

RACIONALIZACIÓN DEL USO DEL AUTOMÓVIL EN QUITO: UN ANÁLISIS DE INCENTIVOS ECONÓMICOS

Roberto Mosquera

Working Paper N°1

Centro de Investigaciones Económicas

Universidad de las Américas

Av. Granados E12-41 y Colimes esq.

Quito – Ecuador

Mayo 2010

Quisiera agradecer a Pamela Rodríguez por su valiosa asistencia en esta investigación. Los comentarios y puntos de vista expresados en este trabajo son del autor y no necesariamente representan la opinión del Centro de Investigaciones Económicas.

© 2010 por Roberto Mosquera. Todos los derechos reservados.

Racionalización del Uso del Automóvil en Quito: Un Análisis de
Incentivos Económicos
Roberto Mosquera
CIE Working Paper N° 1
Mayo 2010

ABSTRACTO

En los últimos años el parque vehicular de Quito ha incrementado considerablemente, lo cual ha tenido efecto en el deterioro de la congestión vehicular en las zonas urbanas. La actual administración del Municipio de Quito ha lanzado un Nuevo Modelo de Movilidad en el Distrito Metropolitano de Quito con el fin de restringir la congestión vehicular. De este modelo se destaca el sistema de “pico y placa” el cual se aplicó en mayo del 2010. Este trabajo busca analizar algunos sistemas de restricción vehicular utilizados en el mundo, sus ventajas y desventajas en términos de incentivos económicos, para determinar qué sistemas orientan a las personas a cumplir con la reducción del tráfico en el mediano plazo.

Roberto Mosquera
Investigador
Centro de Investigaciones Económicas – UDLA
rmmosquera@udla.edu.ec

1. Introducción

El manejo del tráfico se ha convertido en uno de los principales problemas de Quito. De acuerdo al Plan Maestro de Movilidad 2008-2025, la red vial de Quito presenta actualmente un saturación del 30% debido a altos volúmenes de tráfico que superan la capacidad vial, especialmente en horas pico. El parque automotor crece en un promedio de 40,000 nuevas unidades por año. Así, la proporción de autos por mil habitantes aumentó de 145 en 2002 a 180 en 2007 y, si se mantiene este ritmo de crecimiento, se llegará a 590 vehículos por mil habitantes en 2025. Adicionalmente, el Plan Maestro también señala que la población de la ciudad se encuentra en crecimiento. La población en la zona urbana crece actualmente en 2.07% por año, mientras que la población en las zonas suburbanas (Quitumbe, Calderón, los Chillos, Cumbayá y Tumbaco) crece aún más rápidamente, en 4.68% por año. Con estas tasas de crecimiento, para el 2025 Quito contará con 2,843,417 habitantes, de los cuales 2,060,903 en la zona urbana y 782,514 en las áreas suburbanas. Esta dinámica de crecimiento poblacional favorece al incremento del parque automotor ya que, al volcarse la población a la periferia de la ciudad, es más difícil proveer un servicio de transporte público eficaz que cubra toda el área urbana. Además, si se considera que las principales fuentes de empleo se encuentran en el hipercentro urbano de la ciudad (centro y centro norte), el crecimiento horizontal de la ciudad favorece el incremento de viajes de la periferia al centro para llegar a los lugares de trabajo. Actualmente, 47% de los viajes motorizados en la ciudad se debe a esta razón, y muestra una tendencia incremental siguiendo el crecimiento de la ciudad.

La creciente saturación de la red vial conlleva un aumento del tiempo de desplazamiento. En el Plan Maestro se estima que hoy en día, en promedio, una persona destina 1.7 veces más tiempo que el óptimo para cualquier recorrido en la ciudad. Esto implica el desperdicio de un recurso valioso, lo que incide negativamente sobre

productividad, consumo energético y calidad de vida. Por ejemplo, para una persona que viaja en promedio 25 km diarios, si asumimos que se demora 1.7 minutos adicionales por kilómetro¹ tenemos que al año (sin contar los fines de semana) ha perdido 185 horas por la congestión vehicular, que a USD2 la hora² representa un pérdida de USD370 anuales. Considerando que existen aproximadamente 400,000 motoristas privados, esto se traduce en una pérdida anual de USD148 millones. A esto hay que sumar las pérdidas del transporte público, cuyos costos de operación se incrementan por mayor consumo de combustible, menor rendimiento y mayor desgaste en las unidades que ocasiona la congestión vehicular. Adicionalmente, hay que considerar los costos de las externalidades negativas generadas por el tráfico vehicular, como el deterioro en la calidad del aire (con las enfermedades respiratorias y generales asociadas), los accidentes de tránsito y el malestar que se produce en las personas por tener que enfrentar el caos de la ciudad día tras día.

