

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA
CENTRO DE INVESTIGACIONES SOCIOECONÓMICAS**

TESIS

TESIS
2020

EDUARDO GAMALIEL GARCÍA TERÁN

**“Convergencia en el largo plazo en el transporte
público urbano de pasajeros”**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA

CENTRO DE INVESTIGACIONES SOCIOECONÓMICAS

MAESTRIA EN ECONOMÍA REGIONAL

TESIS

“Convergencia en el largo plazo en el transporte público urbano de pasajeros”

que se presenta como requisito parcial para obtener
el grado de Maestro en Economía Regional

EDUARDO GAMALIEL GARCÍA TERÁN

Comité Evaluador:

Director: Dr. Ignacio Cruz Rodríguez
Codirectora: Dra. Miriam Valdés Ibarra
Lectora: Dra. Alba Verónica Méndez Delgado
Lector: Dr. David Casto Lugo

Saltillo, Coahuila
Junio de 2020

INTRODUCCIÓN	5
CAPÍTULO 1. Elementos del transporte.....	11
1.1 Movilidad.....	11
1.2 Decisiones de modalidad del usuario.....	16
1.3 Función de Producción	19
1.4 Competencia y cambio modal	21
CAPÍTULO 2 Clasificación y operación del Transporte público.....	25
2.1 Clasificación del transporte: Público vs privado.	25
2.2 Clasificación del transporte eléctrico vs motorizado.....	29
2.3 Concesionado vs no concesionado.....	40
2.4 Medios de Transporte Público.....	46
2.4.1 Metro.....	46
2.4.2 Metrobús.....	46
2.4.3 Autobuses de mediana capacidad	47
2.4.4 Tren Ligero	48
2.4.5 Trolebús.....	48
2.5 Características de los sistemas de transporte.....	49
2.5.1 Ciudad de México	49
2.5.1.1. Metro de la Ciudad de México	50
2.5.1.2. Metrobús de la Ciudad de México	53
2.5.1.3. Red de Transporte de Pasajeros (RTP) de la Ciudad de México ...	58
2.5.1.4. Tren Ligero de la Ciudad de México	59
2.5.1.5. Trolebús de la Ciudad de México	59
2.5.2 Guadalajara	60
2.5.2.1. Metro de la Ciudad de Guadalajara	60
2.5.2.2. Metrobús de Guadalajara	61
2.5.2.3. Trolebús de Guadalajara	62
2.5.2.4. Macrobús Alimentador de Guadalajara	62
2.5.2.5. Tren Ligero de Guadalajara.....	63
2.5.3. Monterrey.....	64
2.5.3.1. Metrorrey	65
2.5.3.2. Metrobús de Monterrey.....	65

2.5.3.3. TransMetro de Monterrey	66
CAPÍTULO 3. Determinantes de la relación de largo plazo en el transporte público: Análisis econométrico	68
3.1 Antecedentes del modelo.....	68
3.2 Justificación del modelo de cointegración y mecanismo de corrección de errores para implementar la sincronización del del transporte público y el tiempo de retorno al equilibrio de largo plazo.	73
3.3 Datos y variables a utilizar en el modelo de cointegración y modelo de corrección de errores	74
3.4 Marco metodológico del modelo de cointegración para determinar la relación de largo plazo en los sistemas de transporte público.....	77
3.4.1 Raíz Unitaria	77
3.4.2 Cointegración.....	79
3.4.3 Modelo de Corrección de Errores (MCE).....	82
3.5. Análisis empírico de los determinantes de la sincronización del transporte público.....	84
3.5.1. Prueba de estacionariedad en las series de kilómetros recorridos y pasajeros transportados	84
3.5.2 Estimación del equilibrio de largo plazo para los transportes públicos de las ciudades seleccionadas	91
3.5.3. Estimación del tiempo de retorno al equilibrio de largo plazo para los transportes públicos.....	93
CONCLUSIONES	97
Bibliografía	101

INTRODUCCIÓN

El sector transporte juega un papel sumamente importante en el crecimiento y desarrollo económico de una nación. La constante expansión económica de un país se ve relacionada por sectores clave que determinan el impulso económico en donde el sector del transporte articula las relaciones productivas.

Para poder comprender la dinámica de este sector es necesario entender primero la acción de movilidad urbana. De acuerdo con Jaramillo (2012), la movilidad es una variable que mide el número de veces que se trasladan de un lugar a otro las personas o las mercancías dentro de un sistema que incluye el espacio, tiempo y la forma en que se transportan. En este sentido Rodríguez (2016) indica que para solventar la necesidad de desplazarse de un lugar a otro por cualquier motivo se requiere de un medio de transporte eficaz que cumpla con el objetivo y facilite la realización de esta actividad. Por su parte, Miralles-Gaushch y Cebollada (2003), definen la movilidad como una actividad urbana relacionada con las distribuciones, la forma de las ciudades, el diseño del espacio, el desplazamiento de las personas, los medios que utilizan y dan solución a la necesidad de conexión urbana. Por lo que la movilidad integra una serie de elementos que se encuentran preestablecidos que se lleva a cabo con base en dichas condiciones.

Siguiendo esta dinámica, las comunidades urbanas se configuran al desarrollar actividades económicas y de interés recreativo para las personas. Todas estas actividades se dan fuera del hogar por lo que es necesario una planeación de desplazamiento, llegando a la pregunta ¿cómo desplazarse para satisfacer esta necesidad? por el lado de la demanda, la elección modal; es decir, la decisión de utilizar un medio u otro se pone en función de una serie de factores, en donde se toma en cuenta: el tipo de viaje, la ruta, el tiempo disponible, si viaja solo o acompañado, las preferencias, comodidades, disposición a pagar, tiempo de espera, distancia del viaje, entre otros elementos de interés mientras que la oferta de transporte depende directamente del tamaño de la ciudad, su configuración y la distribución en el espacio de las actividades productivas, así como de la preferencia de movilidad de las personas (Alcântara, 2010,). Al mismo tiempo que las ciudades

crecen, se pueden ir incorporando nuevas modalidades que abren el abanico de opciones para los usuarios.

La actividad del servicio de transporte puede verse desde el punto de vista de una función de producción, en donde la combinación de factores productivos genera un nivel de producción dado. En este caso, el viaje producido por los sistemas de transporte se identifica con el *output* que mientras que los *inputs*, son la combinación de factores, tales como: la infraestructura, los medios móviles, la mano de obra y uno muy importante para el desarrollo de esta investigación es la cantidad de usuarios que se trasladan en cada medio.

Además de las modalidades que se encuentran operando en el mercado, es común que aparezcan nuevas modalidades generando o acentuando un ambiente de competencia. En este escenario, el aumento poblacional y el espacio urbano juegan un papel importante, ya que mientras la población aumenta y el espacio se reduce, la necesidad de transportes alternativos va cobrando mayor importancia (Comunidad de Madrid, 2013). Es por ello por lo que mientras las ciudades cuenten con una mayor densidad poblacional el problema de desplazamiento se vuelve más agudo. Las Ciudades en México con mayor población son Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey, por lo cual, esta investigación se centra en estas tres ciudades, además de que, como se verá más adelante, la estadística solo está disponible para ellas.

En estas metrópolis, los ciudadanos buscan la manera más eficiente de transportarse eligiendo la modalidad que optimice su comodidad, minimice el tiempo de traslado y el gasto a realizar. Las decisiones agregadas de los usuarios por las modalidades que utilizan generan una distribución que se expresa en el porcentaje que obtiene cada modalidad de transporte.

Junto con la gran densidad poblacional se presenta un crecimiento del espacio urbano que crea las condiciones materiales para que se generen diversas modalidades de transporte. En la medida que sigue aumentando la demografía y el espacio, se manifiestan problemas de saturación e ineficiencia en las modalidades

de transporte existentes. Es por ello por lo que el problema de investigación de este documento se centra en la relación de largo plazo entre la demanda de servicios de transporte y la operación de estos y por ende en su viabilidad.

La manera en la que esta relación puede impactar en dicha viabilidad se puede entender si se considera que la decisión agregada de los usuarios de cada modalidad puede variar impactando los ingresos obtenidos por brindar el servicio, los costos directos o la capacidad ociosa que determinan la certidumbre de su operación.

Dentro de esta variedad de modalidades de transporte se encuentran los medios públicos, que cuentan con la característica de cumplir con una vida útil muy larga tanto en la infraestructura que usan como en el equipo móvil con el que operan, (habitualmente por encima de los 30 años) Permanecer en la sociedad a través del tiempo es una característica de los medios de transporte público que resalta la importancia de analizar su función a largo plazo ya que al ser medios construidos con recursos públicos, se espera que tengan soluciones duraderas para el problema de la movilidad urbana.

Se busca evaluar la certidumbre en las operaciones en los medios de transporte público que son el Metro, Metrobús, Tren Ligero, Autobuses de Mediana Capacidad y Trolebús. La periodicidad de cada uno de ellos varía entre medios y ciudades, dependiendo del momento en que se inauguraron.

Este tipo de medios requieren de una constante inversión en infraestructura y equipo móvil. La mayoría de ellos utilizan una infraestructura compartida; es decir, las calles, semáforos, banquetas, estacionamientos, entre otros. Sin embargo, otros tantos utilizan infraestructura propia: vías férreas, carriles exclusivos, estaciones, subterráneos. Se espera que toda esta infraestructura tenga una larga vida útil; por lo tanto, a la hora de incrementar las rutas, líneas o viajes es necesario que, se cuente con la certeza de que esta inversión será un beneficio para la población a largo plazo.

Por ello, se puede esperar que la existencia de una tendencia conjunta se refleje en una relación entre los usuarios (*input*) y la operación de los sistemas de transporte (*output*). Si este comportamiento se mantiene en el largo plazo, se puede esperar que la variable asociada tanto al *input* como al *output*, compartan una tendencia común de largo plazo que confirme que la decisión agregada de los usuarios es estable en el tiempo; es decir, significaría que existe permanencia en el tiempo en las preferencias de los usuarios que no es otra cosa que la formación de un hábito. La costumbre o hábito de utilizar constantemente la misma modalidad puede no ser fácil de cambiar de forma inmediata debido a diferentes factores como el aumento de precios, el incremento en el ingreso de los usuarios, o la incorporación de otro medio de transporte serían los principales determinantes.

Es común que, al incorporarse un medio nuevo en el mercado, los usuarios decidan probar esta nueva forma de desplazarse, cambiando así la modalidad que utilizaban antes. Este cambio es conocido como cambio modal y puede variar o no ser definitivo debido a que las nuevas modalidades o las ya existentes, pueden no satisfacer la necesidad de movilidad de los usuarios. Sin embargo, se espera que los resultados de esta investigación presenten una tendencia de equilibrio entre el *input* y el *output* pudiendo presentar desequilibrios en el corto plazo debido al cambio modal. Sin embargo, en el largo plazo los usuarios pueden volver a utilizar los medios usuales de transporte que han venido utilizando a través del tiempo restableciéndose el equilibrio de largo plazo

Los efectos que guarda el comportamiento de los usuarios, en la toma de decisiones hacia el uso constante de algún medio de transporte, es clave para las administraciones de los medios públicos. Si se logra comprobar que existe una permanencia, en la decisión de los usuarios por su preferencia puede generar certidumbre a las administraciones de las modalidades de transporte. Un ejemplo de ello, puede ser la reacción de las administraciones del transporte público en la disminución o aumento de su capacidad ociosa pues de no comprobarse la estabilidad en el largo plazo, el número de unidades en operación puede disminuir, esto sucede, cuando los usuarios hacen un cambio modal en la forma de

transportarse por lo que habrá menos usuarios y puede generar un mayor número de unidades fuera de circulación o equipo móvil con capacidad ociosa.

Como objetivo general de esta tesis, se busca evaluar si existe una sincronización en el largo plazo entre los kilómetros recorridos y los pasajeros transportados de los diferentes medios públicos que se mencionaron anteriormente. Aunado a esto, durante el desarrollo de la tesis, se pretende cumplir una serie de objetivos particulares. El primero de ellos se desarrolla en el capítulo uno, en donde se pretenden sentar las bases de los conceptos centrales de la investigación y se desarrolla el concepto de movilidad, se aborda la decisión de los usuarios al elegir un medio de transporte, la función de producción y, por último, la competencia intermodal.

Como segundo objetivo, se espera clasificar y comparar los medios de transporte público que se pueden encontrar en las ciudades que se estudiarán. Esto se desarrolla en la primera parte del capítulo dos. En esta parte, se desarrollará al mismo tiempo el tercer objetivo, el cual se fundamenta en describir los diferentes medios de transporte público que se van a estudiar. Así mismo, se analizan las características de la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey.

Como cuarto y último objetivo, se pretende cuantificar la duración del desequilibrio de corto plazo que se presenta presumiblemente debido al cambio modal de los usuarios.

Para realizar este ejercicio empírico se utilizarán datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), los cuales se encuentran en el Banco de Información Económica (BIE) que contiene series históricas originales descentralizadas y de tendencia, con una periodicidad mensual, proveniente de las administraciones de los sistemas de transporte público de cada entidad. Las series de datos a utilizar son los kilómetros recorridos y los pasajeros transportados para cada una de las modalidades a estudiar en las tres diferentes ciudades, como se mencionó anteriormente, la periodicidad de cada par de series varía en cada

modalidad y ciudad, dependiendo de la fecha de inauguración en la ciudad correspondiente.

El documento se divide en tres capítulos. El capítulo uno se conforma de cuatro subtemas; se comienza con un análisis del apartado de movilidad, en el que se describen las definiciones pertinentes, así como el problema que trae consigo el entorno en el que se refieren las implicaciones que resultan de la problemática de movilidad en una ciudad. En un segundo apartado, se revisa la teoría referente a la decisión que toman los usuarios para elegir un medio de transporte u otro, y se profundiza en el conjunto de decisiones que toman los usuarios para desplazarse. Como tercer apartado, se presenta la función de producción como un elemento que relaciona la oferta y demanda de transporte público. En el último capítulo, se añade la competencia intermodal y el cambio modal, en donde se aborda la literatura pertinente a las variantes que tienen los usuarios de elección y cómo estas compiten entre sí.

El Capítulo dos se divide en dos importantes subtemas, en el primero se realiza una clasificación del transporte, en donde se estudia una diferenciación de los diferentes tipos de transporte, este ejercicio es de gran utilidad para poder clasificar los medios que se trabajarán a lo largo de la tesis. En la segunda parte se describen directamente cada uno de los medios de transporte público a estudiar y como estos se desarrollan en sus ciudades.

En el capítulo tres se describe la metodología a investigar, se justifica su implementación y se presentan los resultados obtenidos, de esta forma es posible realizar un análisis sobre los resultados obtenidos y se concluye con los hallazgos obtenidos en la investigación.

CAPÍTULO 1. Elementos del transporte.

En el presente capítulo, se aborda lo referente a la literatura revisada respecto a los temas de: movilidad, elección modal de los consumidores, función de producción, competencia, y cambio modal.

El primer factor importante para resaltar en la investigación es la movilidad, debido a las implicaciones que presenta el hecho de desplazarse, ya que, en una ciudad de grandes dimensiones y una alta cantidad de personas, se busca moverse diariamente a lugares de trabajo, escuela, ocio o para la adquisición de bienes y servicios, se van expandiendo y se incrementan los sectores productivos en la ciudad.

Conforme se expande la economía en la región, los espacios y la movilidad van incrementando, esto genera una mayor demanda de servicios de transporte por parte de los usuarios, por lo tanto, la movilidad se satura y se complican cada vez más los desplazamientos. Para mejorar las condiciones de movilidad en las grandes ciudades, es necesario invertir capital, como infraestructura, nuevas modalidades, capital social, y establecer normas que ayuden a mantener el orden y el buen funcionamiento de los distintos medios de transporte.

Debido a que existen diferentes ofertas de transporte, los usuarios toman la decisión respecto a cuál medio utilizar. Esta decisión puede estar en función de los ingresos, la edad, el viaje a realizar, el tiempo de espera entre otros factores que se analizarán con profundidad más adelante.

1.1 Movilidad

La movilidad urbana se define por Banco de Desarrollo de América Latina (2013) como un factor determinante, tanto para la productividad económica de la ciudad,

como para la calidad de vida de sus ciudadanos y el acceso a servicios básicos de salud y educación.

Por su parte, Aguirre (2017) agrega que la acción de movilidad permite acercar a las personas de forma práctica a los centros de servicios y producción. En contraste, la Comunidad de Madrid (2013), define la movilidad como la necesidad o el deseo de los ciudadanos de desplazarse y agrega que debido a esto, la movilidad es un derecho social que es necesario preservar y garantizar de forma igualitaria; desde este punto de vista, la movilidad urbana se refiere al desplazamiento de las personas o mercancías de un lugar a otro dentro de una determinada ciudad, esta acción es también una forma de satisfacer necesidades. Sin embargo, la movilidad urbana es también un desafío que presentan las grandes ciudades ya que el desplazamiento de millones de personas es un factor importante que impacta en su calidad de vida, por lo que se convierte en un reto la administración ciudadana que lo afronte (Aguirre, 2017).

La movilidad es hoy uno de los problemas centrales que aquejan a las grandes ciudades e inquieta desde los poderes públicos hasta las capas más bajas de la población (Lazo, 2008) sin duda es una cuestión de interés para todos los niveles sociales ya que es el medio por el que se genera la conexión urbana.

Esta autora plantea la movilidad como una condición necesaria en la vida cotidiana de los individuos y como una posibilidad que permite gozar de las oportunidades que brinda la ciudad, pero también señala que el desplazamiento en las ciudades condiciona el acceso a la vivienda, el trabajo, la educación, cultura, salud y en gran parte a las relaciones sociales. Por lo cual, el transporte ocupa un tiempo importante en la vida de los ciudadanos y se transforma en una necesidad básica.

En este mismo sentido, (Orcao, 1989) indica que uno de los elementos básicos para el funcionamiento de las ciudades es su sistema de transporte, el crecimiento de las urbes en paralelo con la población, así como la separación de las zonas urbanas, justifica la importancia del transporte en la escena urbana.

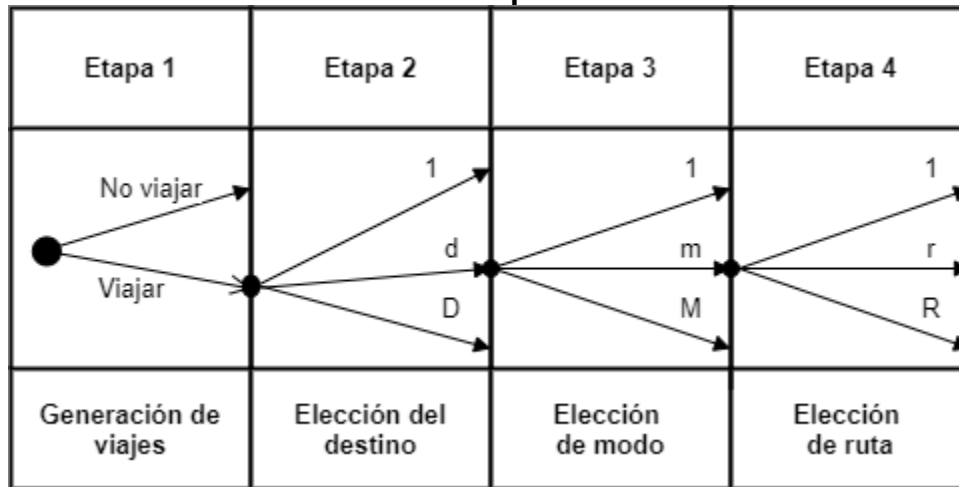
Para comprender los desplazamientos urbanos y qué tipo de transportes se utilizan para llevarlos a cabo, es importante entender que la composición de las ciudades esta directamente relacionada con el tamaño de la misma y con las actividades economicas que en ella se realizan, además de que tanto la estructura de la ciudad como la distribución de las actividades en el espacio, son factores que influyen en la decisión de movilidad de las personas (Alcântara, 2010).

De la misma forma, la movilidad en las ciudades se ve reflejada a través de elementos importantes, como lo son el consumo del espacio, tiempo, energía y recursos financieros. Sin embargo, estos elementos también pueden atraer cuestiones negativas, como lo son los accidentes, la contaminación atmosférica, acústica y congestión vehicular (Alcântara, 2010). Aguirre (2017), agrega que la movilidad genera retos en el entorno, como lo son la extensión y calidad del transporte público, la infraestructura vial, calidad en la salud pública, regulaciones, entre otros.

Un modelo que incluye los elementos mencionados anteriormente y que es ampliamente utilizado para analizar los desplazamientos al interior de las ciudades es el modelo de predicción de demanda de cuatro etapas que intenta representar de manera secuencial o jerárquica, las decisiones de transporte que toma un usuario sobre el transporte en el que se intenta responder a las preguntas:

1. ¿Cuántos viajes se realizan al día o a la semana?
2. ¿Cuál será el destino de cada viaje?
3. ¿Qué modo de transporte utilizará?
4. ¿Qué ruta correcta entre origen y destino se elegirá?

Figura 1. Modelo de predicción de demanda en cuatro etapas De Rus.



Fuente: Economía del transporte de Rus, Campos y Novela (2003).

Cada una de las cuatro preguntas, da lugar a una etapa del modelo para llegar a tomar la decisión. Primero se debe decidir si se viaja o no, a qué lugar se pretende ir, que medio se va a utilizar y que ruta se puede usar tal y como se puede apreciar en la figura 1. Si se agregan las decisiones de los usuarios se puede obtener el objeto de estudio de esta investigación.

En la primera generación de viaje, el individuo toma la decisión de viajar o no, y cuantas veces desea hacerlo en un periodo determinado. Una vez que el individuo decide viajar, pasa a la segunda etapa, que es la elección del destino, en este punto se determina a donde se quiere ir, el destino se elige dentro de un conjunto de opciones que van desde $1, \dots, D$. El individuo toma la decisión de viajar al lugar d . En la etapa siguiente, se selecciona la forma de transportarse, en donde el individuo elige el medio m , entre las opciones $1, \dots, M$. Finalmente, en la cuarta y última etapa, el individuo elige tomar la ruta r , seleccionándola entre las alternativas $1, \dots, R$, las cuales son las disponibles para viajar del origen al destino.

Al tomar esta serie de decisiones secuenciales, el usuario evalúa cuál medio le genera la mayor utilidad posible para transportarse y la decisión de éste resulta de gran importancia para la presente investigación pues las decisiones agregadas de los usuarios constituyen el objeto de estudio de esta investigación.

De esta manera, la movilidad es una acción que engloba varios aspectos, que deben abordarse para poder entender y gestionar una buena movilidad urbana. Primeramente, para que exista una exitosa movilidad se debe contar con la infraestructura necesaria para que se lleven a cabo los desplazamientos; en segundo lugar, se debe contar con leyes y normas de tránsito que regulen la movilidad urbana; como tercer elemento, una buena seguridad vial ya que las condiciones de movilidad dan pie a que se presenten accidentes a la hora de realizar dicha acción (Banco de Desarrollo de América Latina, 2013).

Una de las modalidades que suele ser muy importante en las ciudades, es el sistema de transporte público¹. Desde sus inicios, se ha presentado como uno de los medios más importantes que sostiene la movilidad en las principales ciudades. Esta modalidad resulta muy conveniente debido a que el precio para los usuarios normalmente es bajo a comparación de otros medios. Ello se debe a que es un medio masivo que puede satisfacer grandes cantidades de demandantes. Este medio se destaca también por la vinculación que se genera entre las principales áreas de interés en las ciudades. Este transporte privado se ve incentivado, según Fajardo y Gómez (2015), por los costos de modalidad de transporte privado, mayores costos privados hacen aumentar la probabilidad de utilizar el transporte público, debido a que las personas buscan generar la movilidad al menor precio posible o el que este a su alcance. Es por eso, que en muchas ciudades el medio más utilizado es el público, ya que esta decisión depende directamente de los niveles de ingreso de cada usuario.

El transporte público también tiene cierta relevancia en términos de distribución del ingreso porque es el único medio que permite el acceso a la movilidad a las capas sociales menos favorecidas, la inclusión a los espacios centrales donde se encuentran los centros de trabajo y la dinámica de la ciudad. Un mejor transporte público, aumenta la inclusión social y genera cohesión entre los ciudadanos (Lazo, 2008); sin embargo, para las personas que dependen exclusivamente de este medio

¹ El Transporte público es el servicio de transporte de una ciudad que puede ser utilizado por cualquier persona para trasladarse de un lugar a otro a cambio de una tarifa monetaria.

las condiciones de movilidad pueden representar un costo muy elevado en tiempo y comodidad. Este problema se ve agravado en la frecuente precariedad del sistema vial en las áreas periféricas y la baja calidad del transporte público (Alcântara, 2010).

1.2 Decisiones de modalidad del usuario

Como se mencionó en el apartado anterior, la movilidad es un factor de gran importancia para mantener la estructura económica de una ciudad. Sin embargo, en ciudades donde se concentran altas tasas de densidad poblacional y actividades productivas, el desplazamiento se vuelve un problema cada vez más grave.

