreras naturales que modificaran comportamientos en la población, y 2) que las nuevas UMAs cumplieran con una muestra mínima de 50 encuestas con algún vehículo particular, ya que las zonas conurbadas presentaban este problema.
8. Dentro de la base de datos de perfil sociodemográfico se encontraron 11,553 registros sin datos para el grado promedio de escolaridad, equivalentes al 5.8 por ciento del total. En esta misma base sólo existen 28,414 casos completos, de un total de 200,117 registros.
9. Los valores de la Encuesta Intercensal 2015 se proyectaron al año 2017 con las tasas de crecimiento medio anual por municipio (TCMA) referidas por CONAPO. El resultado de esta proyección es la referencia que se utilizará a lo largo del documento cuando se indique la utilización de la fuente "Encuesta Intercensal".
10. Los factores de ajuste fueron el resultado de dividir a) el número total de viviendas con auto reportadas por la Encuesta Intercensal (proyectada al 2017) sobre el número de respuestas positivas a la tenencia de un auto registradas por la EOD-2017, y b) el número total de viviendas sin auto reportadas por la Encuesta Intercensal (proyectada al 2017) sobre el número de respuestas negativas a la tenencia de un auto registradas por la EOD-2017. Ambos cálculos tomaron en cuenta las nuevas UMA resultado del paso 2.
11. De acuerdo con el INEGI, el hogar censal se refiere a la unidad formada por una o más personas, vinculadas o no por lazos de parentesco, que residen habitualmente en la misma vivienda particular; por su parte, la vivienda es un espacio físico-material delimitado y con entrada independiente en el que pueden cohabitar uno o más hogares censales.
12. En correspondencia con los datos oficiales que se refieren exclusivamente a mujeres y hombres y no incluyen otras identidades sexuales.
13. Por ejemplo, combinaciones infrecuentes de viajes como dos modos individuales distintos (p.ej. bicitaxi y automóvil) se simplificaron al asignar el viaje al medio principal utilizado.
14. Los nuevos factores fueron el resultado de dividir: a) el número de vehículos ligeros y b) el número de motocicletas reportadas por la base de datos de SEDEMA, sobre: a1) el número de automóviles particulares y el b1) número de motocicletas resultado de la EOD-2017 respectivamente.
15. Este cálculo estimó la distancia recorrida por cada viaje a partir de obtener el valor de un radio teórico para cada distrito, de acuerdo con su superficie geográfica. Se utilizó debido a su simplicidad y fácil reproducibilidad y se excluyeron del cálculo los modos de viaje "a pie". Este modelo de cálculo puede sustituirse por procesos más complejos al utilizar software especializado de modelación de transporte.

16. Por su naturaleza, una proporción muy importante de los viajes "a pie" se completaron dentro de la misma UMA o distrito de la EOD-2017, es decir, iniciaron y terminaron dentro de la misma unidad de análisis. Esto implicaba que aplicar el procedimiento de cálculo utilizado en los otros modos de transporte resultaría en una sobreestimación de la distancia viajada dado el extenso tamaño de algunos de estos distritos. En su lugar, el método para estimar los viajes a pie se compone de un cálculo aritmético con una variable (los minutos de viaje de acuerdo con la hora de inicio y hora de finalización del viaje reportados por las personas entrevistadas) y una constante equivalente a 4 km/h como velocidad promedio peatonal determinada con base en la literatura disponible (Bosina y Weidmann 2017, Burgos y D'Otero 2015).
17. Cabe destacar que la movilidad sabatina en la CDMX presenta diferencias importantes con la de otras ciudades del resto del país, esto debido a diferencia en las dinámicas laborales, por lo que no debe tomarse como aproximación al realizar estimaciones sobre otras ciudades.
18. Para este caso definimos la generación de viajes como el total de viajes realizados por las personas, cuando se considera el lugar de su residencia y sin considerar directamente el par origen-destino del viaje.
19. Para el reporte de resultados sobre los motivos de viaje no se considera "Ir al hogar" en el análisis del volumen de viajes. Esto constituye la práctica usual en los análisis de movilidad, debido a que este motivo representa un requisito evidente de toda cadena de viaje desde la perspectiva de una encuesta domiciliar. Es decir, se considera inminente la necesidad de volver al domicilio una vez que se ha salido para realizar alguna actividad y es más relevante el análisis de las razones que motivaron los viajes.
20. Como ejemplo, una búsqueda de recursos electrónicos mediante Google Académico con las palabras "Estimación distancia de viajes Valle de México 2017", no arroja ningún resultado comparable al indicador que aquí se propone. En los primeros 10 retornos de la búsqueda, 4 tratan sobre temas ambientales como la calidad del aire y el acceso a áreas verdes, 2 sobre valoración económica, 1 sobre uso de autos particulares, 1 sobre planeación de la movilidad activa y 2 sobre otras ciudades del continente. Entre las palabras clave o extractos regresados por la búsqueda no se encontró la palabra "distancia".
21. El tiempo de viaje es un dato revelado por las personas encuestadas que declararon la hora de inicio y fin de su viaje. Este dato aún puede contener un sesgo de apreciación y puede diferir de futuros resultados de tiempo modelados.
22. Soto Villagrán (2017) explora las diferencias de género en la movilidad urbana a partir del caso de la Ciudad de México, con un enfoque en la percepción de las mujeres sobre la experiencia de viaje, mientras que Pereira et al. (2020) exploran las diferencias en los patrones de movilidad desde la perspectiva de género a partir de los datos de la EOD-2017, pero sin realizar ningún ajuste ni reprocesamiento independiente de la información.