Ante esta situación en constante deterioro, la actual administración del Municipio de Quito ha lanzado un Nuevo Modelo de Movilidad en el Distrito Metropolitano de Quito. De las medidas planteadas en este plan (ver sección 2), la más notoria es la decisión de implantar un sistema de restricción vehicular a través del llamado “pico y placa” que funciona principalmente en Colombia. De las medidas contempladas en este Plan, esta es la única que tiene fecha de implementación (inició en mayo 2010), y es la que ha levantado más debate en la sociedad. Así, se ha discutido en el marco de foros y colegios profesionales si es legal o no restringir la circulación vehicular privada, qué tan factible es implementarla y si se conseguirá o no el objetivo de reducir el tránsito en las horas pico. Estas preguntas se han abordado desde la perspectiva legal, física y política, pero se ha dejado de lado el punto de vista de los incentivos

¹ Este ejemplo hipotético asume que la velocidad óptima es de 60 km/h.

² Salario promedio por hora de los deciles 7, 8, 9 y 10, de acuerdo a la encuesta Urbana de Empleo y desempleo del INEC y cálculos propios.

económicos de los habitantes. En este caso, la perspectiva económica no se refiere al análisis de los costos explícitos e implícitos de la congestión del sistema pico y placa, sino al hecho de tomar en cuenta que los habitantes de la ciudad toman decisiones sobre el medio de transporte que van a utilizar en función de las prohibiciones, multas, costos y riesgos ligados al uso de las calles de la ciudad.

En términos económicos, esto se refiere al análisis de la provisión y uso de un bien público (las vías públicas) y de analizar la soberanía del consumidor³ frente al uso del automóvil. La red vial urbana es un bien público “no puro” en términos económicos, ya que su uso genera rivalidad entre los usuarios⁴. En otras palabras, el hecho que una persona adicional use una calle ocupa espacio, por lo que impide que dicho espacio sea usado por alguien más, especialmente cuando se presenta congestión en las vías. En este caso, la teoría económica señala que el uso de dicho bien debe tener un “precio”, para que la persona que usa el bien internalice el costo que lo implica para los demás. Esta es la justificación económica para la existencia de sistemas de restricción de tráfico. Por otro lado, las personas pueden preferir el uso de automóviles privados porque creen que es un medio de transporte más seguro, cómodo e incluso más rápido. Independientemente de si esa percepción sea o no correcta, lo

³ El concepto de soberanía del consumidor indica que los individuos perciben qué bienes y servicios son “buenos” y qué bienes y servicios son “malos” (todo en términos de utilidad de la teoría económica) y ajustan su consumo de acuerdo a ello. Este concepto no siempre se cumple: un ejemplo clásico es el uso del cinturón de seguridad. Si bien se demostró científicamente que el uso del cinturón de seguridad salva vidas, las personas comenzaron a usarlo de manera generalizada sólo cuando se volvió ilegal no hacerlo. En este caso, el Estado tiene que intervenir para direccionar la soberanía del consumidor hacia el bienestar social.

⁴ Un bien público puro es aquel para el cual su uso por parte de una persona no impide su uso paralelo por otras personas al mismo tiempo (por ejemplo, la seguridad en la ciudad o las ondas hertzianas).

importante para fines de análisis de los incentivos económicos de las personas es su estructura de preferencias personales dadas las condiciones en el sistema de transporte público y privado. Si la estructura de preferencias de los habitantes favorece el uso del transporte privado, el sistema de restricción de tránsito—a través de los “precios” que impone—debe direccionar los incentivos para intentar que las personas cambien sus preferencias de transporte o por lo menos acaten la restricción.

Este trabajo busca analizar si el sistema de pico y placa provee de incentivos para que las personas efectivamente cumplan con la restricción o procedan a buscar formas para no acatarla. Para poder comparar su desempeño, también se analiza los incentivos asociados a otro sistema de restricción de tránsito, el relacionado con los llamados precios de congestión, en el cual se impone un cobro o peaje por circular en ciertas zonas del área urbana. Se encontró que dadas las condiciones del tráfico en Quito en la actualidad, el pico y placa tiende a incentivar – en el mediano plazo—a las personas a encontrar mecanismos para no acatar la medida, mientras que un sistema de precios de congestión más bien facilitaría que se acate la restricción. En este sentido, la efectividad del sistema de pico y placa para el objetivo de reducir el tráfico probablemente decaiga a mediano plazo (ya que los habitantes tendrán incentivos para buscar gradualmente mecanismos para no acatar la medida). Desde esa perspectiva, un sistema de precios de congestión—que imponga un costo específico al uso de la red vial dentro de ciertas áreas—podría tener más efectividad a mediano plazo (ya que los incentivos de los habitantes estarían más alineados con el objetivo general de reducción de la congestión vehicular), aunque las condiciones, costos y procesos iniciales de implementación de un sistema de ese tipo puedan ser mayores. Esta investigación no pretende diseñar un sistema de restricción de tráfico para Quito, sino brindar luces de las características económicas que este sistema debería tener. Particularmente esta investigación presenta guías a priori de lo que

podría pasar con cada medida; no obstante, parte del proceso de implementación de cualquiera de ellas debería involucrar la estimación empírica de cualquiera de ellas con el fin de tener una señal más clara de cuál es el mejor camino.