Los factores socioeconomicos, demograficos, los patrones de desarrollo espacial, las políticas de transporte y uso de la tierra y cultura, pueden ayudar a explicar las diferencias internacionales en el comportamiento de los viajeros, así como la decisión de utilizar un medio u otro.

La evidencia empírica comparada sobre la movilidad en Alemania y Estados Unidos menciona que, la mayor densidad poblacional es una alta tasa de mezcla del uso de la tierra, la proximidad de los hogares al transporte público y el menor número de automóviles por hogar, se asocia con una menor proporción de viajes en auto privado. Sin embargo, los resultados de esta investigación arrojan que los estadounidenses dependen en mayor medida de automóvil que los alemanes (Buehler, 2011).

Mientras se toma en cuenta la existencia de diferentes medios de transporte, los factores que suelen determinar el uso de las diferentes modalidades suelen ser: la distancia a recorrer, la hora en que van a realizar el viaje, si van solos o acompañados, el costo de transportarse y la comodidad con la que desean hacerlo.

Otro aspecto de suma importancia es el tiempo de traslado a la hora de tomar la decisión de desplazarse. Rouwendal y Nijkamp (2004), realizaron un estudio en donde concluyen que el valor del tiempo de viaje para los trabajadores proporciona

una diferencia sustancial en los desplazamientos diarios, y que los costos de dichos desplazamientos cuentan con una relevancia menor en este tipo de viajes. Los mismos autores mencionan que el espacio, juega un papel cada vez más relevante en los desplazamientos; es decir, la distancia que existe entre los hogares y los centros de trabajo determinan en mayor medida las decisiones de cómo desplazarse.

Schwanen, et al. (2004) coincide con lo señalado anteriormente, ya que considera en su estudio la influencia de la densidad y el tamaño metropolitano, junto con la relación entre empleo y población, así mismo, el impacto que se tiene en la movilidad al incrementar estas dos variables. La distancia juega un papel fundamental puesto que está estrechamente asociada al costo que tendrá que pagar el usuario, al respecto, Alcântara (2010) opina que el desarrollo urbano experimentado por las ciudades incrementó los trayectos y con ello los costos de transporte, por lo cual, las tarifas también aumentaron.

En este sentido, las tarifas en los sistemas de transporte público son un factor determinante a la hora de que los usuarios toman la decisión de qué medio utilizar. Ofrecer tarifas bajas es un elemento de integración poblacional para las familias de bajo ingreso (Jaramillo, et al. 2012). Sin embargo, Galán (2005) menciona que, si bien el precio puede ayudar a cambiar la estructura de viajes, la variable tiempo, es la que aporta un mayor efecto.

Según (Vasconcelos, 2010), en la decisión de la modalidad a usar, se agregan hábitos distintivos de cada grupo socioeconómico. Las personas de menor edad suelen desplazarse acompañadas de mayores. Los niños en edad escolar se desplazan como peatones o usan bicicletas mientras los jóvenes suelen desplazarse en bicicleta o transporte público. Los adultos y personas mayores usan modos motorizados, pero también caminan y se trasladan en bicicleta porque el uso del transporte privado, en este caso, depende de la posición de la persona dentro de la estructura familiar. Por ejemplo, es usual que los hombres usen modos motorizados más a menudo que las mujeres y que las personas mayores se valgan

de ellos más que los jóvenes, asimismo, las personas en edad activa los utilicen más que las inactivas.

Por su parte, el sistema de transporte público colectivo² se ha presentado desde sus inicios como uno de los medios más importantes que sostiene la movilidad en las principales ciudades. Esta propuesta en movilidad resulta muy conveniente para los usuarios del transporte público debido a que el precio para los usuarios normalmente es bajo a comparación de otros medios, esto se debe a que es un medio masivo que puede satisfacer grandes cantidades de demandantes.

Los medios que cuentan con el mayor alcance posible en las zonas de la ciudad y que brindan el menor tiempo de traslado tienden a ser los más usados por la población (Universidad Nacional de Cuyo, 2017), de este modo, cuando se incorporan medios alternativos se presenta una ligera caída en la demanda; sin embargo, si el medio original cuenta con estas características, los usuarios tienden a reutilizarlo pues proporciona una mayor utilidad.

En este sentido, Schwanen, et al. (2004), encuentra que la probabilidad de desplazarse en automóvil de casa al trabajo es menor en los residentes de zonas metropolitanas altas en empleo. Esta probabilidad de viajar en auto al trabajo, se va incrementando conforme el empleo es menor. Este acontecimiento, es muy usual en zonas donde existe una mayor concentración de las actividades económicas, ya que este factor actúa como una fuerza centrífuga en la región atrayendo más personas a esta, sin embargo, esta situación se puede complicar con el tiempo pues puede generar saturación en las vías de movilidad aumentando los tiempos de traslado.

El transporte público destaca por la vinculación que genera entre las principales áreas de interés en las ciudades. Las estaciones están conectadas a las principales zonas de origen destino, además de posicionarse en lugares estratégicos donde se

² El transporte público colectivo es comprendido por aquellos medios que permiten el traslado masivo de personas de un lugar a otro dentro de la ciudad, y que son regulados u operados por un organismo estatal; se considera público desde la perspectiva jurídica por ser un servicio de interés para la sociedad en general, independientemente de quien realice su prestación (García-Schilardi, 2014).

generan redes dentro del mismo, con el fin de que los usuarios puedan transbordar de un medio a otro, de esta forma aumenta la conectividad de la ciudad. Cabe mencionar que, al contar con vías exclusivas para este medio, el tiempo de traslado se reduce considerablemente. Este factor lo vuelve aún más atractivo para los usuarios, además de que ayuda a desincentivar el uso del vehículo privado.

A pesar de que los usuarios toman decisiones individualmente, es muy común encontrar estudios y reportes en los que se agregan los pasajeros que previamente eligieron tomar una u otra modalidad para desplazarse, que se llamará en adelante decisiones agregadas, teniendo como resultado cierta distribución porcentual entre las modalidades INEGI (2018).

1.3 Función de Producción

De acuerdo con De Rus (2003), la producción de cualquier actividad de transporte requiere de combinaciones de distintos tipos de factores productivos, a los cuales también se les puede llamar *inputs* que están relacionados funcionalmente para obtener una producción final que es llamada *output*.

La función de producción es una representación estilizada de las posibles combinaciones de factores productivos que generan un nivel de producción determinado. Se considera que una función de producción representa todos los niveles de *output*, que pueden obtenerse a partir de las combinaciones de *inputs*, siguiendo el sentido de que no es posible obtener un nivel determinado de servicio con una menor cantidad de factores productivos que las indicadas por la función de producción ni tampoco incrementar la producción, con la misma cantidad de insumos utilizada, de al menos uno de los *inputs* (De Rus, 2003).

La función de producción puede ser representada de forma matemática como:

$$q = f(K, E, L, F, N; t) \quad (1)$$

En donde q se refiere a la cantidad máxima de viajes que se pueden realizar con los niveles dados de factores. La variable k representa la infraestructura necesaria para llevar a cabo los viajes, aquí es donde entran: las vialidades, las vías de tren, las terminales, y las construcciones en general que se realizan con la finalidad de que las personas puedan desplazarse dentro de la ciudad. También, se incluye en esta variable los vehículos, camiones, microbuses, vagones y equipo móvil. La variable E representa al personal necesario para llevar a cabo esos viajes, ya sea el chofer o personal de apoyo, la variable L es la energía, combustible, repuestos y otros combustibles que permiten el movimiento de los vehículos F incluye otros activos. En la variable N se incorporan los recursos naturales, como el suelo o el espacio utilizado. Finalmente, se incluye la variable t la cual representa el tiempo que gastan los usuarios en transportarse de un lugar a otro (De Rus, 2003) utilizando un lugar del espacio del vehículo.

Se considera muy importante esta función de producción para el orden metodológico de esta investigación porque relaciona la oferta con la demanda de transporte de una modalidad de transporte, pero puede ser extensivo a la generalidad de estas.

Al incorporar la variable *tiempo* de los usuarios, la función de producción hace explícita la presencia de los usuarios en el equipo móvil de la modalidad que se esté analizando. Esta presencia tiene un impacto directo en la producción de servicios de transporte dada la forma en la que está planteada. La agregación de las decisiones de los usuarios que utilizan una modalidad implica que en algún momento optaron por una modalidad de todas las que disponen y ocuparon su tiempo durante un trayecto. Por su parte, la modalidad elegida toma esta información como *input* para generar cierto nivel de producción.

Para esta investigación, se aislará la variable *tiempo* de los usuarios " t ", del resto de las variables expresadas en la función de producción. Esto debido a que se pretende analizar la relación en el largo plazo entre estas variables y debido también a que esta variable es la única de las expresadas en la ecuación 1 que permite establecer

un vínculo entre la decisión de los usuarios por una modalidad de transporte urbano y la operación de este.

El resto de las variables que se expresan en la función de producción, no pueden ser utilizadas para entender la relación que se presenta entre la demanda de que realizan los usuarios, entendida como el tiempo que dura su trayecto y la oferta, representada por el servicio producido.

Cabe señalar que De Rus (2003) que es de quien se rescata esta parte de la función de producción, no menciona la temporalidad del análisis en que la lleva a cabo, es decir, no menciona su comportamiento o diferencias en el corto o largo plazo. Como ya se mencionó los medios de transporte público suelen tener inversiones en equipo móvil e infraestructura que se espera tengan una larga vida útil, es decir, este periodo de vida se refiere al largo plazo. Es por esto que el interés de esta investigación se focaliza en esa temporalidad pues pretende llenar el vacío que en la literatura revisada no parece hacer referencia.

1.4 Competencia y cambio modal

Al existir diversas modalidades de transporte al interior de una ciudad, puede darse la situación en la cual el usuario tenga diversas posibilidades para elegir una para trasladarse³. La existencia de varias modalidades por las cuales un usuario puede moverse dentro de la ciudad puede implicar la presencia de competencia entre las modalidades que en adelante se llamará competencia intermodal.

Este tipo de competencia expresa que existen diferentes modos de transporte, por los cuales los usuarios pueden trasladarse. De acuerdo con Figueroa (2005), las variadas modalidades en los que se divide hoy en día el transporte urbano forman una asociación productiva que va de acuerdo con el desarrollo del entorno económico en el que se desempeñan. El proceso económico alienta al aumento de

³ Puede darse la situación que los usuarios utilicen también dos o más modalidades de transporte para cubrir una misma ruta.

la tasa de motorización, la incorporación de nuevas modalidades eficientes asegura contar con las nuevas tendencias de desarrollo urbano. Es decir, mientras que las ciudades cumplen su proceso expansivo es natural la incorporación de nuevas formas de transportarse, significando así, que la competencia intermodal puede ser más intensa en ese tipo de ciudades.

La utilización de otro medio de transporte al que normalmente utilizan los usuarios suele llamarse cambio modal. Existen dos formas en las que se presenta este cambio modal, la primera es el cambio modal temporal, que se presenta cuando los usuarios toman otra modalidad solo por unas veces, días o semanas para luego regresar a su modalidad habitual; la segunda es el cambio modal definitivo, que sucede cuando los usuarios dejan de utilizar su antigua modalidad y comienzan a utilizar con frecuencia una nueva modalidad, dejando la anterior como segunda o tercera opción.

Como se mencionó, en apartados anteriores dependerá de una serie de múltiples factores que tomarán en cuenta los usuarios para decidir la modalidad que usan y si cambian o no. En caso de existir un cambio modal significa que hay un reacomodo en los porcentajes de pasajeros que tiene cada modalidad en competencia. Es decir, es un cambio de la decisión que los usuarios suelen hacer respecto de la modalidad que utilizan. Dicho cambio puede ser temporal, pues como lo menciona Arnold & Rietveld (2010), un cambio temporal en la modalidad puede llevar a un ajuste de percepciones en los viajeros que desencadena en un cambio de actitud hacia las modalidades alternativas⁴ de transporte. De esta forma es posible una adopción de un nuevo patrón de viaje en los usuarios.

Las externalidades que se presentan al utilizar de forma masiva el transporte privado como la contaminación ambiental y auditiva, y la forma ineficiente del uso del espacio público (pocas personas por auto) han sido tomadas como justificación en los países desarrollados para aplicar políticas locales destinadas generar cambio

⁴ Arnold & Rietveld (2010) mencionan que frecuentemente las formas alternativas de desplazarse son desechadas por los ciudadanos, debido a que no se cuenta con la generación de conciencia y la información suficiente de la utilización de estos medios.

modal en el transporte urbano, yendo de un transporte privado a público (Jaramillo, et al. 2012).

Un aspecto importante para describir es que la presión que experimentan las empresas que compiten intermodalmente parece mitigarse a largo plazo pues el mercado tiende a ajustarse a la entrada de un nuevo competidor. A este respecto, (Albalade, Bel, y Fageda, 2014), monitoreó el cambio modal de una ruta: de aérea y ferroviaria en Europa, y encontró que el aumento constante en los pasajeros del ferrocarril proveniente de su ingreso al mercado. Se limitó exclusivamente a los primeros años de operación por lo que indica que la competencia disminuirá a largo plazo, aumentando así, el poder de mercado de los medios convencionales y de esta forma, poder elevar los precios y obtener los máximos beneficios sin importar perder cuota de mercado. No obstante, si el cambio modal se mantiene, entonces en el mediano y largo plazo, generará un nuevo equilibrio en las participaciones de mercado de cada modalidad.

En la actualidad, el cambio modal dentro de las ciudades pasa por hacer el coche menos atractivo y aumentar el número de viajeros de los medios alternativos. Arnold & Rietveld (2010) mencionan que inducir el cambio modal requiere una combinación de hacer conciencia de los impactos de dejar de usar unos medios para optar por otros y también, conocimiento de los mismos. La evidencia empírica indica que un ejemplo de una buena utilización de medios alternativos es Alemania, en dónde el 40% de sus viajes son realizados por medio de los llamados modos verdes⁵, el 8% de ellos se dan en transporte público, el 9% en bicicleta y el 23% a pie, a diferencia de los estadounidenses que, solamente el 10% de sus viajes se distribuyen en estas tres ultimas alternativas mencionadas (Buehler, 2011).

De acuerdo con este autor, son múltiples las variables que determinan el uso de una modalidad u otra, pero informar a los viajeros habituales sobre las variables que más definen la decisión de viaje, como, el costo, la duración, la comodidad y la conveniencia de las alternativas, pueden poner en tela de juicio las percepciones

⁵ Los medios de transporte verde son los autos con motor eléctrico, la bicicleta, transporte público y caminando

existentes y llevarla a consideración, y con ello, al uso de esas nuevas alternativas (Arnold & Rietveld, 2010).

Por su parte, se debe tomar en cuenta que existen fuertes resistencias al cambio modal que es necesario señalar. Ejemplo de ello es reportado en Pérez (2013), quien indica que los propietarios de automóviles presentaron una mayor resistencia al cambio modal, ya que solamente el 54 por ciento de estos estarían dispuestos a cambiar el auto por otro medio. Esta resistencia puede deberse a que este medio aporta comodidad a la hora del viaje. Además de la ventaja de realizar un viaje origen destino directo, sin necesidad de hacer escalas, transbordos y caminar de estación a otra. Según el mismo estudio de los usuarios de transporte público de la Ciudad de México, un 66 por ciento se mostraron dispuestos a cambiar este medio de transporte por otros como bicicletas. En general en Latinoamérica se han venido generando una serie de políticas urbanas y de transporte en varias ciudades icónicas que tienen impacto en el ámbito de la movilidad y el uso de las vías urbanas como resultado del proceso de cambio de los patrones de viajes, y en términos de la diferencia en las modalidades de viaje, gestión del transporte y tránsito (Lazo, 2008).

El cambio modal toma importancia en esta investigación ya que la existencia de varias modalidades y la generación de nuevos modos de transporte en las ciudades puede generar desequilibrios, pues la demanda de cada modalidad puede verse modificada si los usuarios deciden dejar de utilizar su medio tradicional de movilidad por utilizar otro. En este sentido, si el cambio modal que decidieron llevar a cabo los usuarios fue temporal, existirá un retorno a la decisión tradicional. En caso de que tal retorno no exista se generará un nuevo equilibrio en cada modalidad de transporte.

CAPÍTULO 2 Clasificación y operación del Transporte público

En esta sección se hace un esfuerzo por resaltar algunas de las características más importantes de los medios de transporte que se mencionarán para evaluar su comportamiento en el horizonte temporal de largo plazo y cómo estas características influyen en este proceso. Se describen los medios y se clasifican en cada categoría, posteriormente se menciona el entorno en el que operan, describiendo cada ciudad y las operaciones que realizan.

Es importante llevar a cabo una clasificación de los diferentes medios de transporte que existen en las ciudades a analizar, señalando semejanzas y diferencias entre ellas, las cuales son importantes para su funcionamiento técnico y administrativo.

2.1 Clasificación del transporte: Público vs privado.

En este apartado se utilizará la primera de las diversas clasificaciones a las que se hará referencia en el presente documento. Se comenzará con la diferencia entre medios de transporte públicos y privados con el objetivo de dejar claro las características del primer tipo de transporte pues es ese el que se basa nuestro objeto de estudio⁶.

Los medios privados tienen la característica principal de que los usuarios adquieren este medio y son libres de utilizarlo las veces que lo deseen sin tener necesariamente que compartirlo. Al adquirirlo, son propietarios del vehículo que no es usado para lucrar sino para desplazamiento personal o familiar. En esta clasificación entran automóviles, motocicletas y bicicletas. Es claro que dada su comodidad el automóvil es la modalidad privada con mayor porcentaje de utilización.

⁶ De acuerdo con Rodríguez (2016), para ofrecer el servicio de movilidad es necesario combinar diversos elementos, como lo son la infraestructura, unidades móviles y reglas de operación; dentro de los medios de movilidad más utilizados en las ciudades se encuentran los privados motorizados, los públicos motorizados y los no motorizados.

Cabe mencionar que poseer un automóvil también presenta algunas desventajas. Primero, es costoso adquirirlo, por lo que no todas las capas de la población pueden contar con uno; asimismo, en ciudades con gran población se presentan grandes afluencias de autos en las calles, por lo que el tráfico hace más lentos los desplazamientos haciéndose posible llegar a un determinado punto en el que el automóvil privado no satisface con éxito los traslados, por el tiempo de traslado.

Por su parte, los medios públicos son los que el gobierno de la ciudad les facilita a los usuarios siendo estos colectivos, es decir, que se utilizan a la misma vez por diferentes usuarios, además de ser masivos y mantenerse en operación constantemente durante varias horas del día. Los medios públicos pueden clasificarse en formales e informales de acuerdo con el registro de su actividad ante las autoridades, es decir, si es legal o ilegal⁷. Entre los primeros se encuentran colectivos, autobuses y taxis mientras que, en los segundos, mototaxis (Fajardo y Gómez, 2015). Además, el transporte público cuenta con la característica de ser la conexión de los barrios más pobres con las zonas en las que se concentran las oportunidades de empleo (Jaramillo, et al. 2012), este medio, le permite a la población desplazarse por toda la ciudad debido a que cuenta con presencia en muchos puntos de la ciudad ubicándose también en las periferias más alejadas y de reciente creación.

Los llamados microbuses siguen muy de cerca la urbanización para atender la nueva demanda incluso cuando la red vial es casi inexistente (Negrete y Vassalli, 2011), además de que cuentan con una infraestructura establecida y rutas bien definidas, tienen un mayor acceso al área urbana y, por ende, cuenta con una mayor afluencia de usuarios y reporta una demanda mayor.

⁷ Estos medios surgen como una manera de solventar la alta demanda de movilidad en las ciudades, por ejemplo, en la ciudad de Popayán en Colombia, la presencia de mototaxis refuerza la problemática de movilidad en la ciudad, este medio es inseguro e ilegal, sin embargo, es presenta una fuerte ventaja comparativa frente al transporte público, debido a que el tiempo de desplazamiento es mucho menor, y el costo de este también es bajo. Este medio de transporte, al ser ilegal, ahorra las cuotas de regulación por parte del municipio, además de que utiliza la infraestructura del transporte público y particulares (Fajardo & Gómez, 2015).

Derivado de esta situación existen autores como (Jaramillo, et al. 2012) que afirman que el transporte público cumple también con la función de ser un instrumento de inclusión social. En este sentido se puede argumentar que la característica que distingue al transporte público es que, en un inicio lo suelen utilizar los sectores más vulnerables. Como ejemplo se puede citar a los estudiantes que utilizan casi a diario el transporte público para desplazarse, específicamente en Ciudad Obregón, Sonora, el 60.3% de estos, lo utilizan a diario para viajar del hogar a la escuela. (Rodríguez L. , 2016). A diferencia del transporte privado, que solamente transporta a particulares⁸.

Otro aspecto importante para destacar es que el transporte público es un sistema de movilidad que opera con rutas fijas, y horarios predeterminados que pueden ser utilizados por cualquier persona a cambio del pago de una tarifa preestablecida (Universidad Nacional de Cuyo, 2017). Por su parte, los medios privados realizan rutas directas de origen destino específico del usuario cambiando de acuerdo con la decisión o necesidad que tenga el mismo. Sin embargo, puede ser utilizado solo por el dueño del vehículo, o en el caso de los taxis o sistemas similares, por los usuarios que estén dispuestos a pagar la tarifa que se establezca de acuerdo con el recorrido, la hora y el tiempo que tarde el viaje. Cabe señalar que esta tarifa es mucho más elevada que la que se fija en el transporte público, debido a la comodidad y exclusividad del medio.

El transporte público destaca del privado por la vinculación que genera entre las principales áreas de interés en las ciudades. Por ejemplo, las estaciones de los medios eléctricos están conectadas a las principales zonas de origen destino, además de posicionarse en lugares estratégicos donde se generan redes dentro del mismo, con el fin de que los usuarios puedan transbordar de un medio a otro, de esta forma aumenta la conectividad de la ciudad; cabe mencionar, que algunos medios públicos, al contar con vías exclusivas (carril confinado), el tiempo de traslado se puede reducir considerablemente. Este factor lo vuelve aún más

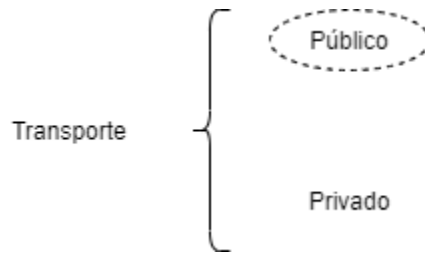
⁸ De acuerdo con la Encuesta de Origen Destino (INEGI, 2018), el transporte en automóvil transporta en promedio 1.5 personas por auto por viaje en la Ciudad de México.

atractivo para los usuarios, además de que ayuda a desincentivar el uso del vehículo privado.

La valoración de cada modalidad que hagan los usuarios depende de la utilidad que obtengan de cada una de las ventajas que ofrezcan las modalidades, por ejemplo, Galán (2005), menciona que a medida que se va incrementando el nivel de vida en el área metropolitana de Monterrey, el número de hogares con vehículo particular aumenta. Por lo que esto ha generado una mayor congestión en las vialidades, ya que se han sustituido los viajes que antes se realizaban en el transporte público por el auto propio. Esta es una fuerte característica de los medios privados, ya que, si toda la población cuenta con ellos, la movilidad no se podría llevar a cabo, debido a la congestión vehicular en las ciudades, Es por eso, que los medios públicos o comunitarios deben cargar con el compromiso de generar una movilidad atractiva y exitosa para los usuarios.

La clasificación del transporte en público y privado tiene el efecto de que se asocia estrechamente con el ingreso de manera que es común encontrar que las personas de bajos ingresos, tienden a utilizar el público, mientras que las de mayores ingresos usan el privado. Esta situación se presenta también en las principales ciudades de América Latina en donde al estudiar los deciles de distribución del ingreso, se confirmó que los menos favorecidos utilizan mayoritariamente el transporte público (Rodríguez L. , 2016). Para el caso de México, la literatura reporta en estudios como el de Davila, et al. (2015) que el 46.1% de los hogares mexicanos carecen de algún medio de transporte privado. Esta cifra representa casi la mitad de los hogares en México, por lo que la mayoría de la población depende solamente del transporte público para realizar su movilidad urbana. Es por ello, que estos medios cobran una relevancia en el análisis. También Negrete y Vassalli (2011), describen el comportamiento de la oferta de transporte en la Ciudad de México, por lo que mencionan que dos terceras partes de los desplazamientos en la metrópolis en transportes motorizados, se realizan en transporte colectivo, ya que es una oferta abundante y diversificada.

**Figura 2. Clasificación del transporte,
Público vs privado.**



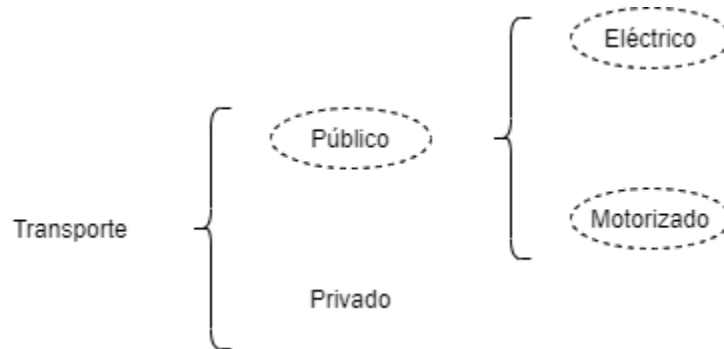
La figura dos, muestra una clasificación de los medios de transporte. Estos se dividen en públicos y privados.