BIBLIOGRAFÍA

Alcantara de Vasconcellos, Eduardo. 2010. *Análisis de la movilidad urbana. Espacio, medio ambiente y equidad*. Bogotá: CAF.

Bosina, Ernst y Ulrich Weidmann. 2017. "Estimating Pedestrian Speed Using Aggregated Literature Data". *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications* 468: 1-29. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2016.09.044>.

Burgos, Fredy Alberto Guío y Juan Carlos Poveda D'Otero. 2015. "Variables microscópicas en la velocidad de caminata". *Estudios de Transporte* 19 (2): 143 a 153. <https://www.estudiosdetransporte.org/sochitran/article/view/169>.

C40 Cities Final Facility y GOPA. 2018. "Análisis Costo Beneficio Eje 8 Sur". *C40 Cities*. <https://cff-prod.s3.amazonaws.com/storage/files/eRq4OvYtfoinsZUUXmKV1EDuDN0mJcsmFOWsXDKz.pdf>.

Casado, Jose Maria. 2008. "Estudios sobre movilidad cotidiana en México". *Scripta Nova* 12 (273). <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-273.htm>.

Dissanayake, Dilum, y Takayuki Morikawa. 2010. "Investigating household vehicle ownership, mode choice and trip sharing decisions using a combined revealed preference/stated preference Nested Logit model: case study in Bangkok Metropolitan Region". *Journal of Transport Geography* 18 (3): 402-10.

Egu, Oscar, y Patrick Bonnel. 2020. "How Comparable Are Origin-Destination Matrices Estimated from Automatic Fare Collection, Origin-Destination Surveys and Household Travel Survey? An Empirical Investigation in Lyon". *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 138: 267-82. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.05.021>.

Google. s.f. *COVID-19 Community Mobility Report*. <https://www.google.com/covid19/mobility?hl=es>. Último acceso el 23 de marzo de 2022.

Gonzalez, Felipe, Luigi Dell'olio, y Jose Luis Moura. 2015. *Manual de Encuestas de Movilidad: Preferencias Declaradas*. Santander: Createspace Independent Publishing Platform.

Gutiérrez, Abril Alejandra, Daniel Bautista Morales, Eunice Cortés Alfaro, Francisco Hernández Ortega, Israel Rodríguez Ramírez, Jorge Lara Osorio, Miguel Ángel Flores Román y Olivia Salas Ramírez. 2014. *Inventario de Emisiones de la Ciudad de México 2014*. Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México.

Guzmán, Dairo Trocha y Juan Camilo Sánchez Gómez. 2021. "Análisis de la elección modal en el área metropolitana del Valle de Aburrá". *Revista de Jóvenes Investigadores Ad Valorem* 4 (2): 60-63.