A continuación, la sección 2 describe las actuales condiciones del transporte público en Quito y los principales objetivos y políticas del Nuevo Modelo de Movilidad en el Distrito Metropolitano de Quito; la sección 3 presenta los principales sistemas de restricción de tráfico y cómo funcionan; la sección 4 desarrolla un modelo económico simple para analizar las decisiones de los conductores de vehículos privados frente a dos alternativas de restricción vehicular; y la sección 5 concluye y presenta un listado de los factores económicos a considerar en el diseño de un mecanismo de restricción de tráfico para Quito.

2. El Tráfico Vehicular en Quito

De acuerdo al Nuevo Modelo de Movilidad y al Plan Maestro de Movilidad, el origen del problema de la movilidad en la ciudad de Quito se encuentra principalmente en tres elementos:

- El crecimiento urbano hacia los extremos norte y sur de la ciudad y hacia los valles orientales (crecimiento horizontal). Como referencia, la población en la zona central de la ciudad crece actualmente a un ritmo de 2.07% anual, mientras que la población en las zonas periféricas (Quitumbe, Calderón, los Chillos, Cumbayá y Tumbaco) crece aún más rápido (4.68% anual). Con estas tasas de crecimiento, para el 2025 Quito contará con 2,843,417 habitantes, de los cuales 2,060,903 en la zona urbana y 782,514 en las áreas suburbanas. Si se considera que las principales fuentes del trabajo se encuentran en el

hipercentro⁵ de la ciudad, esta dinámica de crecimiento implica más viajes desde la periferia al hipercentro, especialmente en las horas de entrada y salida de los trabajos.

- Como consecuencia del crecimiento horizontal, se produce una baja densidad de ocupación del suelo en el hipercentro de Quito. Actualmente la densidad poblacional es de 80 persona por hectárea, un nivel bajo comparado con otras capitales latinoamericanas. En otras palabras, la construcción de edificios de vivienda en la zona urbana Quito es baja. Esto conlleva la necesidad de extender la red vial y los servicios de transporte cada vez más hacia la periferia, lo que dificulta la provisión de un servicio de transporte público eficiente. Esto incentiva el uso de automóviles particulares.
- Asimismo, la dinámica de crecimiento poblacional se traduce en una inequitativa distribución territorial de los servicios viales y de transporte. La acelerada expansión de la ciudad hacia la periferia no ha sido acompañada de nuevas conexiones viales. Por ejemplo, existe una sola vía masiva que conecta al centro urbano con el valle de Tumbaco. Por esta razón, conforme aumenta el número de personas que vive en la periferia, se incrementa la saturación de las vías que conectan la periferia con el hipercentro de la ciudad. Adicionalmente, la cobertura de rutas de transporte público disminuye en las zonas periféricas, especialmente en las zonas de desarrollo urbano más reciente. Esto implica que, mientras más lejos viva una

⁵ El hipercentro es la zona de la ciudad en la que los índices de concentración de población, equipamiento y actividad económica es más intenso. Los límites del hipercentro de Quito se establecen entre El Inca al norte y la Villa Flora al sur e incluye al Centro Histórico.

persona, mayor incentivo tiene para el uso de un automóvil privado.

El Plan Maestro de Movilidad señala que en Quito se realizan diariamente alrededor de 4,700,000 viajes motorizados, de los cuales 61% corresponde al transporte público e institucional, 35% al transporte privado y 4% a desplazamientos comerciales. De los 2,900,000 viajes de transporte público, 50% corresponde al sistema convencional urbano, 27% al sistema Metrobús-Q, 17% al transporte convencional interparroquial, y 12% al transporte escolar e institucional. 46.2% de estos desplazamientos son dentro o hacia y desde el hipercentro. Por otro lado, al transporte privado corresponden 1,600,000 viajes, de los cuales 43.8% son dentro, o hacia y desde, el hipercentro. Cabe acotar que en los últimos 10 años (1999-2009) se ha duplicado el número de vehículos que circulan en Quito. Se estima que al finalizar el 2009 circulaban 420,000 vehículos, de los cuales aproximadamente 96.5% corresponde a vehículos privados. La tendencia a desplazarse en un auto particular aumenta cada año. Para el 2025 se estima que el parque automotor se incrementará a 1,290,000 vehículos y que 60% de los desplazamientos serán en vehículo particular frente a 38% en el 2009.