El transporte público es un servicio de movilidad urbana que brinda el Municipio, de las ciudades para los ciudadanos, y brinda una opción de movilidad en masa a un precio accesible. La clasificación del transporte público urbano puede ser definida de varias formas, siendo estas clasificaciones interdependientes entre sí, de manera que es posible analizar las semejanzas y diferencias entre los diferentes medios. También es posible dimensionar los alcances y limitaciones de cada uno, estos factores van a determinar la viabilidad de cada medio, así como, fortalecer la toma de decisiones de los usuarios. Por lo que en las clasificaciones siguientes nos centraremos en los medios de transporte público.

2.2 Clasificación del transporte eléctrico vs motorizado

En este apartado se deja atrás el tipo de propiedad del medio de transporte para pasar a desarrollar el tipo de energía por medio del que trabajan las unidades móviles. Los medios más comunes todavía hoy en día son los motorizados que cuentan con la característica de trabajar con un motor de combustión interna que funciona con combustibles no renovables como la gasolina, el diésel o el gas.

Figura 3. Clasificación del transporte, eléctrico vs motorizado.



Los medios eléctricos han venido tomando auge en estos últimos años, posicionándose como las nuevas tendencias en movilidad urbana que funcionan a través de energía eléctrica, y esta es más amigable para el ambiente.

Con el crecimiento de la economía se genera un mayor número de actividades tanto productivas como de otros tipos que implican un mayor movimiento de bienes y personas. Este incremento de las relaciones comerciales beneficia a las regiones, trayendo consigo un mayor número de empleos. Sin embargo, también se genera una expansión en el número de habitantes y en la mancha urbana, por lo que la movilidad se vuelve cada vez más complicada.

Cuando esto sucede, se tiende a utilizar opciones de movilidad que consumen cada vez más energía, ya que un mayor crecimiento tiene un impacto directo y positivo en la movilidad de las personas (Alcântara, 2010).

Este crecimiento acelerado de la mancha urbana provoca un incremento en la duración de los viajes intraurbanos⁹. Sumando a esto, el aumento de la motorización en la ciudad, se provoca una mayor densidad vehicular, por lo que se genera congestión en las vialidades principales. En este escenario, el transporte público tiene relevancia pues representa el medio por el que se moviliza una buena cantidad de personas.

⁹ Intraurbano: se refiere al conjunto delimitado por el uso de suelo de una entidad.

Debido a estas cuestiones, una de las tareas más importantes para los usuarios del transporte es elegir el método más adecuado, que logre garantizar un servicio óptimo, de acuerdo con los fines de cada usuario. El servicio de transporte es la forma en la que el usuario cautivo, eventual y potencial aprecia el transporte e integra conceptos como calidad y cantidad del servicio, información que se le proporciona, costos, tiempos de viaje, etcétera (Universidad Nacional de Cuyo, 2017).

Es por ello por lo que se deben evaluar las diferentes características de cada uno de los diferentes medios. Si bien es difícil seleccionar las características que mejor describan las ventajas y desventajas de cada uno, se hace un esfuerzo por abordar algunas de las principales:

- Velocidad
- Capacidad
- Seguridad
- Frecuencia
- Regularidad
- Facilidad de acceso
- Simplicidad
- Responsabilidad
- Cobertura
- Flexibilidad
- Economía

Cabe mencionar que en la clasificación anterior no se usaron estas variables debido a que el transporte privado (autos, motos, bicicletas) es en extremo diferente al público (Metro, Metrobús, Tren Ligero) por lo cual, se considera que las diferencias son evidentes. Es factible suponer que todos los atributos mencionados influyen en la decisión que toman los usuarios al momento de decidir por una modalidad de transporte para realizar su viaje.

El primer atributo es el de velocidad, esta característica suele ser de las primeras a considerar, ya que está directamente ligada al tiempo y la distancia de traslado. No obstante, dentro del ámbito del transporte es necesario diferenciar dos formas de velocidad: la velocidad de marcha y la velocidad comercial. La de marcha se refiere a la velocidad que depende de la característica que trae consigo cada medio de transporte, es decir, a la velocidad que el medio utilizado pueda llegar. La comercial, depende de la circulación y las condiciones que se puedan llegar a presentar en el camino, es decir, obstrucciones, semáforos, peatones etc. De tal forma, que esta última representa en realidad la velocidad en la que realmente opera el medio de transporte, siendo este, el tiempo real de viaje de cada usuario. (Universidad Nacional de Cuyo, 2017).

Cuando se evalúa esta característica en los medios motorizados y eléctricos, se presentan importantes diferencias, ya que los medios eléctricos públicos requieren de una infraestructura¹⁰ propia, además de contar con centros de logística encargados de gestionar el tráfico de las unidades en circulación. Mientras que los medios motorizados, circulan en una infraestructura compartida y saturada, por lo que la velocidad de viaje en las ciudades densamente pobladas se vuelve más lenta.

Al presentar una automatización operacional en medios eléctricos como el metro, las características de infraestructura por medio de las cuales se circula se puede obtener la ventaja de recuperar los tiempos perdidos por medio de la aceleración del recorrido de los vagones (Universidad Nacional de Cuyo, 2017). Esta situación difícilmente se puede presentar en los sistemas motorizados, ya que no cuentan con las condiciones antes mencionadas. La vialidad a la que normalmente se incorporan los medios eléctricos son del tipo A; en estos, existe una separación física tanto longitudinal como vertical de derecho de vía lo que evita cualquier interferencia entre vehículos y peatones pudiendo ser subterráneos, elevados, o a nivel de calle (Universidad Nacional de Cuyo, 2017). Mientras que para los medios

¹⁰ La infraestructura se define como el derecho de vías en que operan los sistemas de transporte, sus paradas y/o estaciones. Estaciones normales, terminales, puntos de transbordo, garajes, depósitos, encierros o patios, talleres de mantenimiento y reparación. Sistema de control: detección, comunicación, señalización. Sistema de suministro de energía (Universidad Nacional de Cuyo, 2017).

motorizados se utiliza un derecho vial tipo C; en donde la superficie de rodamiento es compartida entre varios medios de transporte también llamado tránsito mixto. Esta operación puede incluir tratos preferenciales en toda o alguna parte de su desarrollo, incluidas aquellas calles en donde se tiene preferencia por los medios públicos de pasajeros (Universidad Nacional de Cuyo, 2017).

La segunda característica es la capacidad. La cual se refiere al volumen de usuarios que puede transportar cada medio. Para referenciar esta característica es necesario dimensionar el espacio físico que cada unidad de transporte usa para trasladar a sus usuarios ya que cada medio cuenta con una capacidad determinada máxima. Un aspecto para resaltar es que cada medio cuenta con una organización diferente para poder ocupar el máximo nivel posible y seguro para los usuarios. Así como se involucra el factor tiempo, en donde se amplía el análisis al abordar la frecuencia con que circulan las unidades, la distancia a recorrer, los horarios, la constancia, etc.

Con respecto al atributo de capacidad, el medio eléctrico, específicamente el Metro, representa una importante diferencia con respecto al medio motorizado. Al ser un tren, cuenta con diversos vagones que cuentan con asientos y una gran cantidad de personas pueden viajar parados haciendo que el volumen de pasajeros aumente. Al contar con una infraestructura única, tiene un mayor control en la distribución de los trenes, por lo que el volumen de personas que puede atender es mucho mayor que la de los motorizados como el autobús, por ejemplo, en el que tienen lugar para trasladar personas sentadas y de pie. Sin embargo, cuenta con dimensiones más pequeñas y su constancia de circulación depende en gran medida del tráfico de la ciudad.

La siguiente característica es la de seguridad. Esta se refiere a la probabilidad de que ocurran daños y pérdidas de bienes o accidentes a los viajeros. Para realizar la acción de movilidad, es común que se presenten accidentes dentro y fuera del transporte. Se maneja como probabilidad ya que se llega a clasificar en rangos de seguridad, de acuerdo con la adopción de medidas de precaución que prevengan accidentes a la hora de realizar esta actividad. (Islas y Zaragoza, 2007). Con

respecto de los medios de transportes motorizados y eléctricos, se presenta una diferencia entre ellos al abordar el tema de seguridad, debido a que las condiciones en las que operan son diferentes.

Con respecto a los medios motorizados, existen normas que ayudan a mantener el orden vial. Así mismo, servidores públicos se encargan de verificar que estas normas se lleven a cabo, no obstante, al maniobrar en una ciudad conglomerada, se corre un mayor riesgo de daños a los bienes o de sufrir accidentes. Por otro lado, los medios eléctricos cuentan con una mejor operación pues operan solamente en vías exclusivas y presentan automatización en la operación de trenes. Esto genera una mayor seguridad pues minimiza el error humano. Sin embargo, pueden ocurrir accidentes dentro de la infraestructura de este sistema, (estaciones, vagones, subterráneo) debido a que acceden un número elevado de usuarios, la probabilidad de que ocurra algún accidente o que las personas cometan algún delito es alto mientras que el usuario, en términos de seguridad, busca como requerimiento una mayor prevención de incidentes criminales. Este tema está muy ligado a los sistemas de transporte público ya que atenta a la elección del transporte público, como modo de transporte frecuente (Universidad Nacional de Cuyo, 2017).

La frecuencia del servicio es la característica siguiente. Esta se mide por medio por el número de unidades que pasan por un punto determinado de la ruta en un intervalo de tiempo. Es decir, el tiempo que tarda en pasar una unidad después de otra por el mismo punto. La importancia de esta característica radica en que si no existe una organización que determine este intervalo de espera entre una unidad y otra, el tiempo de espera para los usuarios sería aleatorio, lo que podría generar incertidumbre y con ello posibles pérdidas de usuarios.

La organización debe determinar el tiempo de espera que le sea más factible, para atender al mayor número de usuarios posibles; si el tiempo de espera es muy largo, los usuarios optaran por no utilizar este medio. Sin embargo, si el tiempo de espera es muy corto, pueden existir pedidas para el medio de transporte, ya que envía unidades que no llenan su capacidad de usuarios y gastan más energía por unidades enviadas.

Dentro de la competencia de los medios motorizados y eléctricos existe una organización encargada de manejar la frecuencia del servicio. En este punto se identifican los horarios con mayor afluencia de pasajeros, de forma que es posible enviar en circulación una cantidad mayor de unidades, que puedan reducir el tiempo de espera y satisfacer la demanda. Por el contrario, en las horas de menor afluencia se envía una menor cantidad de unidades. Sin embargo, se presentan diferencias en las condiciones, al igual que en el punto anterior.

La infraestructura juega un papel importante, ya que, en los medios motorizados, al compartir infraestructura con otros medios, en las horas de mayor afluencia, el tiempo de espera entre unidades se incrementa debido a la aglomeración de vehículos. Por otro lado, en los medios eléctricos, se cuenta con una sola infraestructura exclusiva del medio, así que se pueden enviar unidades aceleradamente en las horas de mayor afluencia.

El atributo de regularidad es la característica de los sistemas de transporte que conserva unidos a todos los atributos del sistema de transporte (Islas y Zaragoza, 2007). Normalmente, en estos medios se relaciona con el grado de cumplimiento constante de horarios y tiempos. Esta característica genera certidumbre y confiabilidad para los usuarios, de esta forma pueden realizar una planeación certera de viaje, así se procede con ordenamiento y funcionalidad tanto de usuarios como de operadores. Este aspecto también tiene que ver con la constancia de factores en los sistemas, como los precios, capacidad, tiempos de recorrido etcétera, si se presentan cambios repentinos en estos factores los usuarios optaran por utilizar otro medio.

La operación del transporte hace referencia al prestador del servicio, en donde se incluye el cumplimiento de horarios, frecuencias, asignaciones de roles y jornadas de trabajo, supervisión, operación, mantenimiento de las unidades de transporte y recolección de tarifas (Universidad Nacional de Cuyo, 2017). Dentro de este atributo, se presentan unas ligeras diferencias entre los medios a analizar. En general, las modalidades eléctricas y motorizadas cuentan con sistemas

administrativos y operativos para gestionar este atributo, sin embargo, ninguno está exento de presentar fallas.

La facilidad de acceso representa los trámites o las acciones que el usuario tiene que llevar a cabo en su viaje. Estas acciones van desde: reservaciones, pagos, prepagos, recorridos a realizar para llegar a la estación, procesos administrativos, entre otros. Es necesario diferenciar este atributo con la accesibilidad, el cual tiene que ver más con las facilidades y condiciones que tienen las ciudades para llegar a los medios. Es decir, a la facilidad del acceso que tienen los usuarios para llegar al sistema de transporte.

El siguiente atributo es la simplicidad. Se refiere a reducir las dificultades en el recorrido para el usuario. Por ejemplo: el transbordar de una estación a otra para llegar a su destino. Conforme menos tenga que transbordar, el recorrido será más fácil para el usuario haciendo más atractivo el medio. Dentro de este atributo se presentan importantes diferencias entre los sistemas a comparar.

De nuevo, si partimos desde el punto de vista de la infraestructura, podemos deducir que los sistemas de transportes motorizados cuentan con un mayor alcance, por lo que, para la población es más fácil el acceso a ellos. Por el lado contrario, los sistemas eléctricos cuentan con menor infraestructura, por lo que el número de líneas es menor. Si bien estas líneas pasan por los centros más importantes de la ciudad, en donde se realizan la mayor cantidad de viajes, es muy común transbordar de estación a estación para llegar del origen al destino (Islas y Zaragoza, 2007).

La responsabilidad se refiere al nivel de respuesta que tiene cada sistema de transporte a la hora de presentar daños materiales o civiles. Esto es independiente del nivel de seguridad con el que cuenta cada sistema, esta situación se ofrece una vez ocurridos los daños. Esta acción está vinculada en mayor medida a las legislaciones y control del estado, es decir, la presión o atención que el estado ejerza a los sistemas de transporte a la hora de presentarse algún percance.

Los medios que estamos comparando son regulados por el gobierno municipal de las ciudades, por lo que el gobierno es el organismo encargado de responder a la

hora de ocurrir algún suceso. No obstante, este elemento también está vinculado, aunque en menor medida a las funciones de los encargados de administrar y gestionar los servicios brindados de transporte, quienes son los responsables del grado de organización y desarrollo del sistema.

La cobertura, es la característica que se refiere al impacto directo en las zonas de la ciudad que genera el sistema de transporte. Dicho impacto se mide a través de las zonas por donde pasan las rutas de estos medios, donde existen estaciones o puestos de control donde se detienen las rutas para que los usuarios puedan comenzar o terminar el viaje, las zonas de los alrededores de estos puntos son el alcance de cobertura de los diferentes medios.

Al contar con mayores líneas o rutas, se incrementa automáticamente la cobertura de los sistemas. Como ya se ha mencionado, los medios eléctricos requieren una infraestructura especializada, el número de líneas que atienden el servicio es menor y esto genera una menor cantidad de alcance de cobertura. Por otro lado, los medios motorizados, debido a que la infraestructura se encuentra ya establecida (calles y avenidas), presentan un mayor alcance. Por esta misma razón, es más accesible incrementar el número de rutas. De dicha forma, se incrementa también la cobertura de este medio. Los medios públicos de transporte pueden ser tanto eléctricos (Metro) como motorizados (Metrobús) y cada uno parece tener sus propias coberturas o rutas y su propia infraestructura.

La flexibilidad se refiere a la capacidad que tienen los medios de transporte de adaptarse a cambios que se puedan llegar a presentar en la demanda o determinantes de funcionamiento de estos. Es necesario para los encargados de gestionar los medios, poder cambiar rápidamente la forma de funcionamiento, tomando en cuenta el tiempo y el espacio. Con respecto al tiempo, se refiere a identificar los horarios con mayor afluencia y tomar medidas para satisfacer el incremento de la demanda, y en cuanto al espacio, se refiere a los cambios que se puedan presentar en el movimiento de la demanda de un punto de la ciudad a otro (Universidad Nacional de Cuyo, 2017).

La diferencia entre los medios de transporte, eléctricos y motorizados, se genera principalmente en el cambio de la demanda de una zona a otra, debido a que para los medios motorizados existe mayor flexibilidad en realizar un cambio de ruta o la incorporación de una nueva. Sin embargo, para los medios eléctricos, el proceso de ampliación o generación de una nueva estación se convierte en una desventaja, debido a los grandes gastos en infraestructura que este medio requiere.

Por último, el beneficio económico, se refiere al balance comercial que otorga el medio de transporte, contemplando los costos que se requieren para mantener en circulación este medio y los recursos que se deben emplear. Así mismo, las ganancias económicas y sociales que el medio genera, y, por lo tanto, la balanza tiene que ser positiva o rentable. De esta forma, el medio puede seguir operando, ya que es de vital importancia para diseñar una nueva ruta o incrementarla. Se debe buscar obtener el mayor beneficio posible, ya sea social o económico, tomando en cuenta las desventajas y los costos.

Una ventaja de los medios eléctricos es que por medio de la automatización de la operación de las unidades, se genera un beneficio en relación con el costo ya que puede aumentar la frecuencia de las unidades sin necesidad de incurrir en costos extra (Universidad Nacional de Cuyo, 2017), esta situación no es posible que se presente en los medios motorizados.

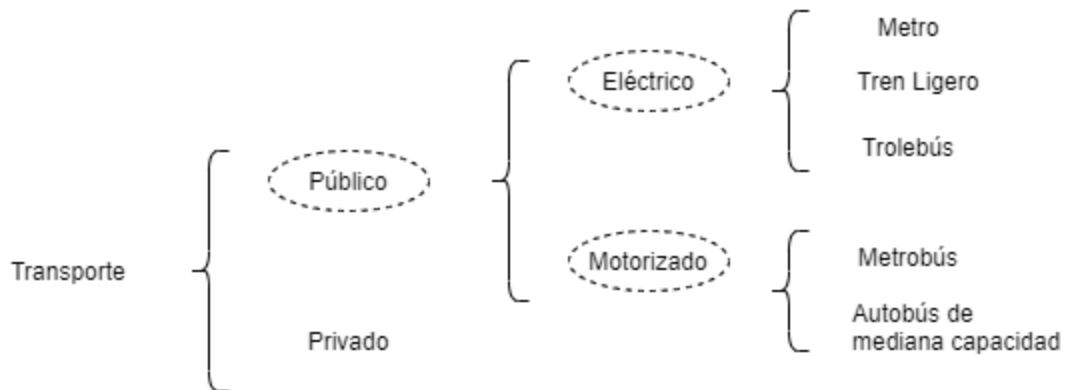
Con respecto de este atributo, los medios motorizados y eléctricos no presentan tantas diferencias. La diferencia principal es la cantidad de inversión inicial que se debe de realizar a la hora de incrementar una nueva línea en los medios eléctricos. Sin embargo, es importante tomar en cuenta el volumen de usuarios de cada medio, y como generalmente los medios eléctricos pueden transportar una cantidad mayor de usuarios en un menor tiempo posible, lo hace más rentable. No obstante, como se ha mencionado con anterioridad, este medio presenta una menor cobertura y flexibilidad. Es importante evaluar si la implementación de alguno de estos medios es necesaria y puede ser redituable, ya que en muchos casos esto depende del volumen de usuarios.

Los medios eléctricos cuentan con la ventaja de generar menos emisiones contaminantes que las que generan otros medios, esta poca contribución contaminante se genera a la hora de su fabricación y otro tanto a la hora de la producción de energía eléctrica que lo moverá, es decir, son emisiones indirectas, mientras que la contribución de los medios de automotor, es cerca de diez veces más (relación pasajero/kilómetros recorridos) y esto ocurre sobre todo cuando se encuentran en movimiento (Alcântara, 2010).

Los medios eléctricos (tren, metro), producen una contaminación casi nula en la operación y congestiones nulas, al utilizar vías propias mientras que los medios motorizados pueden causar accidentes y están relacionados con el uso intensivo de recursos naturales y consumen grandes espacios para su operación (Alcântara, 2010).

Es necesario aclarar que es difícil clasificar que un medio que sea mejor que otro, pues depende de las condiciones de la ciudad y de las necesidades de los usuarios. Cabe mencionar que estas condiciones van cambiando en el horizonte temporal, y que las condiciones van evolucionando conforme pasa el tiempo. Por lo tanto, las condiciones antes descritas, son las ideales para mejorar el desempeño de los diferentes medios de transporte. Pero es muy difícil reunir todas estas ventajas, por lo que se debe evaluar dentro de las posibilidades que tenga cada medio y decidir cuál atributo merece aplicar esfuerzos para mejorar las condiciones.

Figura 4. Clasificación de los medios de transporte públicos en eléctrico vs motorizado.



La figura cuatro, muestra la clasificación de los medios de transporte público a estudiar en medios eléctricos y motorizados, en este caso los medios eléctricos predominan, mientras que en los motorizados solamente se encuentran los Autobuses de Mediana Capacidad y el Metrobús.

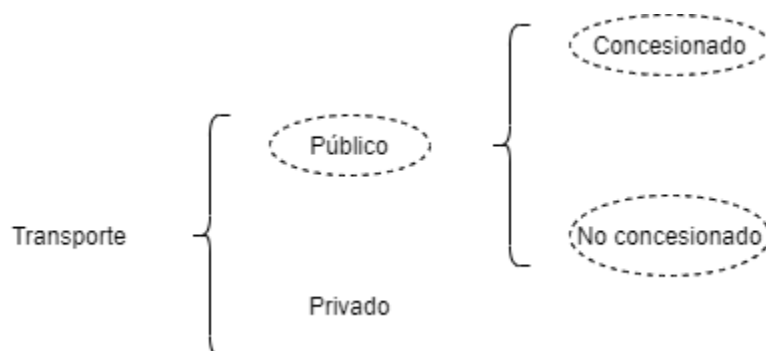
2.3 Concesionado vs no concesionado

En la actualidad el transporte público urbano comprende una parte significativa del total de la movilidad urbana. La elevada densidad de habitantes en las ciudades aglomeradas y los desplazamientos necesarios convierten el espacio en un recurso limitado, es por ello por lo que el transporte público es uno de los principales medios a considerar para crear un entorno de movilidad sostenible, ya que son un medio que logra una movilidad eficiente si se le ve desde el punto de vista del espacio ocupado y consumo por habitante. Cabe señalar que los medios de transporte publico quedan atribuidos normalmente a los Municipios constituyendo la unidad básica de coordinación y gestión de los diferentes medios (Marchante-Lara y Benavides-Velasco, 2013).

Los servicios de transporte público urbano se componen de las categorías de transporte de alquiler y del servicio público. No obstante, dentro de ellos se puede realizar otra categoría que es medios concesionados y no concesionados.

Los medios no concesionados son gestionados por secretarías públicas que pertenecen al municipio, estos medios se caracterizan por ser unidades de mediana o de grande capacidad.

Figura 5. Clasificación del transporte, Concesionados vs no concesionado.



El transporte público concesionado, es el que ofrecen los medios colectivos, este servicio cuenta con unidades de baja capacidad, que pertenecen a microempresarios, que cuentan con pocas unidades (Negrete y Vassalli, 2011).

El servicio concesionado, se encuentra regulado y controlado por el gobierno local que autoriza el número de concesiones y las tarifas a cobrar por este servicio. El propietario de la unidad paga una concesión por brindar este servicio a los usuarios. Esta forma de transporte representa cerca del 60% de los viajes que se realizan (Negrete y Vassalli, 2011). Es en esta categoría donde entran los servicios de microbuses, minibuses, combis, taxis.

El también llamado transporte colectivo, es uno de los medios más utilizados en la Zona Metropolitana del Valle de México y en las principales ciudades de América Latina, este servicio lo proporcionan vehículos de pequeña y media capacidad, que pertenecen a numerosos operadores privados. Este medio es denominado como transporte público concesionado (Negrete y Vassalli, 2011).

El servicio de transporte público concesionado ha cobrado auge desde principios de los años ochenta y cuenta con la característica de llegar a todos los rincones de la ciudad, incluso en las zonas donde se limita la misma permitiéndoles a todos los habitantes desplazarse hacia las zonas centrales de comercio y empleo.

Por otro lado, los medios públicos no concesionados, se limitan a la parte central de las ciudades, donde se encuentra la mayor aglomeración (Negrete y Vassalli, 2011). Debido a esta característica, el transporte público concesionado es el principal factor dentro de la movilidad que ayuda a la integración social de la población, además de que contribuye a generar una fuente de empleo y abre un mercado para los operadores en ciudades aglomeradas y con mucha población (Negrete y Vassalli, 2011).