TRB, Transportation Research Board. 2000. *Highway Capacity Manual*. National Research Council Washington, D.C.

Hernández, Luis Fernando Casales, Luis Rocha Chiu, y Víctor Jiménez Argüelles. 2022. "Estudio de la movilidad en la Ciudad de México mediante sistemas de información geográfica". *Transformación Digital de las Instituciones Educativas*, 60-67. Ciudad de México: Alfa-Omega Grupo Editor. S.A de C.V.

Ibeas, Angel, Felipe Gonzalez, Luigi dell'Olio, y Jose Moura. 2015. *Manual de Encuestas de Movilidad: Preferencias Reveladas*. Santander.

INEGI. 2019. *Catálogo Nacional de Indicadores*. <https://www.snieg.mx/cni/escenario.aspx?idOrden=1.1&ind=6200009767&gen=613&d=n>.

———. 2015. *Encuesta Intercensal 2015*. <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/>.

———. 2012. *Sistema para la Consulta de Información Censal - SCINCE Web*. <http://gaia.inegi.org.mx/scince2/viewer.html>.

———. s. f. (a). *Parque vehicular*. <https://www.inegi.org.mx/temas/vehiculos/>.

———. s. f. (b). *Tabulados Interactivos-Genéricos*. https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?px=Poblacion_01&bd=Poblacion.

INEGI. s. f. (c). *Encuesta Origen Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México (EOD) 2017*. <https://www.inegi.org.mx/programas/eod/2017/#Microdatos>.

Jirón, Paola, y Dhan Zunino Singh. 2017. "Dossier. Movilidad urbana y género: experiencias latinoamericanas". *Revista Transporte y Territorio* 16: 1-8.

Lara Pulido, José Alberto, Gabriela Estrada Díaz, Juan Carlos Zentella Gómez, Alejandro Guevara Sanginés, José Alberto Lara Pulido, Gabriela Estrada Díaz, Juan Carlos Zentella Gómez y Alejandro Guevara Sanginés. 2017. "Los costos de la expansión urbana: aproximación a partir de un modelo de precios hedónicos en la Zona Metropolitana del Valle de México". *Estudios demográficos y urbanos* 32 (1): 37-63.

Law, Robin. 1999. "Beyond 'women and transport': towards new geographies of gender and daily mobility". *Progress in human geography* 23 (4): 567-88.

Lazo, Alejandra y Yasna Contreras. 2009. "Aproximación exploratoria al estudio de la movilidad cotidiana de las mujeres. El caso de La Pintana. Santiago de Chile". 12o *Encuentro de Geógrafos de América Latina*, Montevideo.

Milosavljevic, Vivian. 2007. *Estadísticas para la equidad de género: magnitudes y tendencias en América Latina*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/27843>.

Moscoso, Marina, José Segundo Lopez, Valentina Montoya Robledo, Lina Marcela Quiñones Sánchez, Natalia Lleras, Laura Daniela Gómez, Claudia Adriazola-Steil y Juliana Vega. 2020. *Las Mujeres y El Transporte En Bogotá: Las Cuentas*. <https://wrirosscities.org/research/publication/las-mujeres-y-el-transporte-en-bogot%C3%A1-las-cuentas>.

Ortúzar, Juan de Dios. 2012. *Modelos de demanda de transporte*. Ediciones UC. Santander.

Pereira, Liliana, Aurora Echavarría, Angélica Mazorra, Rogerio Mireles, Silvia Mejía y Pablo Peña. 2020. *Patrones de movilidad con perspectiva de género en la Ciudad de México*. Santiago de Chile: CAF.

Pérez López, Ruth y José Manuel Landin Álvarez. 2019. "Movilidad cotidiana, intermodalidad y uso de la bicicleta en dos áreas periféricas de la Zona Metropolitana del Valle de México". *Cybergeo: European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.33554>.

Sammer, Gerd, Christian Gruber, Gerald Roeschel, Rupert Tomschy y Max Herry. 2018. "The dilemma of systematic underreporting of travel behavior when conducting travel diary surveys—A meta-analysis and methodological considerations to solve the problem". *Transportation research procedia* 32: 649-58.