De acuerdo al Plan Maestro de Movilidad, en el 2008 60% de las vías de la ciudad tenían una relación de volumen de tráfico a capacidad de la vía comprendida entre 0 y 0.8, permitiendo una velocidad promedio de desplazamiento de más de 50 km/h. Mientras tanto, 25% de las vías tenía una relación volumen/capacidad de más de 1, es decir que estaban saturadas con una velocidad promedio de desplazamiento de 0-10 km/h. Para el 2015, dadas las actuales condiciones de crecimiento del parque automotor y de movilización, se prevé que 44% de las vías cuenten con una relación volumen/capacidad de 0-0.8 y que 38% de las vías tenga una relación volumen/capacidad de más de 1. Este problema se agravaría

aún más para el 2025, cuando se prevé que sólo 27% de las vías de la ciudad tengan una relación volumen/capacidad de 0-0.8 y 55% de las vías estén saturadas con una relación volumen/capacidad superior a 1. Este problema se agrava en las horas pico de los días laborables, cuando la cantidad de vehículos por hora incrementa claramente, mientras que los sábados el pico del tráfico se reduce en 35%, y en los domingos y feriados se reduce en 50%. El problema de la congestión vehicular se manifiesta en que, pese al gran número de vehículos privados en Quito, 65% de las personas se moviliza en transporte público y comercial que tienen que soportar la congestión, la contaminación del aire y la inseguridad vial. Todo esto hace que el tiempo de viaje sea largo, disminuye la comodidad del transporte, daña la calidad de vida y la productividad en general. Según el inventario de emisiones atmosféricas (CORPAIRE, 2009), el tráfico vehicular de vehículos a gasolina es la principal fuente de emisión de gases y otros contaminantes. Por otro lado, los accidentes de tránsito son la principal causa de muerte violenta en Quito, constituyendo el 37% del total de muertes reportadas en los últimos 3 años.

El Plan Maestro de Movilidad también señala que el transporte público en Quito es de baja calidad y no contribuye a desincentivar el uso de vehículos privados en la ciudad. La gran mayoría de operadoras de transporte público no actúan con lógica empresarial, por lo que no buscan optimizar su trabajo ni mejorar la calidad del servicio de transporte. Actualmente existen dos sistemas generales de transporte público en la ciudad. Por un lado está el sistema convencional (histórico) conformado por operadores independientes que prestan el servicio de manera artesanal. Por otro lado, está el sistema integrado que corresponde a la Red Metropolitana de Transporte Colectivo Integrado Sistema Metrobús-Q. Este sistema se caracteriza por una administración y operación centralizada que busca reemplazar al sistema convencional de modo que los operadores tradicionales se involucren en cada uno de los componentes. Esta red no está completa y su operación aún no llega

a los niveles de eficiencia esperados. Por ejemplo, El Corredor Central Norte tiene en operación únicamente 50% de los servicios planificados y el Corredor Nororiental (la Ecovía) opera únicamente 45% de sus servicios. Como consecuencia de la congestión vehicular, las velocidades promedio de desplazamiento del transporte público convencional y del Metrobús-Q son inferiores a sus óptimos. En el caso del transporte convencional la velocidad ideal es de 18 Km/h y la actual es de 14 Km/h, y para el Metrobús-Q la velocidad actual es de 20 Km/h y la ideal es de 25 Km/h. Un agravante adicional a la calidad de transporte público es la accesibilidad de la población al servicio. El servicio, en especial del sistema convencional, está afectado por irregularidades en el cumplimiento de horarios, innecesarias e inadecuadas frecuencias, y en algunos sectores la cobertura del servicio obliga a realizar desplazamientos a pie en distancias superiores a 10 minutos.

Ante esta situación, la actual administración del Municipio de la ciudad aspira implantar un nuevo modelo de movilidad que busca que los desplazamientos se realicen en condiciones de eficiencia, precautelando como valor mayor la seguridad e integridad de las personas; que se incremente la oferta y calidad del transporte público, promoviendo al mismo tiempo el uso de transporte no motorizado en la ciudad; y que se garantice la conectividad entre las diferentes partes de la ciudad, atendiendo las zonas de crecimiento y construyendo vías arteriales, colectoras y locales. Con estos objetivos, el Municipio busca incorporar mayor control en las vías e incentivar la educación vial, recuperar la preferencia ciudadana por el transporte colectivo, fomentar el uso de múltiples modos de transporte con un manejo adecuado de la oferta de estacionamientos, promover, crear y consolidar condiciones favorables y seguras para los desplazamientos peatonales y para el uso cotidiano de la bicicleta, y desestimular el uso del vehículo particular.