Otra diferencia de los medios concesionados y no concesionados es el abordaje y descenso de las unidades. Existen dos tipos de operaciones, el servicio local que es el que utilizan los medios concesionados y el servicio de paradas alternadas, que frecuentemente utilizan los medios no concesionados; los servicios locales hacen uso extensivo a todas las paradas a lo largo de la ruta, y el servicio de paradas alternadas, es cuando se alternan las paradas a lo largo de una ruta con el fin de acelerar el tiempo de traslado de la unidad (Universidad Nacional de Cuyo, 2017).

De acuerdo con ello, los medios no concesionados se ubican en el servicio de paradas alternadas pues cuentan con estaciones o paradas dentro de la ruta que ya están predefinidas por lo que no es posible abordar la unidad en otro lugar que no sea ese. Por otro lado, los medios concesionados se establecen en el servicio local en el que las unidades pueden subir y bajar pasajeros en cualquier lugar de la ruta.

También es importante mencionar que las rutas en ese caso suelen ser más cortas, de tal forma que no toman tanta importancia al tiempo que se tiene que cubrir en abarcar la ruta, es por ello por lo que las paradas son más numerosas.

Por su parte, la velocidad del viaje se encuentra influenciada por el número de usuarios, la ruta, frecuencia de paradas, tiempos de abordaje, infraestructura del tránsito, diseño y confinamiento del derecho vial (Universidad Nacional de Cuyo, 2017).

En todos estos ámbitos se encuentran diferencias entre estas dos categorías. El número de usuarios es mucho mayor en los medios no concesionados, ya que cuentan con unidades de capacidad mediana y grande mientras que los concesionados son de pequeña capacidad. Las rutas son mayores en los medios no concesionados y la frecuencia de paradas es mayor en los concesionados, los tiempos de abordaje son mayores en los medios no concesionados, ya que cuentan con un volumen mayor de usuarios.

En cuanto a la infraestructura del tránsito, diseño y confinamiento del derecho vial, la situación es semejante en algunos casos, ya que comparten infraestructura, normas y diseño, excepto en los medios eléctricos, como ya se ha abordado anteriormente.

Los servicios de transporte cuentan con diferentes impactos en la sociedad, que pueden ser de corto plazo: congestionamiento de las vialidades, cambios en la emisión de contaminantes y niveles de ruido y largo plazo: cuando afectan el valor del suelo o promueven el cambio de las actividades económicas o urbanas. Y, por último, el impacto en el medio social: accesibilidad, cobertura, calidad en el servicio, confort y seguridad (Universidad Nacional de Cuyo, 2017).

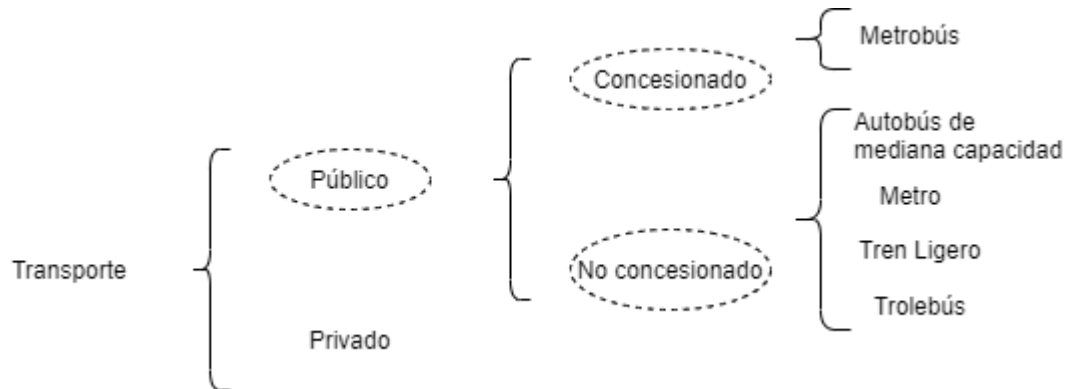
En los impactos a corto plazo, los medios no concesionados tienen un impacto mayor ya que cumplen en mayor medida con el incentivo de utilizar medios de transporte público en lugar de privado. En cambio, los medios concesionados al ser de los más utilizados, existe una gran cantidad de estos en la ciudad aportando gran cantidad de contaminantes en el ambiente y congestión vehicular, situaciones que son muy delicadas hoy en día en las grandes ciudades del país.

Los impactos de largo plazo se generan cuando las zonas que se encuentran alrededor de las principales rutas y estaciones, elevan su valor, debido a que estas se vuelven una zona de mayor afluencia pues representan puntos de conectividad, de ahí se desprenden actividades económicas que se establecen en estas zonas; esta situación es más común de observar en los medios no concesionados, ya que estos son los que establecen sus rutas en las zonas centrales de la ciudad, mientras que las unidades concesionadas son las encargadas de conectar a las colonias y puntos aledaños periféricos a estas rutas principales.

En cuanto a los impactos en el medio social, la cuestión de la accesibilidad es una oportunidad que brindan ambos medios. Sin embargo, el transporte público concesionado, en su inmensa mayoría los vehículos se encuentran en mal estado, los conductores que a su vez son explotados por los dueños de las concesiones se dedican a cazar a los pasajeros y se desentienden de las elementales normas de tráfico (Negrete y Vassalli, 2011), por lo que se ve reducido la calidad del servicio.

Es importante mencionar que parte de la demanda que tienen los medios concesionados es que cuentan con bajos costos de operaciones, que les permiten determinar bajas tarifas. No obstante, la mayoría de los esfuerzos por parte del gobierno local por mejorar el sistema de transporte público, se han concentrado en favorecer a los medios públicos, dejando de lado los medios concesionados. Es por ello, que se han incorporado más líneas del metro, incremento de rutas, mayor infraestructura en trenes y subterráneos, Negrete y Vassalli (2011), mencionan que esta acción se debe principalmente a que el transporte concesionado de mediana y pequeña capacidad es vital para el funcionamiento de las metrópolis, y su reorganización es un tema delicado, debido a los intereses del gobierno y los concesionarios, por lo que esta situación es muy compleja de tratar.

Figura 6. Clasificación de los medios de transporte públicos en Concesionados y no concesionados En la Ciudad de México.



En la figura seis, se muestra la clasificación de los medios de transporte publico en concesionados y no concecionados. Esta situación no es homogenea para todas la ciudades ya que en algunas unos medios son concesionados y en otras el mismo tipo de medios no lo es, depende de las administraciones locales. Como se muestra en la figura anterior, esta clasificación aplica para los medios de la Ciudad de México. En la Ciudad de Guadalajara estos medios se encuentran todos bajo la administración de una dependencia descentralizada del gobierno municipal, el Sistema de Tren Electrico Urbano (SITEUR), por lo tanto ninguno de estos medios es concesionado. Por su parte, en Monterrey es similar, los medios públicos que se analizan en esta investigación son manejados por dependencias descentralizadas, por lo que no se presentan medios concesionados. En la Ciudad de México solamente el Metrobús cuenta con rutas concesionadas, sin embargo, cabe resaltar que no todas las rutas son concesionadas.

2.4 Medios de Transporte Público

2.4.1 Metro

En esta sección se describe cada una de las modalidades que operan en las ciudades mencionadas en los párrafos anteriores. Con el fin de tener más información sobre cada una de las modalidades a las que se les aplicará análisis econométrico.

El Sistema de Transporte Público es el organismo encargado de operar el Metro, que es un medio de transporte urbano eléctrico, el cual se basa en líneas o vagones de trenes rápidos que se mueven por medio de la energía eléctrica, cuenta con recorridos subterráneos de superficie y elevados sirviendo para proveer a la población de un servicio masivo, seguro, confiable y amigable con el medio ambiente. Por otro lado, brinda un servicio de alta velocidad a los usuarios y genera una variante de movilidad a la población (Gobierno de la Ciudad de México, 2020). Este medio de transporte opera en las grandes ciudades con el fin de unir varias zonas de la ciudad y las ciudades aledañas.

2.4.2 Metrobús

El Metrobús es un medio de transporte urbano motorizado, que se compone de autobuses de alta velocidad y mediana capacidad. Este medio se basa en el modelo BRT (*Bus Rapid Transit*) el cual se caracteriza por contar con infraestructura preferente, operaciones rápidas y frecuentes. Combina estaciones vehículos servicios y alta tecnología en un sistema integral con alta tecnología (Gobierno de la Ciudad de México, 2020).

Este medio se compone por la infraestructura, la cual se basa en utilizar la infraestructura vial ya existente, implementando un carril confinado o exclusivo que

permite liberar el tránsito a los autobuses articulados y biarticulados¹¹ realizando un traslado rápido y seguro¹².

El segundo elemento de infraestructura son las estaciones, las cuales son de plataforma elevada y permiten el acceso de ingreso al nivel de los autobuses (Gobierno de la Ciudad de México, 2020).

2.4.3 Autobuses de mediana capacidad

Los servicios de autobuses de mediana capacidad son parte medular de la movilidad urbana, debido a que estos medios son de los primeros en introducirse a la hora en que las ciudades comienzan a expandirse. Se define por rutas que pasan por las arterias principales de la ciudad, y la inversión de estos medios no es tan alta comparado con otros, ya que utilizan la infraestructura existente y la inversión radica en adquirir las unidades móviles e instalar estaciones o paradas para los usuarios.

Los autobuses de mediana capacidad pueden satisfacer grandes volúmenes de usuarios, ya que cuentan con una presencia regular, continua y uniforme por las rutas que se transitan. Además de esto, las rutas están diseñadas para conectar con otros medios públicos, de esta forma se logra conectar a diferentes sectores de la ciudad y cuenta con un mayor alcance para los usuarios, generando una importante red de transporte.

¹¹ Biarticulado: se refiere a los autobuses que cuentan con dos conexiones o articulaciones en uno mismo, de esta forma se logra disponer de mayor capacidad.

¹² La importancia de este tipo de transporte para América latina se aprecia en trabajos como Jaramillo, Lizárraga, y Grindlay (2012), quienes mencionan el caso de Colombia, en donde desde el año 2000 la solución de movilidad urbana fue asignar un carril exclusivo para el autobús, (Metrobús). Este sistema fue implementado por primera vez en Curitiba Brasil en 1974 y ha determinado una fluidez en este modo de viajar que debido a la rapidez de los viajes es atractivo para los usuarios.

Regularmente, estos autobuses son más pequeños que los utilizados en el Metrobús, sin embargo, cuentan con mayor capacidad que los peceros y los microbuses, sus rutas.

2.4.4 Tren Ligero

El Tren ligero es un medio de transporte urbano que funciona de manera similar al Metro. Opera por medio de un sistema ferroviario eléctrico, con material rodante, cuenta con carriles confinados y estaciones independientes del tráfico vehicular y con derecho de paso en los puntos con intersección. Su capacidad es inferior a la del metro. A diferencia del Metro, este medio opera por la superficie terrestre, compartiendo el espacio con los medios que circulan por la infraestructura vial. Una parte de su recorrido puede ser por plataformas parciales independientes o por vías totalmente apartadas del tráfico. Sin embargo, cuando estas llegan a coincidir, el Tren Ligero tiene prioridad de paso, por lo tanto, es un sistema de tren que circula por las calles de la ciudad.

Esta modalidad solamente se encuentra en la Ciudad de México y Guadalajara.

2.4.5 Trolebús

El Trolebús es un medio eléctrico que se compone por una unidad móvil del tamaño de un ómnibus, el cual cuenta con dos cables en la superficie superior que van conectados con la corriente eléctrica. Este medio no utiliza infraestructura preferente, circula por medio de las arterias principales de la ciudad, no utiliza vías, por lo que transita a la par de otros vehículos con los que comparte la infraestructura vial.

Este medio de transporte es de gran utilidad en superficies montañosas ya que, al utilizar electricidad como energía móvil y no diésel, es mucho más efectivo y

económico, a su vez que es más amigable con el medio ambiente que los autobuses o microbuses.

Esta modalidad solamente se encuentra en la Ciudad de México y Guadalajara.

2.5 Características de los sistemas de transporte

Para el presente documento se cuenta con la información por parte del Instituto Nacional de Estadística y Geografía para las tres principales ciudades de México, las cuales son Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey, si bien, estas ciudades son centrales y cuentan con una delimitación municipal, cabe resaltar cuentan con una zona metropolitana determinada, en donde se conjuntan con otros municipios aledaños a sus límites territoriales formando una metrópolis en la que la movilidad se vuelve un reto central. A continuación, se realiza una breve descripción de las características de estas.

2.5.1 Ciudad de México

En la Ciudad de México, de acuerdo con la Encuesta Intercensal de Población y Vivienda de 2015 se registró un número de habitantes de más de 8.9 millones, el 52.6% fueron mujeres y el 47.4% hombres, y la mayor parte de la población se concentra en edades de entre 20 y 24 años¹³ que son las que presentan una mayor demanda de movilidad.

Para el año 2010 el 99.5% de la población se estableció en la zona urbana de la Ciudad de México, solamente el 0.5% habitó en localidades rurales de la misma. La ciudad de México es la más densa de todo el país, ya que para 2015 en promedio vivieron 5,967 personas por kilómetro cuadrado, mientras que a nivel nacional el promedio fue de 61 personas (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020).

¹³ De acuerdo con cifras del Instituto Nacional de Geografía.

Estas características de la ciudad hacen más complejos los desplazamientos entre los ciudadanos, sumado a esto, cabe mencionar que la esta ciudad funge como una ciudad central, ya que colinda con diferentes entidades federativas que en conjunto forman una metrópolis, este hecho sostiene la existencia de una extensión de la zona conurbada, tanto residencial como laboral (Casado, 2008).

A este respecto, Negrete y Vassalli (2011) describen el comportamiento de la oferta de transporte en la Ciudad de México, mencionando que dos terceras partes de los desplazamientos en la metropolis se da en transportes motorizados de tipo transporte colectivo, ya que este tipo representa una oferta abundante y diversificada.

El autor clasifica en dos categorías al transporte público, que son los medios de mediana y gran capacidad administrados por empresas públicas. Esta categoría también cuenta con la característica de que solamente se ofrecen en los centros de aglomeración y no se distribuyen en las periferias.

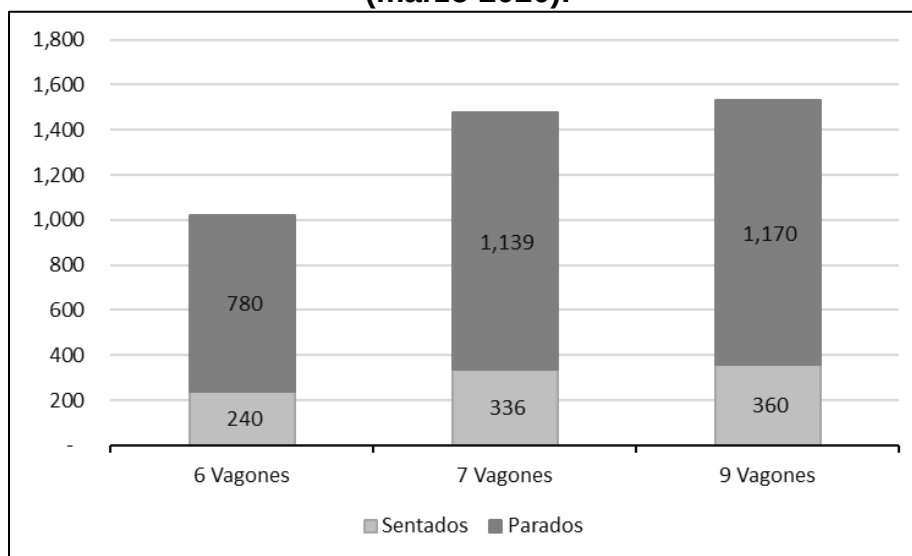
La segunda categoría corresponde a los transportes concesionados, en dónde se encuentran la mayor parte de de los transportes colectivos, (65%), son vehiculos de pequeña y mediana capacidad, que estan regulados y controlados por las autoridades locales que otorgan las concesiones, pero pertenecen a microempresarios, que poseen pocas unidades. Un ejemplo de ello, son los peceros en la Ciudad de México, estas concesiones son otorgadas por el gobierno a microempresarios que poseen pocas unidades de tamaño pequeño, sin embargo, este medio está controlado y regulado por el gobierno los cuales autorizan las concesiones y las cuotas (Negrete y Vassalli, 2011).

2.5.1.1. Metro de la Ciudad de México

El Metro de la Ciudad de México está compuesto por 279 trenes en servicio de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020). Sin embargo, los datos oficiales del Gobierno de la Ciudad de México (2020) señala que en total se cuenta con un parque vehicular de 384 trenes, de los cuales 321 son de rodada

neumática, y estos a su vez se encuentran integrados por 292 trenes de nueve carros y 29 de seis carros. Los 63 restantes son de rodadura férrea, y estos se componen por 12 trenes de seis carros, 21 de nueve carros y 30 trenes de siete carros.

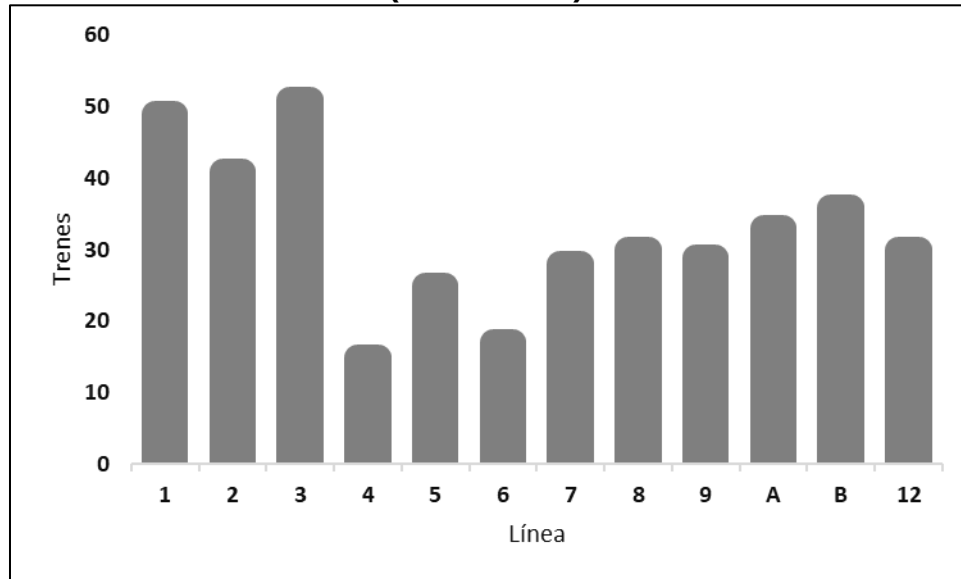
Gráfica 1. Capacidad de pasajeros por tren del Metro de la Ciudad de México (marzo 2020).



Fuente: Elaboración propia con datos del gobierno de la Ciudad de México.

Los trenes de seis vagones cuentan con una capacidad total de 1,200 pasajeros transportados, de los cuales 240 pueden viajar sentados y 780 parados; los vagones de siete, cuentan con una capacidad total de 1,475 pasajeros de los cuales 336 viajan sentados y 1,139 de pie; mientras que los vagones de nueve, cuentan con una capacidad total de 1,530 pasajeros, de los cuales 360 viajan sentados y 1,170 parados (Gobierno de la Ciudad de México, 2020).

Gráfica 2. Distribución de trenes en las líneas del Metro de la Ciudad de México (marzo 2020).



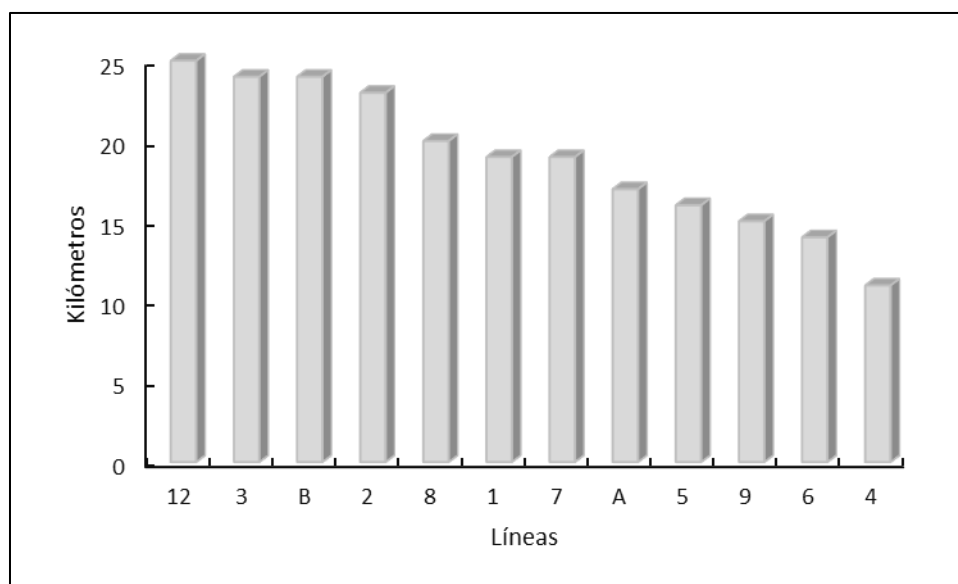
Fuente: Elaboración propia con datos del gobierno de la Ciudad de México.

De acuerdo con los datos del metro de la Ciudad de México, la línea 3 es la que cuenta con la mayor cantidad de trenes asignados: 51. De ahí le sigue la línea 1 y 2 con 49 y 41, respectivamente. La línea con menor cantidad de trenes asignados es la línea 4, con solamente 15 trenes asignados, siguiéndole la línea 6 y la 5 con 17 y 25 respectivamente. En promedio, cada línea cuenta con 32 trenes. Cabe señalar, que la cantidad de trenes por línea puede variar por una redistribución del parque vehicular en función de las necesidades del servicio (Gobierno de la Ciudad de México, 2020). Para 2018 las cifras del Sistema de Transporte Colectivo (2020) arrojan que se transportaron 1,647 millones 383 mil 013 pasajeros.

El Metro de la Ciudad de México se cuenta con un total de 195 estaciones de las cuales 115 son subterráneas, 55 de superficie y 25 elevadas. La estación con menor afluencia en 2018 fue la estación deportivo 18 de marzo de la línea 6 con 681 mil 350 usuarios. La estación con mayor afluencia para este mismo año fue la de Pantitlán línea "A", con 40 millones 850 mil 325 usuarios (Gobierno de la Ciudad de México, 2020).

La red en servicio cuenta actualmente con una longitud de 226.488 kilómetros, las cuales se dividen en las 12 líneas. El servicio opera los 365 días del año. Este medio de transporte fue inaugurado el 4 de septiembre de 1969 con la línea 1 que recorría de Zaragoza a Chapultepec, y su última ampliación fue la inauguración de la línea 12 el recorrido de Tláhuac – Mixcoac, el 30 de octubre de 2012.

Gráfica 3. Kilómetros por cada línea de la red en servicio del Metro de la Ciudad de México (marzo 2020).



Fuente: Elaboración propia con datos del gobierno de la Ciudad de México.

La línea 12 es la que cuenta con la longitud más extensa de kilómetros (25.1), le sigue la línea 3 y la línea “B”, con 23.609 y 23.722 respectivamente. Por otro lado, la línea cuatro que también es la de menor afluencia, es la que cuenta con el menor número de kilómetros con 10.747. Después de esta, le sigue la línea seis y nueve, con 13.947 y 15.375 respectivamente (Gobierno de la Ciudad de México, 2020).

2.5.1.2. Metrobús de la Ciudad de México

En la Ciudad de México, el Metrobús cuenta con siete líneas, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020) este sistema de movilidad urbana cuenta con 24 rutas; para abril de 2020, contó con 664 unidades en

existencia que rotan en las diferentes líneas y entre los días de la semana. Los días sábado y domingo se suelen utilizar una menor cantidad de unidades que entre semana. Por ejemplo, para marzo del 2020 entre semana se pusieron en circulación 564 unidades, mientras que los fines de semana solamente 355.

Estas unidades se componen de autobuses articulados y biarticulados. Sin embargo, el gobierno de la Ciudad de México (2020) reporta una flotilla de 660¹⁴ autobuses, los cuales se dividen en cuatro diferentes tipos:

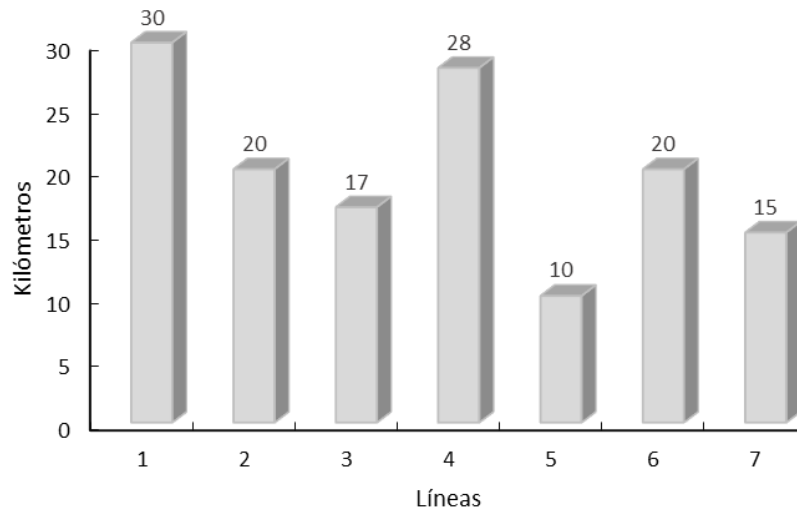
1. Autobuses Articulados miden 18 metros de largo y pueden transportar hasta 160 personas, se cuenta con 303 autobuses. 1 autobús articulado sustituye a 107 vehículos.
2. Autobús Biarticulados miden 24 metros de largo y pueden transportar hasta 240 personas, se cuenta con 124 autobuses de este tipo. 1 autobús biarticulado sustituye 160 automóviles.
3. Autobús de 12 metros de largo, cuenta con capacidad para 100 personas y pueden transportar hasta 100 personas, se cuenta con 70 de este tipo, de los cuales 61 son de diésel y 9 híbridos.
4. Autobús doble piso EURO VI tiene una capacidad para 130 personas y se cuenta con 90 de ellos en la flota.