Sartori, Juan José Pompilio. 2013. "Estimación de la demanda de viajes al trabajo utilizando modelos de elección de modo de transporte y de elección conjunta de modo de transporte y tenencia de vehículo particular en la Ciudad de Córdoba - Argentina". Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, tesis doctoral. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/20950>.

Sartori, Juan José Pompilio y Carlos Walter Robledo. 2012. "Viajes al trabajo en la ciudad de Córdoba: estudio sobre la elección modal y la preferencia por la tenencia de vehículos". *Revista Transporte y Territorio* 7: 26-56.

Useche, Lelly y Dulce Mesa. 2006. "Una introducción a la imputación de valores perdidos". *Terra. Nueva Etapa* 22 (31): 127-51.

Soto Villagrán, Paula. 2017. "Diferencias de género en la movilidad urbana. Las experiencias de viaje de mujeres en el Metro de la Ciudad de México". *Revista Transporte y Territorio* 16: 127-46.

AGRADECIMIENTOS

Reconocemos y agradecemos enormemente el apoyo de todas las personas que a lo largo del proceso de construcción, revisión y producción de esta publicación trabajaron de manera comprometida y con alto nivel de profesionalismo. Especialmente, reconocemos el acompañamiento constante al desarrollo de la publicación por parte de Carlos Muñoz Piña y la revisión final de Carlos Orozco y Orozco. Agradecemos también a las personas que revisaron la publicación desde dentro y fuera de la organización, quienes realizaron valiosas aportaciones y cuya participación fue definitiva para lograr un producto de conocimiento de alta calidad. Participaron como revisoras internas Thiago Guimaraes, Segundo Lopez, Itza Castañeda y Gloria Edith Ferreyra Ortiz. Como revisoras externas participaron en esta publicación Claudina de Gyves, Germán Freiberg y Enrique de la Cruz Castillo.

ACERCA DE LA AUTORÍA

Jose Luis Santana Verduzco es Gerente de Investigación, Datos e Innovación (RDI) en WRI México.

En esta publicación retomó el trabajo inicial del equipo técnico del área de Movilidad Urbana de WRI, y organizó la estructura, revisión bibliográfica, redacción, y validación de resultados. También dio seguimiento y atención a las necesidades de ajuste y respuesta a comentarios durante el proceso de revisión de pares.

Contacto: JoseLuis.SantanaVerduzco@wri.org

Marco Antonio Mendoza González es Analista Senior de Sistemas Integrados de Transporte en WRI México.

En esta publicación implementó la metodología del reprocesamiento de las bases de datos originales de la EOD publicadas por el INEGI. Participó en la respuesta a comentarios durante el proceso de revisión de pares.

Contacto: Marco.Mendoza@wri.org

David Escalante Sánchez es consultor independiente, especialista en transporte público y movilidad urbana.

En esta publicación detectó la necesidad inicial del documento y realizó el planteamiento original para abordarla. Ideó y supervisó el procedimiento para el reprocesamiento independiente de las bases de datos.

Contacto: David.Escalante.Sanchez@gmail.com

Ana Itzel Hernández Ramírez es consultora independiente, especialista en gestión pública.

Participó en la revisión de bibliografía y redacción del documento.

Contacto: ixetl1@gmail.com

ACERCA DE WRI

El Instituto de Recursos Mundiales (WRI por sus siglas en inglés) es una organización técnica global que convierte las grandes ideas en acciones. Establece vínculos entre la conservación del medio ambiente, las oportunidades económicas y el bienestar humano, además de trabajar con líderes y personas tomadoras de decisión para detonar acciones, políticas y proyectos. Escala acciones por medio de la gestión del conocimiento, el desarrollo de capacidades y la incidencia pública. WRI México enfoca su trabajo en cuatro de las seis áreas principales: Ciudades, Bosques, Clima y Energía. También colabora con las oficinas de WRI en Brasil, China, Colombia, Estados Unidos, Etiopía, India, Indonesia, Kenia, Países Bajos, Reino Unido y Turquía. En conjunto, tiene presencia en 50 países con más de 1,700 personas expertas.



Copyright 2023 World Resources Institute. This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of the license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>