Entre los elementos estructurales que este plan busca reformar, cabe destacar los siguientes:

- **Institucionalidad:** fortalecimiento de la gestión pública municipal y consolidación de su autoridad. Aseguramiento de fuentes estables de financiamiento para la implementación, mantenimiento y mejoramiento del sistema.
- **Tecnología:** incorporación de las nuevas tecnologías de información y comunicación en la gestión y control (sistemas de transporte inteligente).
- **Calidad del Servicio:** modernización de los servicios públicos y privados. Evaluación permanente y mejoramiento continuo.
- **Nueva Cultura en Movilidad:** basada en la solidaridad en los distintos usuarios de la vía y el respeto al espacio público y la normativa. Mejorar el control sobre el uso indebido del espacio público.

En este nuevo modelo de movilidad, el Municipio plantea las siguientes líneas de acción para mejorar la fluidez del tráfico en la ciudad:

- **Construcción de vías e infraestructura de tráfico** (intercambiadores, pasos a desnivel, sistemas inteligentes de control de tráfico).
- **Circulación Peatonal Segura:** construcción y rehabilitación de puentes peatonales elevados, diseño de intersecciones a nivel, recuperación de paseos peatonales y aceras, y mejorar el acceso del transporte público a barrios periféricos.

- Disminución de Viajes Motorizados: incentivar el uso de transporte colectivo institucional, modificar los horarios de funcionamiento en toda la ciudad, en base a acuerdos con las autoridades competentes y los actores involucrados, optimizar el uso de vehículos oficiales.
- Gestión de Estacionamientos: mayor control a mal estacionados, ampliar la zona azul y la oferta de estacionamientos fuera de la vía en hipercentro, incorporar sistemas de automatización e información al usuario en estacionamientos municipales y privados.
- Transporte Colectivo: optimizar las rutas, frecuencias y horarios de modo que exista un incremento de frecuencias en las horas pico, controlar el uso de las paradas designadas, incrementar la capacidad del sistema Metrobus –Q.
- Restricción Vehicular: se aplicaría solo en el área urbana de Quito, sin incluir las parroquias rurales. Se baraja dos sistemas de restricción vehicular (ver sección 3 para una descripción de los sistemas de restricción vehicular):
 - Pico y Placa: el tráfico se restringe en las horas pico de la mañana y tarde en función del último número de la placa. Este sistema se implementa desde el 3 de mayo 2010.
 - Hoy no Circula: el tráfico se restringe durante toda la jornada laboral en función del último dígito de la placa.

Esta restricción aplicaría para vehículos particulares y oficiales. Los vehículos sin restricción serían los buses, taxis, motos, vehículos de emergencia, de seguridad y diplomáticos, que constituyen 3.5% del parque vehicular en

la ciudad. Para aplicar la restricción a la circulación vehicular se plantea ejecutar una campaña de información y sensibilización a la ciudadanía con una duración de 12 semanas durante toda la implementación incluyendo un período de 2 semanas donde se aplique la restricción sin sanción. Adicionalmente es necesario diseñar mecanismos apropiados de control en la vía pública, que son necesarios para garantizar el cumplimiento de la medida, pero que no deben entorpecer el flujo vehicular.

3. Sistemas de Restricción de Tráfico

La administración de la demanda del transporte es el conjunto de políticas, estrategias y planes orientados a disminuir la demanda de viajes por automóvil privado. Con este fin, estas medidas utilizan una serie de incentivos económicos, aunque el más apropiado depende de porqué se busca reducir la circulación. Estas medidas también buscan un uso más eficiente del sistema de transporte urbano. La administración de la demanda de transporte puede tener tres objetivos: disminuir la congestión vehicular, financiar sistemas de transporte público, o reducir la contaminación ambiental (Gestión y Restricción del Tráfico Urbano, 2003). Si bien podría parecer que estos tres objetivos son compatibles entre sí, esto no es del todo cierto pues cada uno de ellos implica diferentes características de diseño de las políticas a implementar, lo que es especialmente relevante para los modelos de tarifas de congestión que se verán a continuación.

De acuerdo al documento Gestión y Restricción del Tráfico Urbano, en general se puede definir siete tipos de políticas de administración de la demanda de transporte:

- **Reglamentaria:** En la mayoría de los países existen restricciones establecidas en sus leyes que impiden el ingreso a zonas residenciales o comerciales, a ciertos

perímetros urbanos, o que restringen el tránsito a ciertas horas por túneles o puentes de gran envergadura para vehículos de gran tamaño o cuando se trata del transporte de productos peligrosos. También se pueden aplicar restricciones al tránsito de vehículos durante los fines de semana, generalmente el domingo, para proporcionar espacios recreativos y deportivos a la población.