La línea uno, al ser la línea inaugural¹⁵ es la que cuenta con la mayor extensión en kilómetros. Posteriormente, le sigue la línea cuatro, con una longitud de 28 kilómetros; la línea cinco, es la que cuenta con la menor extensión; seguido de la línea siete, que abarca solamente 17 kilómetros. En total el servicio de Metrobús brinda un servicio de 140 kilómetros que se distribuyen por la Zona Metropolitana de la Ciudad de México en sus siete líneas disponibles.

¹⁴ En el desglose de cada tipo de autobuses en la flotilla del Metrobús de la Ciudad de México se suman en total 587 autobuses, sin embargo, el Gobierno de La Ciudad de México (2020) reporta 660 autobuses.

¹⁵ La línea uno del Metrobús fue inaugurada el 19 de junio de 2005, posteriormente sufrió una ampliación en el sector sur el 13 de marzo de 2008 (Gobierno de la Ciudad de México, 2020).

Gráfica 4. Kilómetros por cada línea de la red en servicio del Metrobús de la Ciudad de México (marzo 2020).

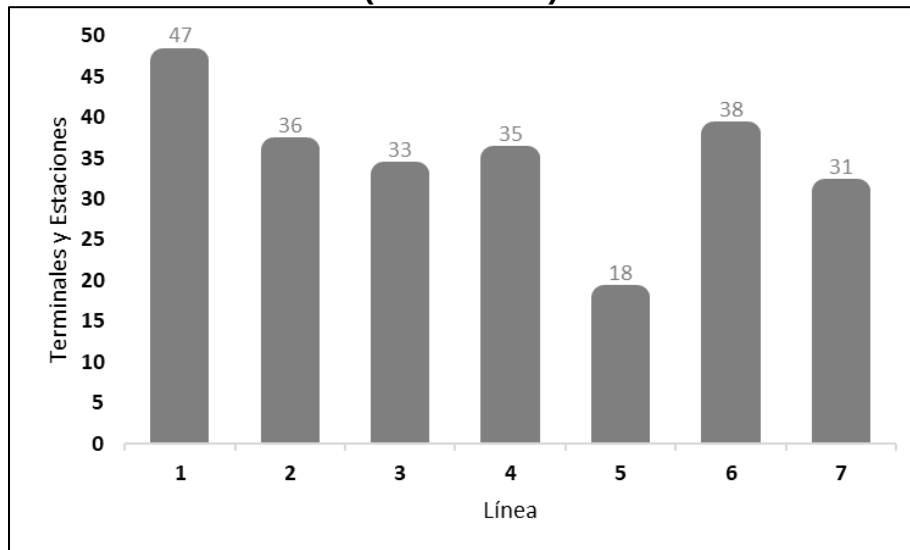


Fuente: Elaboración propia con datos del gobierno de la Ciudad de México.

El servicio de Metrobús en la Ciudad de México cuenta con una infraestructura de estaciones elevadas distribuidas en las rutas de cada línea, es en ellas donde la unidad móvil realiza las paradas para abordar y descender a los usuarios. Además de estas, también se cuenta con las terminales, que son en donde comienza y termina la ruta, por lo que llegan y salen las unidades móviles, estas también cumplen la función de las estaciones, y en ocasiones hay más de dos terminales por línea.

En promedio se cuenta con 20 estaciones y terminales por línea, en total, el sistema Metrobús tiene 140 estaciones y terminales. La línea con mayor cantidad de ellas es la uno, con 47; seguido de la línea seis, con 38; la línea cinco, al ser la más pequeña en extensión es también la que cuenta con menor cantidad de estaciones, seguida de la línea siete con 31.

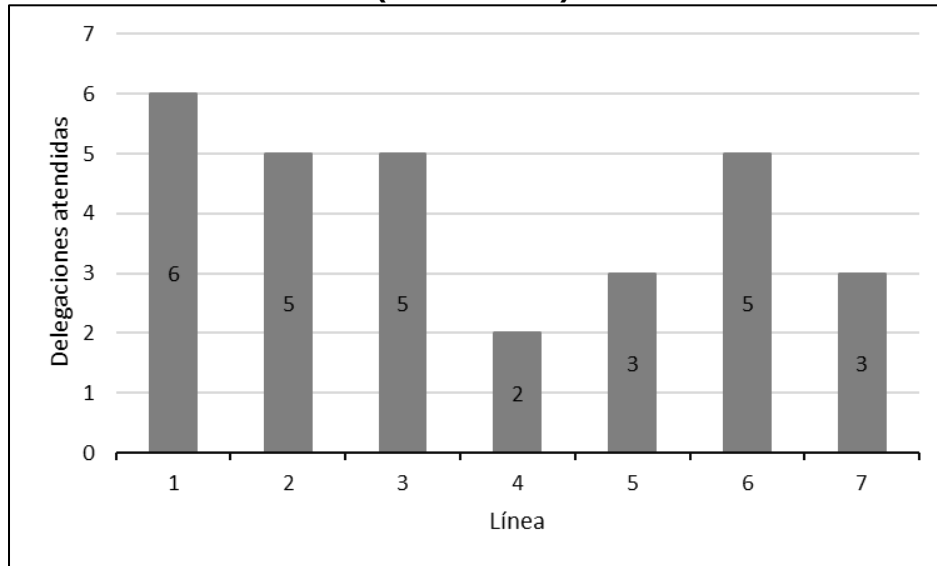
Gráfica 5. Terminales y Estaciones por cada línea de la red en servicio del Metrobús de la Ciudad de México (marzo 2020).



Fuente: Elaboración propia con datos del gobierno de la Ciudad de México.

La Ciudad de México se encuentra dividida en 16 delegaciones. Estas, son limitaciones territoriales las cuales son órganos político-administrativos desconcentrados y autónomos en sus acciones de gobierno (Gobierno de la Ciudad de México, 2020). De acuerdo con el Gobierno de la Ciudad de México (2020) el servicio Metrobús atiende a 11 delegaciones. Cada línea en promedio atiende a 4 delegaciones, las cuales pueden repetirse entre líneas, la ruta que más delegaciones atiende es la uno, que cubre a seis delegaciones. La línea dos, atiende solamente a dos delegaciones, siendo esta la de menor cobertura. Seguido de la línea cinco y siete, que atienden a tres delegaciones.

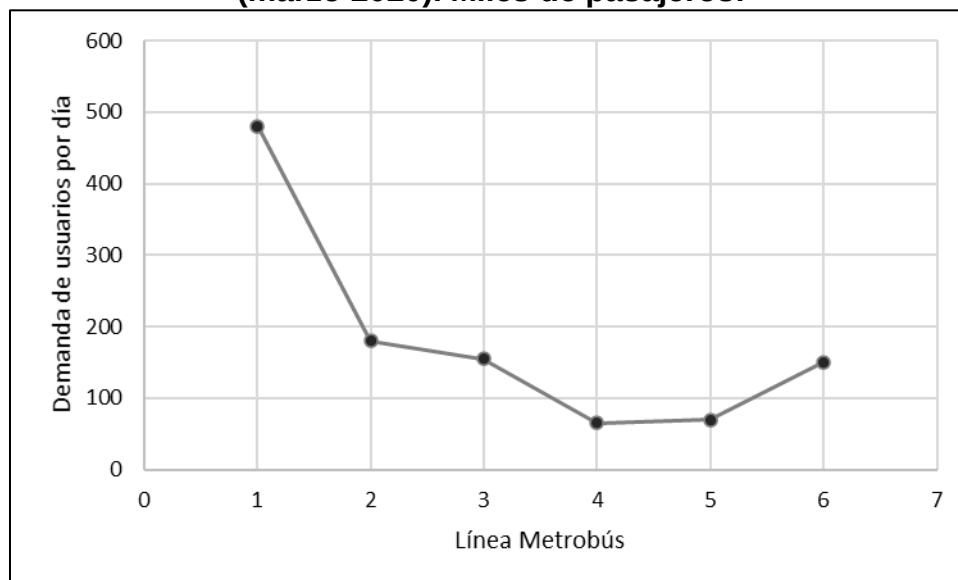
Gráfica 6. Delegaciones atendidas por línea de Metrobús en la Ciudad de México (marzo 2020).



Fuente: Elaboración propia con datos del gobierno de la Ciudad de México.

A continuación, se presenta en el gráfico seis, la demanda de pasajeros atendidos por día, en cada línea del Metrobús. Cabe señalar que para el caso de la línea siete, no se presenta información en la página oficial del gobierno de la Ciudad de México, por lo que se omite esta ruta. En promedio estas seis líneas del Metrobús tienen una demanda de 183 mil usuarios al día, en total se atienden en 1,100 mil usuarios. La línea uno es la que mayor impacto conserva, con 480 mil personas al día, seguido de la línea dos, con 180 mil personas. Las líneas con menor cantidad de afluencia diaria son la cuatro y la cinco con 65 y 70 mil usuarios al día respectivamente. Llama la atención que la línea cuatro, al ser una de las líneas con mayor número de kilómetros cuente con una de las más bajas demanda de usuarios.

Gráfica 6. Demanda de usuarios atendidas por día en cada línea del Metrobús en la Ciudad de México (marzo 2020). Miles de pasajeros.



Fuente: Elaboración propia con datos del gobierno de la Ciudad de México.

2.5.1.3. Red de Transporte de Pasajeros (RTP) de la Ciudad de México

La administración encargada de presentar la Red de Transporte de Pasajeros en la Ciudad de México es la administración del gobierno de la Ciudad, bajo un órgano descentralizado. Este medio de transporte se inserta en la Ciudad de México ante la necesidad de satisfacer la inclusión de las zonas periféricas de la Ciudad de México hacia los beneficios del desarrollo urbano, por lo que su finalidad es atender preferentemente a las clases populares de la ciudad. También cumple con la función de articular y conectar con otros sistemas de transporte, ampliando la red de movilidad para los usuarios (Gobierno de la Ciudad de México, 2020).

EL RTP inicia operaciones en la Ciudad de México el 1 de marzo del 2000, con 2,600 trabajadores, 860 autobuses distribuidos en 75 rutas, siete módulos operativos y tres talleres especializados.

En octubre de 2019 el RTP contaba con 97 rutas, sin embargo, para diciembre se adicionaron cuatro rutas más, y a partir de febrero del 2020 se ha contado con 103 rutas en total (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020).

La Red de Transporte de Pasajeros, ofrece un servicio diferenciado, en el cual varían las tarifas, los servicios que ofrece son: Ordinario, Expreso, Ecobús, Atenea, Escolar y Nochebús. Cabe señalar que algunas rutas cuentan con uno o más servicios. Las rutas se dividen en siete módulos diferentes, los cuales se establecen dependiendo de las zonas de la Ciudad (Gobierno de la Ciudad de México, 2020).

Para el mes de abril del 2020 se contabilizaron en promedio 503 unidades diarias utilizadas de lunes a viernes para abastecer la afluencia de usuarios del servicio, mientras que para los sábados y domingos las unidades utilizadas fueron 278. Para este mismo mes, se registraron 4,368 trabajadores incluyendo personal administrativo, de confianza y oficinas centrales; operadores, obreros y técnicos dedicados exclusivamente al mantenimiento de las unidades (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020).

2.5.1.4. Tren Ligero de la Ciudad de México

El Tren Ligero de la Ciudad de México opera bajo la red de Servicio de Transporte Eléctricos de la Ciudad de México. Este medio opera con un menor alcance que el resto de los medios que se han mencionado. Este se concentra al sur de la Ciudad, brindando su servicio a las delegaciones de Coyoacán, Tlalpan, y Xochimilco. Da servicio a 16 estaciones y dos terminales por una sola línea. Su flotilla se integra por 20 trenes dobles acoplados con doble cabina de mando, con una capacidad de pasajeros máxima de 374 por unidad. Su extensión es de 13.04 kilómetros (Gobierno de la Ciudad de México, 2020). Sin embargo, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía reporta una extensión de 25 kilómetros, y sus cifras indican una flotilla de 14 unidades en operación.

2.5.1.5. Trolebús de la Ciudad de México

En la Ciudad de México se cuenta con ocho líneas de Trolebús, con una longitud de 203.64 kilómetros en total. La flota vehicular consta de 290 trolebuses, los cuales operan a un intervalo promedio de paso de 4 minutos entre estos, todas estas rutas

se encuentran dentro de las delegaciones de la Ciudad de México (Gobierno de la Ciudad de México, 2020).

2.5.2 Guadalajara

De acuerdo con la Encuesta Intercensal de Población y Vivienda de 2015 la ciudad de Guadalajara¹⁶ contó con una población de 1.4 millones de habitantes, entre los cuales el 51.8 % son mujeres y el 48.2% son hombres. La edad promedio de la población en el municipio es de 30 años, la mayor cantidad de personas se encuentra en el intervalo de edad de 20 a 24 años, mientras que el grupo de edades en donde se encuentra la menor cantidad de habitantes es entre los 70 y 74 años. La densidad poblacional es de 9, 658.2 personas por kilómetro cuadrado, la tasa media de crecimiento anual del 2010 al 2015 fue de 1.5, mientras que la tasa de fecundidad fue de 2.40, por su parte, la tasa de mortalidad en 2015 fue de 5.6 (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020).

En comparación con los 8.9 millones de habitantes de la Ciudad de México¹⁷, la cantidad de medios principales en ambas ciudades es muy parecido, aunque con menos rutas en Guadalajara. De acuerdo con Orcao (1989), la evolución del sistema de transporte público debe ir en paralelo con el crecimiento poblacional.

2.5.2.1. Metro de la Ciudad de Guadalajara

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020) el Metro de la ciudad de Guadalajara cuenta 41 unidades en operación. Esta cifra se presenta para los primeros tres meses del año 2020. Las unidades son de rodada férrea y algunos de ellos son fabricados por las compañías Bombardier, Concaril y Siemens. La mayoría de ellos cuentan con una longitud de 30 metros de largo y dos

¹⁶ La evidencia empírica indica que esta ciudad se destaca por tener una ineficiente distribución modal del transporte de pasajeros, existe una permanencia y un constante incremento en la congestión y contaminación y falta de una autoridad de las instituciones intermunicipales y necesidad de una mayor coordinación metropolitana (Casado, 2008).

¹⁷ De acuerdo con datos del INEGI del último censo de 2015.

de ancho (mapa-metro, 2010). Este medio de transporte también conocido en la ciudad como el Tren Eléctrico Urbano, que es administrado por el SITEUR (Sistema de Tren Eléctrico Urbano), esta subsidiaria estatal también es el encargado de administrar el Tren Ligero de la metrópoli.

Actualmente, este medio cuenta con dos líneas y una tercera que se encuentra en construcción. Estas líneas atraviesan los municipios de Guadalajara, Zapopan y Tlaquepaque (SITEUR, 2020). Cuentan con una extensión de 50 kilómetros, (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020). Alrededor de sus dos líneas, a las cuales se les han agregado remodelaciones y extensiones desde la inauguración de la línea uno, el 1 de septiembre de 1986 (SITEUR, 2020). En promedio la línea uno tiene un tiempo de recorrido de 63 minutos, con 20 estaciones a lo largo del recorrido, mientras que la línea dos tiene un tiempo promedio de recorrido de 36 minutos, con 10 estaciones (SITEUR, 2020).

La frecuencia de paso de cada tren es de 5.30 minutos en la hora pico de la línea uno, normalmente el tiempo de espera es de nueve minutos. En cuanto a línea dos, en hora pico la espera es de cuatro minutos, mientras que normalmente es de nueve minutos y en domingos y días festivos de nueve a doce minutos (SITEUR, 2020).

2.5.2.2. Metrobús de Guadalajara

En la Ciudad de Guadalajara se cuenta con un organismo público descentralizado SITEUR (Sistema de Tren Eléctrico Urbano) que es el encargado de gestionar un sistema de transporte público masivo incluyente, ofreciendo eficiente calidad y es amigable con el medio ambiente. En este caso, dicho organismo es el encargado de administrar el Macrobus troncal, el Tren Ligero y el Tren eléctrico Urbano (SITEUR, 2020).

El Macrobus Troncal es el equivalente a el Metrobús en la Ciudad de México. Es un sistema de autobuses de tránsito rápido que cuenta con un carril confinado de uso exclusivo, en donde operan autobuses articulados (SITEUR, 2020). La línea troncal fue inaugurada el nueve de marzo de 2009, cuenta con una sola línea, la cual tiene

una extensión de 16.6 kilómetros, y se divide en dos rutas¹⁸ que atraviesan los municipios de Guadalajara y Tlaquepaque (SITEUR, 2020).

El Sistema de Macrobús Troncal cuenta con 27 estaciones. El recorrido por sentido es de 46 minutos, la frecuencia de paso es de 5 minutos en promedios en hora pico y ocho normalmente (SITEUR, 2020). De lunes a viernes operan en promedio 40 unidades, mientras que los sábados y domingos operan solamente 26 unidades (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020).

2.5.2.3. Trolebús de Guadalajara

A partir del 3 de febrero de 2016 el Sistema de Tren Eléctrico Urbano fue el encargado de administrar el servicio de Trolebús en la zona conurbada de Guadalajara. Esto con el fin de consolidar y unificar los sistemas de transporte público masivo en la región, además de modernizar el sistema operativo (SITEUR, 2020).

El Trolebús es implementado como una extensión del Tren Ligero, y forma parte de la línea tres del SiTren, por lo tanto, el Trolebús está compuesto por una sola línea, la cual cuenta con 18 kilómetros de longitud, y se mantienen en operación 16 unidades móviles (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020). La ruta cuenta con 58 estaciones (SITEUR, 2020).

2.5.2.4. Macrobús Alimentador de Guadalajara

El Macrobús alimentador en Guadalajara es de los medios de transporte que cuenta con más rutas, cuenta con 15 rutas que pasan por más de 351 paradas de autobús (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020), estas rutas tienen un alcance que abarca los municipios de Guadalajara, Tlaquepaque, Tonalá, Zapopan y Ixtlahuacán del río.

¹⁸ De acuerdo con información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020).

El sistema alimentador inició operaciones el 10 de marzo del 2009 cuenta con una longitud de 219 kilómetros. La ruta con mayor longitud es la A19, la cual cubre 19 kilómetros y cuenta con alrededor de 68 paradas; la línea más corta es la A05, la cual recorre 10 kilómetros y cuenta con 10 paradas (SITEUR, 2020).

El sistema de Macrobús Alimentador cuenta con alrededor de 103 unidades móviles, de las cuales 80 de ellas son utilizadas en promedio de cada día de lunes a viernes y 73 los sábados y domingos; estas generan (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020).

2.5.2.5. Tren Ligero de Guadalajara

El Tren Ligero en Guadalajara se encuentra bajo la administración del Sistema de Tren Eléctrico Urbano, que es un instituto municipal encargado de gestionar el transporte público masivo de referencia en la capital Jalisciense.

EL Tren Ligero cuenta con dos líneas, la L1 y L2. La primera línea inicia operaciones el 1 de septiembre de 1989, con una longitud de 5.3 kilómetros y siete estaciones, la segunda línea fue inaugurada en 1994, con 10 estaciones subterráneas y 32 trenes (SITEUR, 2020).

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020), reporta que a partir de noviembre de 2018 se cuenta ya con tres rutas en el Sistema. Para abril del 2020 se reportó que, en promedio, se utilizaron 50 unidades móviles cada día de lunes a viernes, para las operaciones del Tren Ligero, mientras que los sábados y domingos se pusieron en funcionamiento 47 unidades.

Estas rutas, conectan a los municipios de Guadalajara, Zapopan y Tlaquepaque. En la línea uno se cuenta con un tiempo estimado de recorrido de una hora con 63 minutos, mientras que la línea dos realiza un recorrido de 2 horas con 36 minutos (SITEUR, 2020).

La línea uno del Tren ligero cuenta con una frecuencia de paso de 5.30 minutos, en horario normal, en hora de mayor afluencia es de 9 minutos, en domingo el tiempo

de espera es de 9 minutos. En cuanto a la línea dos, el tiempo de espera entre trenes es de 4 minutos en hora de mayor afluencia, en horario normal es de 9 minutos, los domingos y días festivos la espera es de 9 minutos en horario con mucha demanda y en horario normal es de 12 minutos (SITEUR, 2020).

2.5.3. Monterrey

La zona metropolitana de Monterrey está compuesta por 12 municipios, dentro de los cuales el municipio central es Monterrey. Su población se estima en 3.7 millones de habitantes de los cuales 1.1 pertenecen al municipio de Monterrey. El 49% de esta población es masculina, mientras que el 51% es femenina (Consejo Nacional de Población, 2020) (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020). El área metropolitana de Monterrey es la tercera área más poblada en México sólo por detrás de la Ciudad de México y el área metropolitana de Guadalajara y cuenta con una extensión territorial de 6,357 kilómetros cuadrados (Universidad Autónoma de Nuevo León, 2018).

En el área metropolitana de Monterrey se registran poco más de seis millones de desplazamientos diarios y de estos, el 65% se realizan en transporte público. En los últimos años se ha venido dando un incremento importante en el número de vehículos que circulan en la ciudad, lo cual ha generado una disminución en la velocidad y el tiempo promedio de viajes debiéndose a que históricamente se ha dado mayor importancia a la infraestructura vial que favorece al uso de medios privados sobre los públicos (Galán, 2005).

En el caso de Monterrey, solamente se toman en cuenta tres de los principales medios de transporte. Su población es mayor a la de Guadalajara, pero menor que la de Ciudad de México. No obstante, esta ciudad se ha caracterizado por ser una ciudad altamente industrializada.

.2.5.3.1. Metrorrey

El Metro de la ciudad de Monterrey, también conocido como Metrorrey, ofrece el servicio de transporte público con una red de dos líneas. La tercera se encuentra actualmente en construcción, está conformado por 32 estaciones, las cuales ofrecen un enlace con rutas de autobuses alimentadoras denominadas TransMetro, Metrobús y MetroEnlace (Sistema de Transporte Colectivo, 2020).

La línea uno fue inaugurado en 1991 y actualmente cuenta con 19 estaciones. Por su parte, la línea dos se construyó en 1994. Esta línea ha sufrido dos ampliaciones, actualmente cuenta con 13 estaciones (Sistema de Transporte Colectivo, 2014).

De acuerdo con INEGI (2020), el Sistema de Transporte cuenta con una longitud de servicio de 32 kilómetros, a lo largo de ambas líneas. Este medio es gestionado por el Sistema de Transporte Colectivo, que es una empresa pública descentralizada del gobierno del Estado de Nuevo León (Sistema de Transporte Colectivo, 2014).

Para marzo del 2020 el Sistema de Transporte contó con 40 trenes en operación, los cuales transportaron a 12,555 mil pasajeros, recorriendo 814 mil kilómetros en este mes y consumieron un total de 3,149 mil kilowatts de energía eléctrica (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020).

El Sistema de Transporte Colectivo reportó que para 2014 se contó con un total de 84 vehículos o vagones, de los cuales 62 fueron Bombardier y 22 CAF. Cada vagón tiene una capacidad de 300 pasajeros y la formación mínima del tren es de dos vehículos y la máxima es de cuatro (Sistema de Transporte Colectivo, 2014). En horas pico, el Sistema de Transporte tiene la capacidad de transportar a 34, 970 pasajeros (Sistema de Transporte Colectivo, 2014).

El tiempo mínimo de espera para la línea uno es de 4:12 minutos, mientras que para la línea dos es de 4:00 minutos (Sistema de Transporte Colectivo, 2014).

2.5.3.2. Metrobús de Monterrey.

El Metrobús en la ciudad de Monterrey es un medio complementario al Metro. Está integrado por 22 rutas urbanas de autobuses con una tarifa integrada, es decir que

por el mismo precio puedes utilizar ambos medios. Sumado a esto se integra el Metro Enlace, que cuenta con seis rutas adicionales que también sirven de alimentadoras del Metro y utilizan una tarifa preferencial (Sistema de Transporte Colectivo, 2014). Sin embargo, para 2020 el Instituto Nacional de Estadística y Geografía reporta un total de 29 rutas además de que cuentan con un personal ocupado de 1,674 personas, incluyendo personal administrativo, de confianza, operadores, obreros y técnicos encargados únicamente del mantenimiento de las unidades.