- ***Racionamiento o restricción vehicular:*** Se restringe el uso de un porcentaje de vehículos al día. Normalmente, la discriminación se realiza con base en el último dígito del número de la matrícula del vehículo. Así, cada día de la semana se prohíbe la circulación de los autos terminados con ciertos números predeterminados y de amplio conocimiento público, los cuales usualmente van rotando a lo largo de la semana. Generalmente se prohíben dos dígitos por día de lunes a viernes, lográndose así una reducción teórica del 20% de los vehículos en circulación. Cuando la restricción se aplica para reducir la contaminación ambiental, es usual que se busque que el porcentaje de reducción sea mayor, para lo cual se aumenta el número de dígitos de las placas prohibidas de transitar y también se puede aumentar el número de días restringidos en la semana. La restricción puede ser sólo en ciertas horas del día, especialmente en las horas pico de entrada y salida de los trabajos. Esta modalidad se conoce como el pico y placa y se aplica sobre todo en Colombia. También se puede restringir la circulación durante todo un día, modalidad usada en Ciudad de México. Se podría percibir que este tipo de restricción es más “democrático” en el sentido que todos los conductores teóricamente están obligados a dejar sus vehículos particulares un día a la semana. Adicionalmente, es un sistema de rápida implementación ya que sólo requiere de imponer los controles adecuados que garanticen

su funcionamiento. Sin embargo, una debilidad del racionamiento vehicular es que los usuarios de mayores ingresos pueden evitar las restricciones de circular usando o comprando un segundo auto o corriendo con el costo de la sanción.

- ***Tarifas de congestión:*** este sistema consiste en fijar un precio para ingresar a ciertas zonas de una ciudad, para generar un incentivo para que las personas utilicen métodos alternativos de transporte. Quienes quieran usar sus vehículos privados tienen que pagar para hacerlo. Muchas veces la tarifa a pagar varía en función de la hora o del lugar al que se desea ingresar. El objetivo de esta medida es internalizar los costos - tales como contaminación del aire, ruido, accidentes de tránsito, deterioro del medio urbano, y las demoras y costos de operación adicionales impuestos en los otros usuarios viales, que los usuarios se imponen a sí mismos y al resto de la sociedad cuando usan las vías públicas, en especial durante los picos de demanda, de modo que son obligados a pagar por la congestión que ellos mismos crean. Uno de los problemas de este sistema es que tienen un mayor impacto en los usuarios de menor ingreso, para quienes el pagar una tarifa adicional para circular representa un mayor porcentaje de su ingreso, por lo que se ven forzados a cambiarse al transporte público o restringir en mayor proporción sus desplazamientos en sus vehículos particulares. Otro limitante es que la aplicación de este sistema requiere de sistemas automatizados de cobro en las calles, sistema de cámaras instalados en las vías donde se aplique la medida, y una red de control, por lo que su implementación es costosa y toma tiempo aplicarla. Singapur, Londres, Estocolmo y Oslo son algunas ciudades que han implementado con éxito este sistema.

- ***Carriles reversibles***: en ciertas vías de dos sentidos, en las horas pico se elimina una de las direcciones con el fin de dar más espacio al sentido que concentra el mayor tráfico en dicha hora.
- ***Park and Ride***: este sistema consiste en crear estacionamientos de disuasión o intercambio para automóviles situados en la periferia de las ciudades y cuyo fin es alentar a los conductores a dejar su vehículo privado y acceder al centro de las ciudades en transporte público. Estos parqueos se construyen cerca de estaciones de autobús o ferrocarril, o en vías de conexión de la zona urbana con sus áreas suburbanas. Por lo general, aparcar en estos parqueos tiene muy bajo costo o incluso es gratis. Este sistema se puede combinar tanto con el racionamiento vial como con las tarifas de congestión para maximizar los resultados de dichas medidas. Algunos expertos señalan que estos parqueos disminuyen la utilización del coche en el centro de las ciudades a costa de fomentar el uso en las periferias.
- ***Vías de alta ocupación (viajes compartidos en automóvil)***: este sistema consiste en incentivar que dos o más personas compartan un mismo automóvil generalmente para viajar juntos durante las horas pico hacia el trabajo o un centro educativo. Generalmente, todos los participantes son propietarios de un auto y alternando el uso de cada vehículo, economizan en gastos de viaje y contribuyen a reducir la congestión de tránsito. Como incentivo, se crea carriles exclusivos donde sólo pueden circular vehículos con dos (e incluso tres) o más personas. Es una medida bastante usada en Canadá, Estados Unidos y varios países de la Unión Europea.

- ***Sistemas Inteligentes de Transporte:*** este sistema consiste en usar versiones tecnológicamente avanzadas de medios de manejos de tráfico con el fin de aligerar la congestión. Se destaca el uso de semáforos inteligentes que con sensores y cámaras ajustan los tiempos de circulación en función del tráfico. También son importantes los sistemas de cobro electrónico de peajes para que los vehículos no tengan que detenerse o disminuir mucho su velocidad, evitando filas y demoras asociadas al cobro tradicional por medio de casetas de peaje. El uso más común a nivel mundial ha sido habilitar en las estaciones de peaje algunos carriles con control electrónico, combinados con carriles de cobro manual, donde el número de posiciones automáticas depende del número de usuarios registrados en el sistema. Esta herramienta facilita la implementación de tarifas de congestión ya que evita que los automóviles tengan que detenerse para entrar al centro de las ciudades. Eso sí, en las ciudades que aplican las tarifas de congestión el uso del cobro electrónico se vuelve obligatorio para todos los vehículos.