El Metrobús en Monterrey inició sus operaciones el 12 de febrero de 1999. De lunes a viernes el servicio utiliza en promedio 535 unidades, mientras que los sábados y domingos solamente se utilizan 481 (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020).

2.5.3.3. TransMetro de Monterrey

El Sistema TransMetro, es administrado por la dependencia municipal Sistema de Transporte Colectivo de Monterrey, inició sus operaciones el 28 de noviembre del 2002; este medio de transporte colectivo, cuenta con la finalidad de proveer a la comunidad de diferentes opciones en el servicio de movilidad urbana, de forma coordinada con las líneas del Metrorey, por el costo de una sola tarifa, por lo que es visto como una extensión del Metro que opera por medio de autobuses que circulan por las principales arterias de la Ciudad, generando una red de diferentes medios que se conectan entre sí, para que de esta forma se logre un mayor alcance y se beneficie a la mayor cantidad de usuarios posibles (Sistema de Transporte Colectivo, 2020).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020), el TransMetro cuenta con 10 rutas, las cuales se conectan con la línea uno y dos del Metrorey; actualmente cuenta con 203 estaciones y una longitud de servicio de 101.2 kilómetros.

De lunes a viernes, el TransMetro utiliza en promedio 86 unidades móviles al día, mientras que los sábados y domingos se utilizan 63 unidades. En cuanto al personal ocupado por este sistema de transporte, se registró para marzo y abril del 2020 1,051 personas ocupadas, incluyendo personal administrativo de confianza, operadores, obreros y técnicos dedicados exclusivamente al mantenimiento de las unidades (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020).

CAPÍTULO 3. Determinantes de la relación de largo plazo en el transporte público: Análisis econométrico

Hasta este capítulo se ha desarrollado el papel que juega la movilidad en las ciudades con alta tasa de concentración poblacional, las diferentes formas de desplazarse, y cómo los usuarios toman la decisión de realizar sus viajes.

En este capítulo se realizará el procedimiento cuantitativo que ayudará a analizar el comportamiento de los usuarios con los diferentes medios de transporte en el largo plazo. Para definir esta relación se propone utilizar un modelo de cointegración, el cual se justifica y describe en esta sección.

3.1 Antecedentes del modelo

Gujarati y Porter (2010) mencionan que, en términos económicos, dos variables serán cointegradas si existe una relación de largo plazo, o de equilibrio, entre ambas. Ha esta relación también se le llega a conocer como sincronización de largo plazo.

De acuerdo con la bibliografía revisada, no se encontró evidencia empírica de haber aplicado el método de cointegración al transporte público, como se realiza en esta investigación, sin embargo, se revisaron diversos ejercicios en donde utilizan este método en sistemas de transporte o en temas que ayudan a probar una sincronización entre dos variables.

El trabajo con mayor antigüedad que se abordó fue el de Samimi (1995) quien realizó un ejercicio de cointegración para examinar las características a corto y largo plazo de la demanda de energía en el sector de transporte por carretera de Australia.

Por su parte, Shahbaz, et al. (2015) continuaron evaluando el impacto del transporte por carretera y las emisiones del CO₂ en Túnez. Estableció la existencia de una relación de largo plazo con presencia de rupturas estructurales, las cuales identifican por medio de un modelo de corrección de errores.

Para 2018, Gherghina, et al., continuaron estudiando la contaminación en el transporte. Realizaron una investigación donde estudiaron el nexo entre las principales formas de transporte, los contaminantes que generan y las inversiones en infraestructura.

Estos estudios realizan un ejercicio con series de tiempo, en donde determinan si las variables a evaluar guardan una relación en el largo plazo, inentan determinar si los contaminantes admosfericos derivados de los medios de transporte presentan una sincronización con el aumento del uso de los mismos.

En el trabajo de Gelhausen, et al. (2018), se integra la variable de infraestructura como una variable auxiliar, sin embaro, Maparu y Mazumder, (2017) estudiaron la relación que guarda la infraestructura del transporte con el desarrollo economico en la India, en un periodo de 1990 al 2011.

Otro estudio que se centra en el transporte y el crecimiento economico es el realizado por Myszczyzyn y Mickiewicz (2019). El estudio se realiza para Alemania en el periodo de 1872 a 1913, en donde se evalua el nivel del crecimiento economico y el desarrollo ferroviario.

Tambien se econtraron diversos estudios sobre el transporte aereo y el crecimiento economico, por ejemplo, el estudio realizado por Brida, et al. (2014) el cual analiza la relación dinamica entre el transporte aero mexicano y el crecimiento economico.

Por su parte, Baker, et al. (2015) realiza un estudio similar para austrialia, en donde proporciona evidencia de que existe un corto y largo plazo entre la aviación regional y el crecimiento económico, los autores analizaron 88 aeropuertos durante 1985 a 1986 y 2010 a 2011.

Otros estudios como el de Gelhausen, et al. (2018) desarrolla un modelo basado en la teoría de cointegración para pronosticar el volumen de pasajeros y de vuelos en los aeropuertos alemanes. Rodríguez (2017), cuantifica el impacto que tuvo la salida de Mexicana de aviación en cada uno de los mercados en los que operaba por medio de un modelo de cointegración y un modelo SARIMA.

Sin embargo, no solamente en materia de transporte se ha utilizado los modelos de cointegración, Brugger y Ortiz (2011) Examina la relación entre el desempeño de las bolsas latinoamericanas de valores con su economía real aplicando modelos econométricos para los casos de Argentina, Brasil, Chile y México. López y Venegas (2012) realizan un estudio similar pero comparando los índices bursátiles de México y Estados Unidos.

Garcés (2005) Investiga el papel que la integración económica con Estados Unidos ha tenido sobre el PIB mexicano durante el periodo 1980-2000. El análisis se basa en la estimación de relaciones de equilibrio de largo plazo y los respectivos procesos de ajuste para el PIB mexicano y cada uno de sus componentes con el índice de la producción industrial de Estados Unidos y el tipo de cambio real bilateral.

Estudios más cercanos a esta investigación, sugieren que la relación de largo plazo entre los pasajeros y kilómetros aumentan en mayor medida que el Producto Interno Bruto y mucho más rápidamente que la urbanización, esta afirmación es respaldada por un modelo de cointegración y un modelo de corrección de errores (Ramanathan, 2001). Milioti y Karlaftis (2014) investigaron la demanda del transporte en un contexto intermodal, por medio de series de tiempo utilizando variables de demanda de transporte y macroeconómicas.

Todas estas investigaciones utilizan un modelo de cointegración y posteriormente realizan un mecanismo de corrección de errores, para medir el desequilibrio de corto plazo.

Como contraste a estas investigaciones, este documento propone medir si existe una sincronización entre las variables de kilómetros recorridos y pasajeros transportados en las ciudades de Monterrey, Guadalajara y Ciudad de México, para el transporte público, adicional a esto se busca medir por medio de un modelo de corrección de errores el tiempo de retorno que tarda cada medio en regresar al equilibrio de largo plazo debido a los desequilibrios de corto plazo que pueden llegar a presentarse en cada modalidad por el cambio modal .

El cuadro uno, muestra un resumen de los trabajos antes mencionados, en la ultima fila se agregan los elementos de este trabajo de investigación, como forma de comparación y aplicación del modelo sugerido.

Tabla 1. Revisión Bibliográfica: cuadro comparativo.

Título	Autor	Año	País	Variables	Metodología
Demanda de energía para el transporte por carretera en Australia	Rodney Samimi	1995	Australia	Demanda de energía y transporte por carretera	Cointegración y Modelo de corrección de errores
El comportamiento a largo plazo del desempeño del transporte en la India: un enfoque de cointegración	R. Ramanathan.	2001	India	Pasajeros/ kilómetros y PIB	Cointegración y Modelo de corrección de errores
Demanda del transporte público multimodal: un enfoque de series temporales de integración	Christina Milioti y Matthew Karlaftis	2014	Gracia	Demanda del transporte y variables macroeconómicas	Cointegración y Modelo de corrección de errores
Sobre el nexo causal de las emisiones de CO2 del transporte por carretera y las variables macroeconómicas en Túnez: pruebas de cointegración combinada	Shahbaz Muhammad, Khraief Naceur y Dhaoui Abderrazak	2015	Túnez	Consumo de energía del transporte por carretera, precios de los combustibles, el valor añadido del sector del transporte y las emisiones de CO2,	Cointegración y Modelo de corrección de errores
Correlaciones a largo plazo entre el desarrollo del transporte ferroviario y el crecimiento económico del Reich Alemán (1872-1913)	Janusz Myszczyzyn y Bartosz Mickiewicz	2019	Alemania	Nivel de crecimiento económico y el desarrollo de los ferrocarriles	Cointegración y Modelo de corrección de errores
La relación a largo plazo entre el crecimiento económico y transporte aéreo de pasajeros en México	Gabriel Brida, Bibiana Lanzlotta, Martín Brindis y Silvia Rodríguez	2014	México	Pasajeros transportados y crecimiento económico	Cointegración
Infraestructura de transporte, desarrollo económico y urbanización en la India (1990-2011): ¿Hay alguna relación causal?	Tuhin Subhra Maparu y Tarak Nath Mazumder	2017	India	Urbanización y desarrollo económico	Cointegración y Modelo de corrección de errores
Un nuevo modelo de demanda directa de previsión a largo plazo de pasajeros aéreos y movimientos de transporte aéreo en los aeropuertos alemanes	Marc C. Gelhausen, Peter Berster y Dieter Wilken	2018	Alemania	Volumen de pasajeros y vuelos realizados	Cointegración
La aviación regional y el crecimiento económico: cointegración y causalidad análisis en Australia	Douglas Baker, Rico Merkert y Md. Kamruzzaman	2015	Australia	Nivel de actividad del aeropuerto y crecimiento económico	Panel de datos, cointegración y Modelo de Corrección de errores
Impactos económicos de la salida del mercado de Mexicana de Aviación	Ignacio Javier Cruz Rodríguez	2017	México	Evolución de los pasajeros y operación de las empresas	Cointegración y modelo SARIMA
Pruebas empíricas de los países de la UE-28 sobre sistemas de infraestructura de transporte resistentes y crecimiento económico sostenible	Stefan Cristian Gherghina, Mihaela Onofrei, Georgeta Vintilă y Daniel Stefan Armeanu	2018	países de la UE-28	Crecimiento económico, invasión en infraestructura de transporte y contaminación del transporte	Panel de datos y cointegración
Integración financiera México - Estados Unidos: mercados accionarios y derivados accionarios	Francisco López-Herrera y Francisco Venegas-Martínez	2012	México y Estados Unidos	Índices bursátiles	Cointegración
La relación de largo plazo del PIB mexicano y sus componentes con la actividad económica en Estados Unidos y el tipo de cambio real	Daniel G. Garcés Díaz	2005	México y Estados Unidos	PIB mexicano, índice de la producción industrial de Estados Unidos y tipo de cambio real	Cointegración
Mercados accionarios y su relación con la economía real en América Latina	Samuel Brugger y Edgar Ortiz	2011	Argentina, Brasil, Chile y México	Índices bursátiles y PIB	Cointegración
Convergencia del transporte público en las principales ciudades de México	Eduardo García	2020	Principales ciudades de México	Kilómetros recorridos y pasajeros transportados	Cointegración y Modelo de corrección de errores

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Justificación del modelo de cointegración y mecanismo de corrección de errores para implementar la sincronización del del transporte público y el tiempo de retorno al equilibrio de largo plazo.

Como se revisó en el apartado anterior, la cointegración permite evaluar si dos variables se sincronizan en el largo plazo. En este punto se retoma la función de producción abordada en el apartado 1.3 de esta investigación que se expresó así:

$$q = f(K, E, L, F, N; t) \quad (1)$$

Esta función relaciona el *input* y el *output* en la generación del servicio de transporte. El output se refleja la cantidad de viajes que se pueden realizar dado cierta cantidad de insumos que son necesarios para realizar el viaje. Los inputs son los que normalmente se puede encontrar en cualquier función de producción (capital, trabajo, energía, etc.). No obstante, esta función de producción guarda ciertas diferencias con las funciones convencionales porque tiene agregado el elemento del tiempo de los usuarios (t) como variable independiente e indica que para producir los viajes es necesario que los usuarios pasen cierta cantidad de su tiempo en el equipo móvil de la modalidad que hayan elegido. Por lo que la variable tiempo es el único elemento de demanda en la ecuación, el resto de los elementos forman parte de la oferta del transporte. Ante esta situación se decidió aislar la variable de demanda (t) y observar cómo se relaciona con la variable producción de servicios de transporte (q)¹⁹.

Sin embargo, la función de producción no describe lo que sucede en el largo plazo ni tampoco si esta relación *input-output* perdura en equilibrio con el paso del tiempo. Dada la importancia del largo plazo tanto para la operación de los sistemas de transporte como para la creciente movilidad en las ciudades se requiere de una técnica que resalte este horizonte temporal.

¹⁹ Otra explicación del porqué se tomó solo una variable de las explicativas radica en el hecho de que no están disponibles todas las variables que normalmente se utilizan para la estimación de una función de producción y su disponibilidad varía de ciudad a ciudad.

Para probar la hipótesis planteada y desarrollar los objetivos formulados se propone el uso de la metodología de cointegración que es una prueba econométrica que indica si existen relaciones de equilibrio estocástico de largo plazo entre dos o más variables, es decir, si existe una tendencia común entre ellas. De ser así significa que estas convergen a lo largo del tiempo analizado. Esta prueba es de gran utilidad pues servirá para evaluar la relación que existe entre el *input* y el *output* en el transporte público de las principales ciudades de México. Esta prueba puede utilizarse para cualquier tipo de transporte, ya sea aéreo, de carga, pasajeros, entre otros, sin embargo, en esta investigación se aborda desde la parte del transporte público.

Cabe recordar que si se puede probar cointegración en las series implica la existencia de una decisión estable por parte de los usuarios de las diferentes modalidades. En caso de no probar cointegración no se podrá afirmar la existencia de una decisión estable en el largo plazo.

Posteriormente al análisis de cointegración se estima un modelo de corrección de errores (MCE). Debido a que se pueden presentar desequilibrios en el corto plazo en series que están cointegradas, este suceso se representa con el cambio modal que presentan los usuarios al cambiar de modalidad, sin embargo, si esta modalidad guarda sincronía en sus series, implica que los usuarios tienden a regresar a utilizar este mismo medio de transporte por lo que el MCE proporciona información sobre el tiempo que tardan los usuarios en regresar a utilizar el medio de su preferencia.

3.3 Datos y variables a utilizar en el modelo de cointegración y modelo de corrección de errores

Se utilizan como variables *proxy* el total de los pasajeros transportados por cada modalidad (*input*) y los de kilómetros recorridos (*output*) como variables para realizar el modelo de cointegración y modelo de corrección de errores. Este par de variables se utilizará para cada uno de los medios que se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Grandes ciudades de México con sus medios públicos de movilidad masiva.

CDMX	GDL	MTY
Metro	Metro	Metro
RTP	Macrobus (Alimentador)	Transmetro
Metrobus	Macrobus (Troncal)	Metrobus
Tren Ligero	Tren Ligero	
Trolebus	Trolebus	

Fuente: Elaboración propia.

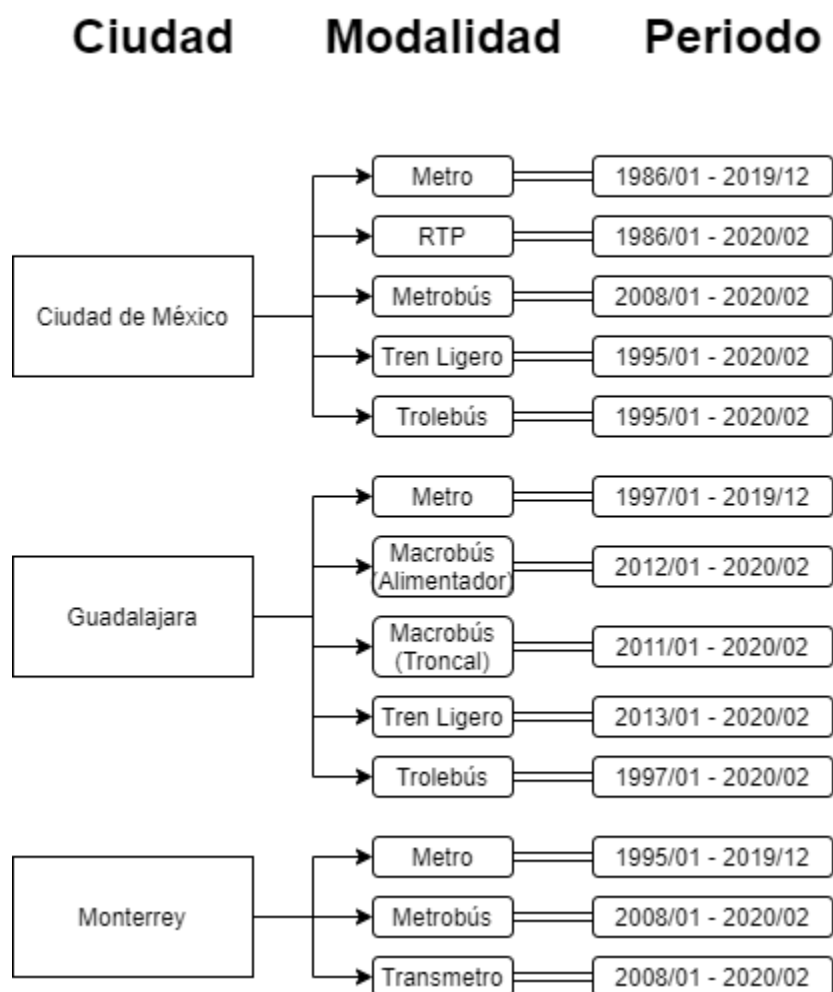
Debido a las características de los diferentes medios de transporte se ha realizado esta agrupación, ya que, si bien cada ciudad utiliza diferentes nombres, los medios de transporte son iguales o muy similares entre ciudades. Para el caso de los autobuses de mediana capacidad (RTP, Macrobus alimentador y Transmetro) son medios motorizados, que funcionan con diésel, utilizan infraestructura vial compartida con otros medios, y sus rutas se conectan con otros medios centrales que cuentan con mayor demanda.

Para el caso de los Metrobus, en la Ciudad de Guadalajara se le llama Macrobus Troncal, sin embargo, en las tres ciudades el sistema de transporte es el mismo pues cuenta con infraestructura propia, carril confinado y exclusivo, sus estaciones son de plataforma elevada y utilizan un sistema de prepago para ingresar a estas, las unidades móviles son de alta capacidad de usuarios ya que los autobuses son articulados y biarticulados.

Los datos de estas variables son obtenidos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020) del apartado del Banco de Información Económica (BIE). Todas las series se encuentran en este banco de información, sin embargo, el INEGI funciona como captador y difusor de la información, ya que, integra la información que le proporciona cada una de las administraciones de los diferentes medios de transporte de las distintas ciudades. La información se presenta de manera mensual.

A continuación, se presenta un esquema con la periodicidad de cada información para los diferentes medios de las distintas ciudades de México a estudiar, recordando que para cada modalidad se cuenta con la serie de kilómetros recorridos y pasajeros transportados, las cuales presentan la misma periodicidad.

Figura 7. Periodicidad de las series.



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI

3.4 Marco metodológico del modelo de cointegración para determinar la relación de largo plazo en los sistemas de transporte público

Este procedimiento cuenta con tres principales pasos, los cuales son sucesivos y se encuentran interrelacionados. Se procede inicialmente a aplicarles logaritmos a las series de pasajeros transportados y kilómetros recorridos, esto para cada uno de los medios a analizar en las tres diferentes ciudades.

Posteriormente se realiza la prueba de raíz unitaria a las series para determinar si estas son o no estacionarias. A las series que pasen esta prueba será posible aplicarles el ejercicio de cointegración para determinar si las series guardan relación en el largo plazo.

Finalmente se procede a desarrollar la prueba de Mecanismo de Corrección de Errores (MCE) para determinar los desequilibrios que se puedan ocasionar en el corto plazo por el cambio modal de los usuarios.

3.4.1 Raíz Unitaria

En este apartado se analizará cómo es posible saber si una serie de tiempo cuenta o no con raíz unitaria. Es decir, si es $I(1)$ o no, en caso de serlo, estaríamos ante un problema de no estacionariedad²⁰. Para el caso de las series de tiempo de pasajeros transportados y kilómetros recorridos, es indispensable saber primero si estas son o no estacionarias, para posteriormente realizar la prueba de cointegración entre ellas. Sí una variable es $I(1)$, es posible realizar la prueba de cointegración (Wooldrige, 2009).

²⁰ Un proceso de series de tiempo estacionario es aquel en el que sus distribuciones de probabilidad se mantienen estables con el paso del tiempo en el siguiente sentido: si se toma una muestra de datos de variables aleatorias de la secuencia y se grafican en n periodos, la distribución de probabilidad conjunta debe permanecer inalterada (Wooldrige, 2009)

Si escribimos el modelo:

$$km_{CDMXt} = \rho km_{CDMXt-1} + u_t \quad -1 \leq \rho \leq 1 \quad (3.1)$$

Donde u_t representa un ruido blanco²¹.

El nombre de raíz unitaria se debe a que $\rho = 1$ es decir, que se refiere a la raíz del polinomio en el operador de rezago. Sin embargo, si $|\rho| < 1$, es posible demostrar que la serie de tiempo km_{CDMXt} es estacionaria (Gujarati & Porter, 2010).

Por otro lado, Wooldrige (2009), define el proceso estacionario como $\{x_t: t = 1, 2, \dots\}$ es estacionario, si para cada conjunto de índices temporales $1 \leq t_1 < t_2 < \dots < t_n$, la distribución conjunta de $(x_{t1}, x_{t2}, \dots, x_{tn})$ es la misma que la distribución conjunta de $(x_{t1}, x_{t2+h}, \dots, x_{tn+h})$ para todos los $h \geq 1$. Esto significa que la secuencia esta idénticamente distribuida.

La estacionariedad exige que la naturaleza de cualquier correlación entre terminos adyacentes sea la misma en todos los periodos (Wooldrige, 2009).

La prueba de raíz unitaria es una de las pruebas más populares para determinar la estacionariedad, y esta se obtiene de manipular la ecuación 3.1. restamos $km_{CDMXt-1}$ de ambos lados de la ecuación, y así obtenemos que :

$$\begin{aligned} km_{CDMXt} - km_{CDMXt-1} &= \rho km_{CDMXt} - km_{CDMXt-1} + u_t \\ &= (\rho - 1)km_{CDMXt-1} + u_t \end{aligned} \quad (3.2)$$

Que seria igual a:

$$\Delta km_{CDMXt} = \delta km_{CDMXt-1} + u_t \quad (3.3)$$

Donde $\delta = (\rho - 1)$ y Δ representa el operador de primeras diferencias.

²¹ El ruido blanco es el termino de error. El cual conserva los supuestos del MCO.

De esta forma podemos probar la hipótesis nula de que $\delta = 0$, y la alternativa $\delta < 0$. Si no se rechaza la hipótesis nula, entonces $\rho = 1$, lo que indica raíz unitaria, por lo que la serie es no estacionaria (Gujarati & Porter, 2010).

Partiendo de la estimación anterior, se toman las primeras diferencias de km_{CDMXt} y se hace la regresión sobre $km_{CDMXt-1}$, con la finalidad de observar si el coeficiente estimado es igual a cero. Si esto se presenta, se concluye que km_{CDMXt} es una serie no estacionaria (Gujarati & Porter, 2010).

La prueba Dickey y Fuller utiliza el estadístico $\tau(\text{tau})$ con base en simulaciones Monte Carlo, por lo cual esta prueba es ideal para comprobar si el coeficiente estimado es o no cero (Gujarati & Porter, 2010).

La prueba Phillip Perron es complementaria de la anterior. Es también de gran utilidad para comprobar si las series presentan raíz unitaria. Esta prueba utiliza métodos no paramétricos para evitar la correlación serial en los términos de error sin añadir términos de diferencia rezagados (Gujarati & Porter, 2010) y se basa en el supuesto que los errores u_t están idéntica e independientemente distribuidos.

3.4.2 Cointegración

Debido al aumento en las necesidades por movilidad, el servicio del transporte público ha experimentado un incremento en su operación a través del tiempo. Este hecho se ve reflejado en que el *input* (cantidad de pasajeros) y el *output* (aumento en las operaciones) presenten tendencias similares, ambas crecientes.

Para la parte de los viajes realizados, se elige representarlo con los kilómetros recorridos de cada modalidad (*output*), ya que esta variable está en función de la cantidad de pasajeros que deciden utilizar la modalidad, mientras más pasajeros opten por viajar en el medio más kilómetros recorridos tendrá, por otro lado, si los usuarios presentan un cambio modal los kilómetros recorridos pueden disminuir.

Existen al menos dos formas de probar cointegración, la más común es el método de Johansen y la otra es la que llamaremos residuales estacionarios. En los párrafos sucesivos se explicarán ambos métodos.