4. Análisis de Incentivos Económicos para el Uso de un Vehículo Particular

Esta sección desarrolla un modelo simple de comportamiento del consumidor que ayuda a explicar porqué una persona usa un automóvil privado. Con este modelo se desarrolla una aplicación simple de teoría de juegos con el fin de analizar cómo afectaría un esquema de restricción vehicular (pico y placa) y un esquema de tarifas de congestión a los incentivos de uso de vehículos particulares en Quito, dadas las actuales condiciones de tráfico y de oferta y calidad del transporte público. Adicionalmente, se analiza el impacto sobre los incentivos de uso del vehículo de definir vías de alta

ocupación, como una medida complementaria a los dos sistemas antes mencionados.

La Elección del Medio de Transporte

Para diseñar un modelo económico que permita analizar cómo diferentes incentivos afectan la decisión de una persona de usar un medio de transporte u otro, primero es necesario revisar cuáles son los factores que afectan la decisión de usar un medio de transporte específico. En el marco de la teoría de selección del consumidor, una persona recibe utilidad (satisfacción) por el consumo de bienes o del tiempo que dedica al ocio. Puesto que no todos los bienes se encuentran en el mismo sitio, la persona necesita emplear parte de su tiempo en transportarse de un lugar a otro. Este tiempo lo pierde, por lo que el hecho de transportarse significa cierta desutilidad para un individuo, ya sea que use bus, automóvil, bicicleta o simplemente camine. En este esquema, la persona escogerá el medio de transporte que le brinde la mayor satisfacción (menor desutilidad), dadas ciertas condiciones o restricciones. Formalmente podemos representar este comportamiento con una función de utilidad cuasi lineal:

$$U = v(\textit{consumo}) + d(\textit{transporte}) \quad (1)$$

De esta forma, la utilidad total de un consumidor depende de la utilidad $v(\textit{consumo})$ de todos los demás bienes y servicios disponibles y de la desutilidad $d(\textit{transporte})$ que extrae del uso de un medio de transporte. Bajo un enfoque de equilibrio parcial⁶ es posible normalizar $v(\textit{consumo})$ a una constante sin perder generalidad en el análisis, de modo que este estudio se centra en los determinantes de $d(\textit{transporte})$.

⁶ El enfoque de equilibrio parcial cubre un bien a la vez, mientras que el resto de factores que afectan la utilidad del consumidor se concentran en un solo parámetro que puede asumirse constante.

Un primer factor a considerar al elegir un medio de transporte es el tiempo de desplazamiento. Si se define al tiempo de desplazamiento como un costo que una persona incurre para poder consumir un bien o para realizar una actividad productiva, dicho tiempo debe tener una relación directa con $d(\text{transporte})$. Es decir, si el uso de un medio de transporte implica un mayor tiempo de desplazamiento, manteniendo los demás factores constantes, este medio de transporte debe proveer una mayor desutilidad que otro cuyo tiempo de desplazamiento sea menor. Por lo tanto, y otra vez manteniendo los demás factores constantes, una persona debe preferir el medio de transporte que genere el menor tiempo de desplazamiento. Esta relación se puede justificar con el proceso histórico de desarrollo de los vehículos motorizados. Si el factor tiempo no fuera importante para los consumidores, no hubiese existido incentivo para desarrollar vehículos más rápidos.

Si bien es importante llegar lo antes posible, es decir las personas prefieren los menores tiempos de desplazamiento también hay que considerar los costos de uso de los respectivos medios de transporte. Por costo de uso, en esta investigación se entiende el pago (directo e indirecto) que una persona debe hacer por usar un medio de transporte. En otras palabras, este costo es el precio de pasaje si la persona usa un bus, el precio de una carrera si la persona usa un taxi, o el precio de la gasolina y tarifas adicionales (empezando por la matrícula) si la persona usa un automóvil. Dentro de los costos indirectos cabría señalar qué tan fácil es estacionar un vehículo o los costos de parqueo. Bajo esta definición el costo de caminar o usar una bicicleta tiende a cero. En este esquema, el costo de desplazamiento contribuye positivamente a la desutilidad $d(\text{transporte})$ es decir, a mayor costo mayor desutilidad. Es importante resaltar que si bien es necesario que una persona compre un automóvil antes de usarlo, este costo no se incluye en esta definición de costo de uso, ya que al tratarse de un bien durable, la decisión de comprar un carro no depende únicamente de preferencias

de transporte, si no que afecta decisiones de ahorro y reserva de valor. Por esto en el marco de este modelo la decisión de comprar un carro estaría considerada en $v(\text{consumo})$ que se asume constante.