De acuerdo con (Mata, 2012) las series pueden variar en periodos cortos de tiempo, sin embargo, en el largo plazo hay fuerzas económicas que tienden a epujarlas al equilibrio, por lo que las series que están cointegradas no se separan muy lejos una de otra.

El método de Johansen prueba la existencia de cointegración en las series $I(0)$ y $I(1)$, en donde $I(1)$ y $I(0)$ indican integración de cero y primer orden respectivamente. Es necesario analizar las series previamente para corroborar si presentan o no raíces unitarias. Si estas, presentan raíces unitarias se colocan en un vector autorregresivo a partir del cual se puede probar la existencia de una o más combinaciones lineales o vectores de cointegración (Mata, 2012).

Recapitulando, primero es necesario determinar el ordenamiento de integración de las series que se incluyen en el modelo, posteriormente, se especifica un vector autorregresivo con las series que resulten integradas de orden $I(0)$. Se selecciona el retardo óptimo del vector autoregesivo para asegurarse que los residuos sean ruido blanco. Posteriormente, se aplica el procedimiento de máxima verosimilitud al vector autoregresivo con el fin de determinar el rango de cointegración del sistema que puede aplicarse mediante la prueba de traza o de eigenvalores máximos. Finalmente, se aplica el modelo vector de Corrección de Errores y se determina la relación causal entre las variables del modelo (Mata, 2012).

En cuanto al método de residuales estacionarios, si tenemos dos variables medidas dentro de un horizonte temporal: $pasajeros_{CDMX}$ y km_{CDMX} , al someter estas variables a un análisis de raíz unitaria y encontramos que ambas son $I(1)$, es decir, que contienen una tendencia estocástica o que sus diferencias son parciales alrededor de una media fija, es muy posible que las dos series compartan una tendencia en común, es decir, que se encuentren cointegradas.

Para comprobar que las series son estacionarias y están cointegradas se efectúa el siguiente ejercicio, al realizar una regresión entre estas dos variables:

$$km_{CDMXt} = \beta_1 + \beta_2 pasajeros_{CDMX} + \varepsilon_t \quad (3.4)$$

Y aplicamos una prueba de raíz unitaria a las perturbaciones del modelo ε_t , si estas resultan ser estacionarias $I(0)$, por lo tanto, se puede decir que la combinación lineal cancela las tendencias estocásticas de ambas series. En este caso, se puede afirmar que las dos variables están integradas por lo que se distingue una relación en el largo plazo entre $pasajeros_{CDMX}$ y km_{CDMX} (Greene, 2002).

Si es posible comprobar que los residuos de la regresión son estacionarios, es posible descartar la regresión como espuria, de tal forma que la metodología de la regresión tradicional es aplicable con todos los supuestos y las pruebas de confianza (t y F). Por otro lado, en términos econométricos, la regresión mostrada antes, es llamada normalmente regresión cointegrante, y el parámetro β_2 como parámetro cointegrante (Gujarati & Porter, 2010).

Para probar si dos series están cointegradas, se aplica una prueba de raíz unitaria Dickey Fuller habitual o la aumentada sobre los residuos estimados a partir de la regresión cointegrante. Sin embargo, probar la cointegración es más difícil cuando el parámetro de cointegración β no se conoce, por lo que primero se debe estimar. Si ambas variables están cointegradas, resulta que el estimador MCO $\widehat{\beta}_2$ de la regresión es consistente para β . El problema es que la hipótesis nula establece que las series no están cointegradas lo que significa que la regresión es espuria. No obstante, es posible tabular los valores críticos aún y cuando β es estimada, en donde se aplica la prueba Dickey - Fuller ó Dickey – Fuller aumentada a los residuos, con la diferencia de que los valores críticos dan cuenta de la estimación de β . Esta prueba resultante es conocida como Engle – Granger (Wooldrige, 2009).

3.4.3 Modelo de Corrección de Errores (MCE)

La decisión de los usuarios por utilizar otras modalidades de transporte a las usuales se le llama cambio modal y puede jugar el rol de ser un factor que genere desequilibrio en la relación de largo plazo de una modalidad afectando la cantidad de pasajeros que utilizan una u otra. Cabe resaltar en este punto algunas de las razones por las que los usuarios cambian de modalidad de transporte para desplazarse.

También se debe mencionar que el cambio modal puede no ser definitivo, es decir, la decisión de cambiar la modalidad puede ser temporal. En primer lugar, las inversiones en nuevas modalidades de transporte pueden incentivar a los usuarios a cambiar de modalidad ya sea de manera definitiva o temporal. Segundo, eventos que interrumpen el flujo de una modalidad y que tienden a retrasar el viaje de los usuarios como accidentes, inundaciones, sismos, manifestaciones en la vía pública. Tercero, modificación de ruta que llevan a la decisión de utilización de otras modalidades.

La caracterización econométrica del desequilibrio se puede observar mediante la construcción de un Mecanismo de Corrección de Errores (MCE) con el que es posible apreciar cuando las series de tiempo tienen una desviación del equilibrio de largo plazo. Si estas dos variables se encuentran cointegradas significará que volverán a ajustarse a su tendencia de equilibrio, por lo que este método ayuda a identificar la magnitud y duración de estos desequilibrios en las series y permite vincular la relación de largo plazo de equilibrio con el ajuste de corto plazo como una medida de desviación de equilibrio (Brugger & Ortiz, 2012).

La fórmula general para obtener el Modelo de Corrección de Errores es:

$$\dots\dots\dots VECM: \Delta y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i \Delta y_{t-i} + \sum_{i=0}^n \delta_i \Delta x_{t-i} + \varphi z_{t-1} + \mu_t \dots\dots\dots (3.5)$$

El error de equilibrio se define como:

$$u_t = km_{CDMXt} - \beta_1 - \beta_2 pasajeros_{CDMX} - \beta_3 t \quad (3.6)$$

El Mecanismo de corrección de Errores (MCE) corrige el desequilibrio de corto plazo ya que de acuerdo con el teorema de representación de Granger, el cual afirma que, si dos variables están cointegradas, la relación entre ambas se expresa como MCE.

La utilidad de la siguiente representación es que sugiere una manera de construir un modelo elaborado de la variación de los km_{CDMXt} así como una prueba de cointegración y sugiere que los residuos del modelo de cointegración estimado anteriormente, es decir, el equilibrio estimado, puede incluirse en el modelo posterior, de la covariación a largo plazo entre ambas variables (Greene, 2002).

$$\Delta km_{CDMXt} = \alpha_0 + \alpha_1 \Delta pasajeros_{CDMX} + \alpha_2 u_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.7)$$

Donde ε_t representa un término de error de ruido blanco y u_{t-1} es el valor rezagado del término de error de la ecuación (3.2). La ecuación del MCE establece que Δkm_{CDMXt} depende de $\Delta pasajeros_{CDMXt}$ y también del término del error de equilibrio. (Gujarati & Porter, 2010). La ecuación (3.3) contiene información sobre Δkm_{CDMXt} y los valores pasados de ambas variables, este modelo permite estudiar la mecánica del corto plazo entre la relación de ambas variables (Wooldrige, 2009).

Si el término de error de equilibrio es diferente de cero, se dice que el modelo no está en equilibrio. Al suponer que $\Delta pasajeros_{CDMXt}$ es cero y que u_{t-1} es positivo, significa que $\Delta km_{CDMXt-1}$ es demasiado alto para estar en equilibrio, es decir, que está por encima de su valor de equilibrio ($\alpha_0 + \alpha_1 \Delta pasajeros_{CDMX t-1}$).

Al esperarse que α_2 sea negativa, $\alpha_2 u_{t-1}$ es negativo, y, por ende, el Δkm_{CDMXt} será negativo, para restablecer el equilibrio. Es decir, si Δkm_{CDMXt} esta por encima de su valor de equilibrio, este, comenzará a disminuir en el siguiente periodo con el fin de corregir el error de equilibrio. Es por eso por lo que se le otorga el nombre de Mecanismo de Corrección de Errores. Por lo tanto, el valor absoluto de α_2 determina la rapidez con la que se reestablece el equilibrio. (Gujarati & Porter, 2010).

3.5. Análisis empírico de los determinantes de la sincronización del transporte público

A continuación, se presentan los resultados de las pruebas aplicadas a los diversos tipos de transporte que previamente han sido agrupados de acuerdo con su modalidad para tres grandes ciudades. Como se mencionó anteriormente, se han seleccionado estas tres ciudades ya que son las tres principales ciudades en México, donde se concentra una importante cantidad de población, pero más importante son las ciudades para las que existe información disponible con periodicidad aceptable.

3.5.1. Prueba de estacionariedad en las series de kilómetros recorridos y pasajeros transportados

El análisis econométrico comienza aplicando logaritmos a las series. Posteriormente, se aplican las pruebas de raíz unitaria. Las variables que se incluyen en este ejercicio son los pasajeros transportados y los kilómetros recorridos, estas series pertenecen a la movilidad en los metros de las tres ciudades seleccionadas (Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey). Todas las series cuentan con periodicidad mensual. Sin embargo, no cuentan con el mismo periodo de años entre medios de transporte y ciudades. Para el caso de los pares de series de kilómetros recorridos y pasajeros transportados de cada modalidad, las series son compatibles en periodicidad de fecha, por lo que el análisis es adecuado. Más adelante se detalla esta situación. Dicha situación depende de la información de datos que proporciona el INEGI, por lo que será así para todos los pares de variables.

En las siguientes tablas, se reportan los resultados de las pruebas Dickey-Fuller y la prueba Phillips-Perron para las dos variables de cada ciudad, también se reportan los resultados de cada variable aplicando la primera diferencia.

La hipótesis que se busca demostrar son las siguientes:

Ho: La trayectoria de la serie cuenta con raíz unitaria, es decir, es no estacionaria $I(1)$.

Ha: La serie presenta estacionariedad, es decir es $I(0)$.

Tabla 2. Prueba de raíz unitaria para los Metros de las diversas ciudades de México.

Prueba de raíz unitaria							
Ciudad	Variable	ADF			PP		
		A	B	C	A	B	C
CDMX	Ln kmCDMX	-2.55	-3.30	1.92	2.81	-14.02	1.93
	Δ Ln kmCDMX	-10.49	10.52	-9.90	-72.97	-74.54	-67.91
	Ln pasjCDMX	-2.83	-2.14	0.39	-13.03	-15.40	0.45
	Δ Ln pasjCDMX	-23.14	-23.11	-11.81	-54.77	-54.69	-52.57
GDL	Ln kmGDL	-2.85	-2.77	0.83	-7.31	-14.45	0.73
	Δ Ln kmGDL	-11.68	-11.65	-11.43	-73.56	-73.86	-64.52
	Ln pasjGDL	-1.55	-1.59	1.13	-1.73	-12.75	1.22
	Δ Ln pasjGDL	-14.02	-14.00	-13.89	-80.87	-80.39	-49.97
MTY	Ln kmMTY	-1.06	-1.47	1.25	-1.10	-2.26	1.03
	Δ Ln kmMTY	-26.70	-26.66	-26.63	-25.8	-25.79	-25.53
	Ln pasjMTY	-0.69	-2.71	1.60	-0.52	-3.96	1.69
	Δ Ln pasjMTY	-12.07	-12.06	-27.74	-31.83	-31.81	-29.42

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Geografía (INEGI).

Nota: Los datos señalados con negritas indican rechazo de la hipótesis nula al 5% de nivel de significancia. La hipótesis nula es que la variable cuenta con raíz unitaria y la alternativa indica que la serie es estacionaria.

El modelo "A" indica que se incluye en la ecuación el término constante, en "B" se incluye el término constante y la tendencia y el "C" no se incluye ni tendencia ni constante.

En cuanto a las series de los Metros, para el caso de la Ciudad de México se extiende desde 1986-2019; para Guadalajara la serie va de 1997 a 2019; Monterrey cuenta con periodicidad 1995-2019.

Los resultados de la prueba realizada a las variables en niveles indican que no se rechaza la hipótesis nula, es decir, la variable es $I(1)$, por lo cual se le aplicó la misma prueba a las diferencias de la variable y cuyos resultados indican que se puede rechazar la hipótesis nula, por lo que se concluye que las variables son $I(0)$,

pues es estacionaria, estos resultados son consistentes tanto para Dickey-Fuller y Phillips-Perron. Esto significa que las variables en niveles cuentan con los requerimientos necesarios para realizar el análisis de cointegración.

El análisis econométrico de esta serie comienza aplicando logaritmos a las series, posteriormente, se aplican las pruebas de raíz unitaria. Las variables que se incluye en este ejercicio son los pasajeros transportados y los kilómetros recorridos, estas series pertenecen a la movilidad en los Trenes Ligeros de la Ciudad de México y Guadalajara, la ciudad de Monterrey no cuenta con este medio de transporte. Todas las series cuentan con periodicidad mensual, sin embargo, no cuentan con el mismo periodo de años. Las series de la Ciudad de México se extiende desde 1995-2020; para Guadalajara la serie va de 2013 a 2020. Cabe mencionar que los resultados no son comparables entre sí, ni es objetivo de la investigación compararlos, solamente se agrupan de acuerdo con su modalidad.

Tabla 3. Prueba de raíz unitaria para los Trenes Ligeros de las diversas ciudades de México.

Prueba de raíz unitaria							
Ciudad	Variable	ADF			PP		
		A	B	C	A	B	C
CDMX	Ln kmCDMX	-3.99	-4.04	0.06	-6.03	-6.36	-0.01
	Δ Ln kmCDMX	-9.64	-9.71	-9.66	-29.38	-29.44	-29.44
	Ln pasajCDMX	-2.16	-2.99	0.16	4.32	-6.18	0.41
	Δ Ln pasajCDMX	-14.54	-14.58	-14.57	-39.18	-38.93	-39.2
GDL	Ln kmGDL	-1.25	-2.14	0.74	-1.30	-2.58	0.68
	Δ Ln kmGDL	-10.77	-10.7	-10.76	-10.89	-10.82	-10.85
	Ln pasajGDL	-1.04	-1.33	1.07	-1.01	-1.87	0.71
	Δ Ln pasajGDL	-11.8	-11.75	-11.73	-11.69	-11.65	-11.55

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Geografía (INEGI).

Nota: Los datos señalados con negritas indican rechazo de la hipótesis nula al 5% de nivel de significancia. La hipótesis nula es que la variable cuenta con raíz unitaria y la alternativa indica que la serie es estacionaria.

El modelo "A" indica que se incluye en la ecuación el término constante, en "B" se incluye el término constante y la tendencia y el "C" no se incluye ni tendencia ni constante.

Los resultados de la prueba realizada para los Trenes Ligeros es que en las variables en niveles se indica que no se rechaza la hipótesis nula al 5%, es decir, la

variable es $I(1)$, por lo cual se le aplicó la misma prueba a las diferencias de la variable y cuyos resultados indican que se puede rechazar la hipótesis nula, por lo que se concluye que las variables son $I(0)$, por lo tanto, es estacionaria, estos resultados son consistentes tanto para Dickey-Fuller y Phillips-Perron. Esto significa que las variables en niveles cuentan con los requerimientos necesarios para realizar el análisis de cointegración.

Para las series de los Trolebuses se inicia aplicando logaritmos a las series, posteriormente se aplican las pruebas de raíz unitaria. Las series pertenecen a la movilidad en los trolebuses de la Ciudad de México y Guadalajara. La ciudad de Monterrey no cuenta con este medio de transporte. Todas las series cuentan con periodicidad mensual, sin embargo, no cuentan con el mismo periodo de años. Las series de la Ciudad de México se extiende desde 1995-2020; para Guadalajara la serie va de 1997 a 2020.

Tabla 4. Prueba de raíz unitaria para los Trolebús de las diversas ciudades de México.

Prueba de raíz unitaria							
Ciudad	Variable	ADF			PP		
		A	B	C	A	B	C
CDMX	Ln kmCDMX	-0.97	-2.97	-0.77	-1.41	3.99	-0.67
	Δ Ln kmCDMX	-25.15	-25.15	-25.16	-25.56	-25.71	-25.42
	Ln pasjCDMX	-2.19	-2.73	-0.68	-2.39	-3.15	-0.65
	Δ Ln pasjCDMX	-21.42	-21.39	-21.44	-21.38	-21.35	-24.44
GDL	Ln kmGDL	-1.23	-2.55	-0.86	-1.28	-2.71	-0.85
	Δ Ln kmGDL	-16.65	-16.63	-16.64	-16.65	-16.63	-16.64
	Ln pasjGDL	-1.37	-4.28	-1.36	-2.16	-6.06	-1.42
	Δ Ln pasjGDL	-16.15	-16.12	-16.07	-26.46	-26.4	-25.3

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Geografía (INEGI).

Nota: Los datos señalados con negritas indican rechazo de la hipótesis nula al 5% de nivel de significancia. La hipótesis nula es que la variable cuenta con raíz unitaria y la alternativa indica que la serie es estacionaria.

El modelo "A" indica que se incluye en la ecuación el término constante, en "B" se incluye el término constante y la tendencia y el "C" no se incluye ni tendencia ni constante.

Los resultados de la prueba de raíz unitaria para los Trolebús sugieren que en las variables en niveles no se rechaza la hipótesis nula al 5%, es decir, la variable es

no estacionaria. Por consiguiente, se le aplicó la misma prueba a las variables en diferencias y cuyos resultados indican que se puede rechazar la hipótesis nula, por lo que se concluye que las variables son $I(0)$, por lo tanto, es estacionaria, estos resultados son consistentes tanto para Dickey-Fuller y Phillips-Perron. Esto significa que las variables en niveles cuentan con los requerimientos necesarios para realizar el análisis de cointegración.

El análisis econométrico de esta serie comienza aplicando logaritmos a las series, posteriormente se aplican las pruebas de raíz unitaria. Las variables que se incluye en este ejercicio son los pasajeros transportados y los kilómetros recorridos, estas series pertenecen a la movilidad en los autobuses de mediana capacidad de las tres ciudades seleccionadas (Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey). Todas las series cuentan con periodicidad mensual, sin embargo, no cuentan con el mismo periodo de años, las series de la Ciudad de México se extiende desde 1986-2020; para Guadalajara la serie va de 2012 a 2020 y para Monterrey es de 2008 - 2020.

Tabla 5. Prueba de raíz unitaria para los Autobuses de mediana capacidad de las diversas ciudades de México.

Prueba de raíz unitaria							
Ciudad	Variable	ADF			PP		
		A	B	C	A	B	C
CDMX	Ln kmCDMX	-1.43	-1.49	-1.45	-1.52	-1.64	-1.52
RTP	Δ Ln kmCDMX	-27.63	-27.63	-27.56	-27.69	-27.95	-27.62
	Ln pasjCDMX	-1.60	-1.23	-1.67	-1.56	-1.42	-1.21
	Δ Ln pasjCDMX	-29.30	-29.33	-29.20	-29.96	-30.08	-29.59
GDL	Ln kmGDL	-1.67	-2.81	-1.01	-2.63	-5.02	-1.16
Macrobús	Δ Ln kmGDL	-16.78	-16.70	-16.80	-20.24	-20.09	-19.51
Alimentador	Ln pasjGDL	-2.45	-2.83	-0.36	3.13	3.41	-0.36
	Δ Ln pasjGDL	-12.02	-7.12	-12.08	-11.98	-11.97	-12.03
MTY	Ln kmMTY	-4.83	-4.36	0.97	-4.60	-3.68	0.93
Transmetro	Δ Ln kmMTY	-8.45	-8.74	-8.38	-13.63	-14.14	-13.61
	Ln pasjMTY	-3.85	-3.59	0.69	-3.90	-3.71	0.77
	Δ Ln pasjMTY	-13.24	-13.44	-13.23	-13.30	-14.09	-13.29

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Geografía (INEGI).

Nota: Los datos señalados con negritas indican rechazo de la hipótesis nula al 5% de nivel de significancia. La hipótesis nula es que la variable cuenta con raíz unitaria y la alternativa indica que la serie es estacionaria.

El modelo "A" indica que se incluye en la ecuación el término constante, en "B" se incluye el término constante y la tendencia y el "C" no se incluye ni tendencia ni constante.

En cuanto a los resultados de la prueba de raíz unitaria para los autobuses de mediana capacidad se sugiere igualmente que en las variables en niveles no se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, la variable es no estacionaria, y por consiguiente se le aplicó la misma prueba a las variables en diferencias, cuyos resultados indican que se puede rechazar la hipótesis nula, por lo que se concluye que las variables son estacionarias, estos resultados son consistentes tanto para Dickey-Fuller y Phillips-Perron. Esto significa que las variables en niveles cuentan con los requerimientos necesarios para realizar el análisis de cointegración.

El análisis econométrico de esta serie comienza aplicando logaritmos a las series, posteriormente se aplican las pruebas de raíz unitaria. Las variables que se incluye en este ejercicio son los pasajeros transportados y los kilómetros recorridos, estas series pertenecen a la movilidad en los Metrobús capacidad de las tres ciudades seleccionadas (Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey). Todas las series cuentan con periodicidad mensual, sin embargo, no cuentan con el mismo periodo de años, Las series de la Ciudad de México se extiende desde 2008-2020; para Guadalajara la serie va de 2011 a 2020 y para Monterrey es de 2008 - 2020.

Tabla 6. Prueba de raíz unitaria para los Metrobús de las diversas ciudades de México.

Prueba de raíz unitaria							
Ciudad	Variable	ADF			PP		
		A	B	C	A	B	C
CDMX	Ln kmCDMX	2.28	3.40	2.88	2.38	4.11	3.72
Metrobús	Δ Ln kmCDMX	-16.98	-17.13	-16.27	-17.46	-18.86	-16.27
	Ln pasjCDMX	-2.16	-3.02	1.27	-2.08	5.36	3.76
	Δ Ln pasjCDMX	-19.65	-19.72	-19.27	-25.84	-31.16	-20.67
GDL	Ln kmGDL	-0.14	-7.73	1.35	-6.69	-7.88	1.04
Macrobus	Δ Ln kmGDL	-8.97	-8.96	-8.83	-30.58	-29.95	-30.27
Troncal	Ln pasjGDL	-2.13	-2.28	0.75	-2.41	-3.52	-1.14
	Δ Ln pasjGDL	-15.93	-16.00	-15.94	-20.75	-31.87	-18.93
MTY	Ln kmMTY	-1.46	-1.57	-1.05	-1.47	-2.10	0.85
Metrobús	Δ Ln kmMTY	-18.97	-18.94	-18.93	-18.84	-18.73	-18.88
	Ln pasjMTY	-8.18	-9.12	0.08	-8.19	-8.83	-0.31
	Δ Ln pasjMTY	-9.55	-9.51	-9.58	-71.31	-70.95	-65.13

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Geografía (INEGI).

Nota: Los datos señalados con negritas indican rechazo de la hipótesis nula al 5% de nivel de significancia. La hipótesis nula es que la variable cuenta con raíz unitaria y la alternativa indica que la serie es estacionaria.

El modelo "A" indica que se incluye en la ecuación el término constante, en "B" se incluye el término constante y la tendencia y el "C" no se incluye ni tendencia ni constante.

Aplicando la prueba de raíz unitaria para los Metrobús se estima que en las variables en niveles no se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, la variable es no estacionaria, y por consiguiente se les aplicó la misma prueba a las variables en diferencias, cuyos resultados indican que se puede rechazar la hipótesis nula, por lo que se concluye que las variables son estacionarias, estos resultados son consistentes tanto para Dickey-Fuller y Phillips-Perron. Esto significa que las variables en niveles cuentan con los requerimientos necesarios para realizar el análisis de cointegración.

En resumen, las pruebas realizadas a las diversas modalidades de transporte para las ciudades de México presentan raíces unitarias en las variables de kilómetros recorridos y pasajeros transportados, en niveles. Por lo tanto, es posible aplicar a estas variables la prueba de cointegración sugerida anteriormente. De esta forma es posible averiguar la estabilidad en las decisiones de los usuarios en el largo plazo.

3.5.2 Estimación del equilibrio de largo plazo para los transportes públicos de las ciudades seleccionadas

A continuación, se lleva a cabo la prueba de cointegración de Johansen. Esta prueba se aplica a las variables antes mencionadas. Los resultados se reportan en la tabla siguiente, en donde se reporta el máximo eigenvalor, el valor crítico al 5.0% y la probabilidad.

Tabla 7. Prueba de cointegración de Johansen para los Metros y ciudades seleccionadas.

Metros				
Hipótesis: Numero de vectores en cointegración	Máximo Eigenvalor	Trace Statistic	Valor critico 0.05	Probabilidad
CDMX (8)				
Ninguno*	134.7210	193.6188	15.4947	0.0001
No más de uno*	58.8978	58.8978	3.8415	0.0000
GDL(7)				
Ninguno*	94.8430	157.2177	15.4947	0.0001
No más de uno*	62.3747	62.3747	3.8415	0.0000
MTY (7)				
Ninguno*	52.6425	86.2679	15.4947	0.0000
No más de uno*	33.6254	33.6254	3.8415	0.0000

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Geografía (INEGI).

Nota: el valor entre paréntesis indica el número de rezagos utilizados.

*Indica que no se rechaza la hipótesis al 0.05.

Tabla 8. Prueba de cointegración de Johansen para los medios de transporte y ciudades seleccionadas.

Metrobús				
Hipótesis: Numero de vectores en cointegración	Máximo Eigenvalor	Trace Statistic	Valor critico 0.05	Probabilidad
CDMX (2)				
Ninguno*	100.2840	138.4126	15.4947	0.0001
No más de uno*	38.1285	38.1285	3.8415	0.0000
GDL(2)				
Ninguno*	58.4472	98.1765	15.4947	0.0001
No más de uno*	39.7294	39.7294	3.8415	0.0000
MTY (4)				
Ninguno*	65.8613	91.2605	15.4947	0.0000
No más de uno*	25.3992	25.3992	3.8415	0.0000
Autobús de Mediana Capacidad				
Hipótesis: Numero de vectores en cointegración	Máximo Eigenvalor	Trace Statistic	Valor critico 0.05	Probabilidad
CDMX (2)				
Ninguno*	219.4148	344.1396	15.4947	0.0001
No más de uno*	124.7248	124.7248	3.8415	0.0000
GDL(3)				
Ninguno*	39.3647	73.6878	15.4947	0.0000
No más de uno*	34.3231	34.3231	3.8415	0.0000
MTY (8)				
Ninguno*	69.6046	110.6343	15.4947	0.0001
No más de uno*	41.0297	41.0297	3.8415	0.0000
Tren Ligero				
Hipótesis: Numero de vectores en cointegración	Máximo Eigenvalor	Trace Statistic	Valor critico 0.05	Probabilidad
CDMX (6)				
Ninguno*	68.2943	126.6327	15.4947	0.0001
No más de uno*	58.3384	58.3384	3.8415	0.0000
GDL(2)				
Ninguno*	52.1463	75.3427	15.4947	0.0000
No más de uno*	23.1964	23.1964	3.8415	0.0000
Trolebús				
Hipótesis: Numero de vectores en cointegración	Máximo Eigenvalor	Trace Statistic	Valor critico 0.05	Probabilidad
CDMX (8)				
Ninguno*	58.0281	92.6069	15.4947	0.0000
No más de uno*	34.5788	34.5788	3.8415	0.0000
GDL(3)				
Ninguno*	102.9441	161.8754	15.4947	0.0001
No más de uno*	58.9313	58.9313	3.8415	0.0000

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Geografía (INEGI).

Nota: el valor entre paréntesis indica el número de rezagos utilizados.

*Indica que no se rechaza la hipótesis al 0.05.

Las pruebas de máximo eigen valor y el estadístico de la traza, indican la existencia de uno o más vectores de cointegración en las relaciones señaladas, al 5%, esto debido a que el máximo Eigen valor es mayor a el valor crítico al 0.05.

El análisis de cointegración señala que todas las pruebas arrojaron como resultado la existencia de una relación a largo plazo entre los pasajeros transportados y los kilómetros recorridos.

3.5.3. Estimación del tiempo de retorno al equilibrio de largo plazo para los transportes públicos

Ya establecida la relación a largo plazo entre las variables, es posible averiguar los desequilibrios que se pueden llegar a presentar en periodos cortos a través de toda la serie.

A continuación, se presentan los resultados de la prueba de Modelo de Corrección de Errores, esta herramienta permite identificar la duración y la intensidad de los desequilibrios que se puedan presentar en el corto plazo. Este modelo especifica la velocidad de recuperación de la tendencia cointegrante en el largo plazo a través del coeficiente α_1 expresado en la ecuación (3.3).

Para realizar la cointegración es necesario determinar el número de rezagos que se le debe aplicar al modelo, ya que si el rezago es menor o mayor en el modelo puede ocasionar un sesgo por omisión de variables. Debido a esta cuestión, se elige la longitud adecuada de rezagos con el criterio de información de Akaike y de Schwarz, estos criterios pretenden reducir la suma de cuadrados residuales en el modelo (Gujarati & Porter, 2010).

De esta manera, el modelo busca identificar si los rezagos en los periodos anteriores de la serie de pasajeros transportados tienen un efecto significativo en los periodos de corto plazo sobre en la serie de kilómetros recorridos. De esta forma, es posible averiguar si las alteraciones en la demanda de pasajeros repercuten directamente en la estabilidad de la oferta de los medios de transporte, y así, los encargados de

gestionar el transporte pueden tener la certeza de que la demanda es estable en el largo plazo y de esta forma tomar decisiones con respecto de mantener o aumentar las rutas o el equipo móvil.

Tabla 9. Resultados MCE.

	Metros			Metrbús			Autobús de Mediana Capacidad			Tren Ligero		Trolebús	
	CDMX	GDL	MTY	CDMX	GDL	MTY	CDMX	GDL	MTY	CDMX	GDL	CDMX	GDL
Coefficiente MCE	-0.1171	-0.5407	-0.1222	-0.4425	-0.6387	-0.0336	-0.8191	-0.3153	-0.1167	-0.5789	-0.5416	-0.5051	-0.2606
Error Estándar	0.0278	0.1487	0.0525	0.1533	0.2437	0.0292	-0.0260	0.1298	0.2111	0.0769	0.1485	0.1368	0.0722
R²	0.8709	0.7706	0.6171	0.6167	0.6745	0.6160	0.7109	0.7129	0.4861	0.7098	0.1395	0.5964	0.3863
Durbin-Watson stat	2.0222	2.0390	2.2009	2.0327	2.0890	2.1584	2.8002	2.2031	2.0661	1.9739	3.0422	2.1006	2.1047

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Geografía (INEGI).

Nota: Los coeficientes en negritas son significativos en el nivel 0.05

La forma de leer los resultados de la tabla 9 de acuerdo con Baker, Merkert, & Kamruzzaman (2015) se centra en los coeficientes para cada medio de transporte que en este caso se identifica como coeficiente MCE. Dicho coeficiente indica el porcentaje de desequilibrio que se corrige en un mes sobre la relación que existe entre los pasajeros transportados y los kilómetros recorridos proveniente del cambio modal²².

El Metro de la Ciudad de México corrige este desequilibrio en el corto plazo en cerca de un 12% por mes, por lo que en alrededor de nueve meses este desequilibrio vuelve a ajustarse completamente, ya que es el tiempo que tardan los usuarios que han dejado de utilizar esta modalidad en volver a utilizarla.

En el caso del Metro de Guadalajara en un mes se corrige el 54% del desequilibrio que se presenta en el corto plazo, por lo tanto, en dos meses los usuarios que han dejado de utilizar este medio de transporte vuelven a usarlo.

²² Puede suceder que el cambio modal no sea la única razón por la cual los usuarios dejen de usar una modalidad. Otras razones pueden ser desempleo o vacaciones. No obstante, se consideran que no hay manera de medir estas en el MCE.

Para el caso del Metro de Monterrey el desequilibrio se corrige por mes en un 12 %, por lo que en nueve meses este desequilibrio desaparece y se vuelven a sincronizar ambas series de tiempo.

El Metrobús de Ciudad de México y Monterrey, presentan un porcentaje de ajuste del 44 y 3 % respectivamente. Para el caso de la Ciudad de México este desequilibrio se corrige de manera más acelerada, mientras que en Monterrey este desequilibrio tarda casi tres años en corregirse. Por su parte, el Metrobús de Guadalajara tarda solamente menos de dos meses en corregir su desequilibrio en el corto plazo ya que este se recupera en un 64% al mes.

En cuanto a los Autobuses de Mediana Capacidad en Ciudad de México se cuenta con una recuperación mensual del 0.81%, siendo esta la más rápida en todas las series analizadas. Para Guadalajara, este ajuste se corrige en un 31% al mes, por lo que en poco más de tres meses, se vuelve a tender al equilibrio. Por su parte en Monterrey, el desequilibrio se corrige 11% al mes. Es en este medio de transporte donde se tarda más en regresar al ajuste normal.

Para los Trenes Ligeros de Ciudad de México y Guadalajara, tardan al menos dos meses en recuperar su equilibrio, ya que presentan un ajuste de 57 y 54% respectivamente de recuperación por mes. Esto vuelve a este medio de los más estables, sin importar la ciudad en donde se localicen.

Por último, los Trolebús de Ciudad de México y Guadalajara presentan un porcentaje de ajuste mensual del 50 y 26% respectivamente. Para el caso de la Ciudad de México el ajuste se completa en dos meses, mientras que en Monterrey este se da en cuatro meses.

Resulta interesante señalar el comportamiento de los resultados en cuanto a las diferencias de recuperación de cada modalidad. En el caso de la Ciudad de México, el RTP, Metrobús, Tren Ligero y Trolebús recuperan rápidamente su tendencia al equilibrio pudiendo explicarse en el caso del trolebús por el hecho de que su costo es pequeño y es usado por personas de menor ingreso que tienen menores

posibilidades de sustituirlo por otras modalidades mientras que el Metro tarda mucho más tiempo en recuperarse. Esto se puede deber a que los usuarios cuentan con otro tipo de opciones para sustituir este medio, como pueden serlo los peseros y en el caso de los que recorren distancias cortas, el uso de bicicletas. Otra posible explicación de la tardanza en volver al equilibrio podría ser que esta modalidad presenta, de acuerdo con versiones periodísticas, mucha incomodidad para trasladarse pues presenta una alta saturación de pasajeros ocasionando que los mismos busquen otras formas de viajar.

En la Ciudad de Guadalajara el Metro, Metrobús y el Tren Ligero son medios que tardan pocos meses en recuperar la tendencia al equilibrio, sin embargo, el Macrobus alimentador y el Trolebús tarda el doble de tiempo que le toma regresar a la normalidad a los otros medios. Esta situación puede ser explicada por la saturación de los medios de transporte en esta región.

Para el caso de Monterrey todos los medios cuentan con una lenta recuperación. El Metro es el que presenta el más rápido ajuste mientras que el Metrobús es el que tarda más tiempo en estabilizarse. Esto se puede explicar por el hecho de que los precios de estas modalidades suelen ser relativamente elevados.

CONCLUSIONES

En el presente documento se estableció como objeto de estudio proporcionar evidencia empírica sobre la relación en el largo plazo entre las tendencias del volumen de pasajeros y el servicio ofertado de los transportes públicos en tres de las principales ciudades del país para un total de 12 modalidades de transporte público. Se tuvo como base teórica el rol que juega el transporte público en la movilidad urbana y los factores que inciden en esta acción con lo que sentaron las bases para desarrollar el trabajo empírico.

Se resaltó el papel que juega la movilidad en las grandes ciudades pues es en estas donde se establece una parte importante y creciente de la población y donde se vuelve un problema más agudo realizar viajes cotidianos. La acción de movilidad es un tema de gran importancia para el buen funcionamiento de las grandes ciudades y mientras estas siguen creciendo, el tema se vuelve cada vez más relevante. En este escenario se resaltó la relevancia de la infraestructura de transporte dentro de las ciudades y su vida útil esperada relacionando el largo plazo de la operación de los sistemas de transporte.

Se prosiguió con la explicación de cómo es que los habitantes de las grandes ciudades toman la decisión de qué medio utilizar para transportarse y como los ciudadanos se reparten entre todas estas opciones, buscando decidir de entre un abanico de posibilidades la que les otorgue el mayor beneficio posible. El análisis trató de identificar de qué dependen las preferencias de los usuarios por usar un medio u otro y si esta preferencia representa un hábito.

Se destaca que la función de producción implementada en el modelo tiene una variable diferente a otras funciones de producción. Esta variable diferente es el tiempo de los usuarios que conecta la demanda con la oferta de transporte. Una vez que los usuarios eligen una modalidad y la toman se convierten en pasajeros de esta y usan su tiempo y dinero para abordarla y viajar por ella. Esta idea se refleja en la función de producción en la que el tiempo que los usuarios pasan en los

equipos de transporte de la modalidad que eligieron se convierte en una de las variables que determina la producción de servicios de transporte.

Una vez que resulta claro la parte de la oferta y la demanda de la movilidad, es posible llegar a la sección en donde se expone las diferentes formas en las que se presenta la competencia modal y como esto impacta a los usuarios y a los medios que están previamente establecidos, de esta forma, se puede detectar que al introducir un nuevo medio de transporte en el mercado, los medios que llevan más tiempo funcionando pueden presentar desequilibrios en el corto plazo, lo que los puede llevar a generar incertidumbre en su funcionamiento, sin embargo, cabe mencionar que también puede presentarse este desequilibrio sin haber nuevas modalidades en el mercado, por lo tanto, es importante su medición para generar certidumbre en las operaciones de los diferentes medios.

En la primera parte del capítulo dos se abordó una clasificación de los medios de transporte, esta clasificación fue de gran utilidad para contextualizar y clasificar a los medios de transporte público que se analizaron en el capítulo tres, de esta forma, se pudo distinguir el tipo de modalidades y describir su funcionamiento.

En el escenario planteado se pretendió conocer el comportamiento en el largo plazo de la relación entre la producción de servicios de transporte y el tiempo de los usuarios. Se planteó que la existencia de cointegración entre ambas variables reflejaría una tendencia común en el largo plazo implicando que la decisión de los usuarios por usar cada modalidad es estable. Se entiende por decisión estable que los usuarios desarrollan un hábito al tomar constantemente la misma decisión respecto de qué modalidad tomar para realizar su acción de movilidad. En caso de no existir cointegración se interpreta como la inexistencia de dicho hábito en los usuarios.

Los ciudadanos por diversos problemas como tráfico vehicular, accidentes, inundaciones, sismos, reparación y mantenimiento de infraestructura, aumento del ingreso, cambio de precios de los boletos, introducción de nuevas modalidades u otros eventos, pueden cambiar tanto de ruta como de modalidad. A esta situación

se le llama cambio modal. El cambio modal implica que los usuarios dejan de demandar viajes en una modalidad para demandar viajes en otra teniendo la repercusión de que puede ser que la trayectoria de equilibrio de largo plazo se vea afectada, que económicamente se identifica con desviación de corto plazo, entonces, el siguiente paso del modelo es calcular cuánto tardan en regresar a la sincronización de largo plazo, esto, se calcula con la estimación de un modelo de corrección de error (MCE) que estima el porcentaje de regreso al equilibrio.

Este proceso se realizó para la Ciudad de México en las modalidades de Metro, Metrobús, RTP, Tren Ligero y Trolebús; para Guadalajara, se abordaron las modalidades de Metro, Macrobus alimentador, Macrobus troncal, Tren Ligero y Trolebús; y para Monterrey fue el Metro, Transmetro y Metrobús. Se utilizaron estas modalidades debido a que fue las que contaban con disponibilidad de información. Se utilizó como variable proxy a la producción del servicio de transporte los kilómetros recorridos por cada modalidad, mientras que la proxy al tiempo de los pasajeros fue el total de pasajeros transportados.

Las series de pasajeros y kilómetros recorridos muestran una tendencia creciente a lo largo de los años de todas las modalidades en todas las ciudades, es decir, ambas variables se mantienen aumentando en el periodo estudiado.

Se encontró una relación estocástica de equilibrio en el largo plazo entre las series de pasajeros transportados y kilómetros recorridos en las modalidades de transporte público de la Ciudad de México, Monterrey y Guadalajara. Este resultado confirma la existencia de la estabilidad de la decisión de los pasajeros en el largo plazo.

Por último, se evaluaron los desequilibrios que pueden llegar a presentarse en el corto plazo que pudieron implicar un cambio modal en los usuarios, se utilizó el Modelo de Corrección de Errores con el que se estimó el tiempo de regreso al equilibrio de largo plazo, los resultados arrojaron una recuperación de entre 3 y 81% de recuperación al mes.

La importancia de este resultado radica en la viabilidad del medio de transporte público, es decir, que reduce la incertidumbre en las operaciones en el largo plazo

para las modalidades estudiadas, por el otro lado, los encargados de gestionar este servicio pueden tomar decisiones al respecto sobre la ampliación de sus rutas, la incorporación de nuevas rutas o el aumento de medios móviles que ayuden a satisfacer la creciente demanda.

Bibliografía

- Aguirre, J. P. (2017). Movilidad urbana en México. *Instituto Belisario Domínguez*, I(30), 4-38.
- Albalade, D., Bel, G., & Fageda, X. (2014). Competition and cooperation between high-speed rail and air transportation services in Europe. *Journal of Transport Geography*, XXX, 1-9.
- Alcántara, E. (2010). *Análisis de la movilidad urbana* (1 ed.). Bogotá, Colombia: CAF.
- Arnold, N., & Rietveld, P. (2010). Perceptions of public transport travel time and their effect on choice-sets among car drivers. *Journal of Transport and Land Use*, II(3/4), 75-86.
- Baker, D., Merkert, R., & Kamruzzaman, M. (2015). Regional aviation and economic growth: cointegration and causality analysis in Australia. *Journal of Transport Geography*, 140-150.
- Banco de Desarrollo de América Latina. (2013). CAF. Ciudad de México.
- Brida, G., Lanzilotta, B., Brindis, M., & Rodríguez-Collazo, S. (2014). *Long-run relationship between economic growth and passenger air transport in Mexico* (Serie DT (14 /04) ed.). Montevideo: Udelar. FCEA-IESTA.
- Brugger, S., & Ortiz, E. (2012). Mercados accionarios y su relación. *Revista Problemas del Desarrollo*, 168(43), 63-93.
- Buehler, R. (2011). Determinants of transport mode choice: a comparison of Germany and the USA. *Journal of Transport Geography*, 19, 644-657.
- Casado, J. M. (2008). Estudios sobre la movilidad cotidiana en México. *Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México*.
- Comunidad de Madrid. (2013). Movilidad urbana sostenible: un reto energético y ambiental. *Medio ambiente*, 1-74.
- Concepción, R. (2008). Competencia intermodal en el corredor Madrid-Zaragoza-Barcelona ante la introducción del tren de alta velocidad. *Fundación de Estudios de Economía Aplicada*, I(11), 1-38.
- Consejo Nacional de Población. (25 de 05 de 2020). CONAPO. Obtenido de <https://www.gob.mx/conapo>

- Davila, A., Valdés, M., & Aboites, G. (2015). La bicicleta y la carretera en México: 1994-2012.
- De Rus, C. N. (2003). *Economía del transporte* (Primera ed.). Gran Canaria: Antoni Bosch.
- Fajardo, C., & Gómez, A. (2015). Analysis of the Modal Choice of Public and Private Transport in the City of Popayán. *Territorios*, 33(158), 157 -190.
- Figueroa, O. (2005). Transporte urbano y globalización. Políticas y efectos en América Latina. *eure*, XXXI(94), 41-53.
- Fuentes, C. (2008). La estructura urbana y las diferencias espaciales en el tiempo de traslado del viaje al trabajo en Ciudad Juárez, Chihuahua. *ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS Y URBANOS*, 23(1), 55-81.
- Galán, R. (2005). Determinantes de la demanda por transporte público y privado en el área metropolitana de Monterrey. *Ciencia UANL*, VIII(4), 495-501.
- Garcés, D. (2005). La relación de largo plazo del PIB mexicano y sus componentes con la actividad económica en Estados Unidos y el tipo de cambio real. *Economía Mexicana, Nueva Epoca*, XV(1), 5-30.
- García-Schilardi, M. E. (2014). Transporte público colectivo: su rol en los procesos de inclusión social. *Bitacora* 24, 35-42.
- Gelhausen, M. C., Berster, P., & Wilken, D. (2018). A new direct demand model of long-term forecasting air passengers and air transport movements at German airports. *Journal of Air Transport Management*, 74, 140-152.
- Gherghina, S., Onofrei, M., Vintilă, G., & Armeanu, D. (2018). Empirical Evidence from EU-28 Countries on Resilient Transport Infrastructure Systems and Sustainable Economic Growth. *Sustainability*, 10(8), 1-34.
- Gobierno de la Ciudad de México. (27 de 05 de 2020). *Metro de la Ciudad de México*. Obtenido de <https://www.metro.cdmx.gob.mx/organismo/acerca-de>
- Greene, W. (2002). *Econometric Analysis*. New York: Prentice Hall.
- Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometría* (Quinta ed.). México: Mc Graw Hill.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (23 de 05 de 2020). www.inegi.org.mx. Obtenido de www.inegi.org.mx
- Islas, V., & Zaragoza, M. (2007). Análisis de los sistemas de transporte. *Instituto Mexicano del Transporte*, 1-55.

- Jaramillo, C., Lizárraga, C., & Grindlay, L. (2012). Spatial disparity in transport social needs and public transport provision in Santiago. *Journal of Transport Geography*(24), 140-357.
- Lazo, A. (2008). TRANSPORTE, MOVILIDAD Y EXCLUSION. EL CASO DE TRANSANTIAGO EN CHILE. *Le Mirail*, I(1), 1-15.
- Lin, B., & Xie, C. (2014). Energy substitution effect on transport industry of China-based on trans-log production function. *Energy*, 67, 213-222.
- López, F., & Venegas, F. (2012). Integración financiera México - Estados Unidos: mercados accionarios y derivados accionarios. *Economía: teoría y práctica*(36), 179-196.
- mapa-metro. (2010). *Mapa-metro.com*. Recuperado el 01 de 06 de 2020, de <https://mapa-metro.com/es/Mexico/Guadalajara/Guadalajara-Metro-mapa.htm>
- Maparu, T., & Mazumder, T. (2017). Transport infrastructure, economic development and urbanization in India (1990–2011): Is there any causal relationship? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 319-336.
- Marchante-Lara, M., & Benavides-Velasco, C. A. (2013). El transporte público urbano: Un estudio comparativo con especial referencia a la ciudad de Málaga. *Tourism y Management Studies*, 270-282.
- Mata, H. (2012). *Nociones elementales de cointegración enfoque de Soren Johansen*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Milioti, C., & Karlaftis, M. (2014). Estimating multimodal public transport mode shares in Athens, Greece. *Journal of Transport Geography*, 34((C)), 88-95.
- Miralles-Gausch, C., & Cebollada, À. (2003). Movilidad y transporte.Opciones políticas para la ciudad. I, 1-56. Barcelona: Fundación alternativas.
- Myszczyzyn, J., & Mickiewicz, B. (2019). Long-Term Correlations between the Development of Rail Transport and the Economic Growth of the German Reich (1872-1913). *European Research Studies Journal*, XXII(4), 126-139.
- Negrete, M. E., & Vassalli, C. P. (2011). La interacción entre transporte público y urbanización en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México: un modelo expansivo que llega a sus límites . *En Territorios*, 25, 15-33.
- Orcao, A. I. (1989). Tendencias actuales de la Geografía del Transporte: el análisis de la movilidad. *Universidad de Zaragoza*, I(26), 83 - 90.

- Pérez, R. (2013). El sistema de bicicletas públicas “Ecobici”: del cambio modal al cambio social. *espacialidades*, III(2), 104-124.
- Ramanathan, R. (2001). The long-run behavior of transport performance in India: A cointegration approach. *Transportation Research Part A Policy and Practice*, 4(34), 309-320.
- Rodríguez, I. (2017). *Impactos económicos de la salida del mercado de Mexicana de Aviación* (Primera edición mayo 2017 ed.). Saltillo: Universidad Autónoma de Coahuila.
- Rodríguez, L. (2016). Demanda y provisión de transporte público en Ciudad Obregon, Sonora. *Región y sociedad*, XXVIII(67), 243 - 276.
- Rouwendal, J., & Nijkamp, P. (2004). Living in Two Worlds: A Review of Home-to-Work Decisions. *Journal of urban and regional policy*, 35(3), 287- 303.
- Samimi, R. (1995). Road transport energy demand in Australia A cointegration approach. *Energy Economics*, 329-339.
- Schwanen, T., Dieleman, F., & Dijst, M. (2004). The Impact of Metropolitan Structure on Commute Behavior in the Netherlands: A Multilevel Approach. *Journal of urban and regional policy*, 35(3), 304-333.
- Shahbaz, M., Khraief, N., & Jemaa, M. M. (2015). On the causal nexus of road transport CO2 emissions and macroeconomic variables in Tunisia: Evidence from combined cointegration tests. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 89-100.
- Sistema de Transporte Colectivo. (2014). *STC Metrorrey pasado presente y futuro*. Monterrey: AMF.
- Sistema de Transporte Colectivo. (01 de 06 de 2020). *nl.gob*. Obtenido de <http://www.nl.gob.mx/servicios/metro>
- SITEUR. (2020). *Sistema de Tren Eléctrico Urbano* . Recuperado el 01 de 06 de 2020, de <http://siteur.gob.mx/>
- Tiwari, P., & Gulati, M. (2013). An analysis of trends in passenger and freight transport energy consumption in India. *Reserch in transportation economics*, 38, 84-90.
- Universidad Autónoma de Nuevo León. (25 de 05 de 2018). *Encuentro AMIC 2018*. Obtenido de <http://encuentroamic2018.uanl.mx/index.php/sede/conoce-monterrey/>

Universidad Nacional de Cuyo. (2017). *Medios de transporte urbano* (01/2017 ed.).
Mendoza, Argentina: UNCUIYO.

Wooldrige, J. (2009). *Introducción a la econometría un enfoque moderno*.
Michigan: South-Western .