A parte del tiempo de desplazamiento y del costo de desplazarse, también una persona considera su confort y seguridad al momento de desplazarse. Si un medio de transporte público está saturado, como el Trolebús en Quito de acuerdo al Plan de Movilidad, la desutilidad de una persona lógicamente será mayor si lo usa. Por otro lado, el uso de un vehículo privado evita condiciones de hacinamiento, permite lujos como escoger tipo de música, regular la temperatura ambiental, o ajustar la posición de la persona, por lo que brinda, manteniendo los demás factores constante, un premio en términos de $d(\text{transporte})$. En este sentido, es lógico asumir que una persona preferirá aguantar la congestión en un vehículo privado con alto confort que en un bus público hacinado, obviamente asumiendo que la persona puede optar entre las dos alternativas. La seguridad de la persona es otro factor clave que determina $d(\text{transporte})$. Por seguridad, no se entiende la seguridad del vehículo como tal, si no la seguridad en su uso. Por ejemplo, si usar transporte público expone a una persona a robos u otras formas de violencia, entonces la desutilidad de usar el transporte público aumentará y la desutilidad de usar un auto será menor.

Con estos elementos, antes de proseguir el análisis ayuda definir una forma funcional más explícita para $d(\text{transporte})$:

$$d(\text{transporte}) = d = d(t)\alpha + d(\text{costo}) \quad (2)$$

Donde $d(t)$ es la desutilidad que una persona recibe por el tiempo de transporte, de modo que a mayor tiempo mayor desutilidad; $d(\text{costo})$ es la desutilidad que la persona recibe por los pagos que

tiene que hacer para usar un medio de transporte; y $\alpha > 0$ es un factor que resume el confort y seguridad del medio de transporte escogido, entonces menores condiciones de confort y seguridad magnifican la desutilidad del tiempo de transporte. Puesto que la congestión vehicular se genera por el incremento en el uso de vehículos privados, en lo que sigue este análisis se enfoca en el comportamiento de las personas que tienen autos privados (los conductores), por lo que $d(\text{costo})$ será la desutilidad del costo de usar un vehículo privado dentro de los diferentes esquemas de administración del tráfico que se apliquen, y $d(t)$ y α variarán en función de la medida de restricción que se aplique y cómo esta medida haga que la persona cambie o no su carro por otro medio de transporte.

El Municipio frente a la Administración del Tráfico

El Municipio enfrenta diversos incentivos en su rol como ente administrador del tráfico en la ciudad. Es particularmente importante definir dos momentos, primero cuando decide o no aplicar un sistema de administración de tráfico y en segundo lugar cuando se decide implementar la medida lo que implica determinar los controles que impulsarán su cumplimiento.

Los sistemas de administración de tráfico, particularmente restricciones vehiculares o tarifas de congestión, son políticamente impopulares ya que afectan a la utilidad de las personas conductoras de vehículos privados. En el marco del modelo desarrollado en esta investigación la restricción vehicular o las tarifas de congestión aumentan la desutilidad de los conductores ya sea por el lado de $d(\text{costo})$ (en el caso de las tarifas de congestión) o porque inducen un incremento del factor α de confort/seguridad (en el caso de la restricción vehicular que obliga a dejar el automóvil). En este caso, la disposición del Municipio a imponer una de estas medidas

dependerá de qué tan representativos electoralmente sean los conductores. Formalmente se podría decir que el Municipio enfrenta un costo político de la siguiente forma:

$$C = \delta \sum_{i=1}^n E d_i(t) \alpha_i + d_i(\text{costo})$$

Es decir, el costo del Municipio es la suma de la desutilidad esperada de todos los conductores, ponderada por un factor δ que representa la importancia política de los conductores para las autoridades municipales. Este factor cambiará en el tiempo, siendo más alto en época de elecciones, lo que implica menor disposición a implementar alguna medida que busque reducir la circulación vehicular. No obstante, este incentivo actúa en el momento de decidir si se implementa o no la medida de administración del tráfico, por lo que no afecta directamente las acciones de Municipio tome en la implementación de la misma, y son estas acciones las que afectarán los incentivos de los conductores para dejar sus vehículos.

En la implementación de ya sea un sistema de restricción vehicular o de tarifas de congestión, las acciones a tomar por parte del Municipio se resumen en el grado de control que se aplique para velar por el cumplimiento de la medida. Aplicar mecanismo de control tiene un costo, por lo que el grado de control que se aplique depende directamente de los recursos que disponga el Municipio. En este sentido el costo de controlar a un conductor adicional es un incentivo fuerte a considerar. Sin embargo, el controlar también implica una fuente de ingresos, a través de las multas que se cobre a los infractores. Por lo tanto, una vez implementada una medida de administración de tráfico restrictiva, los incentivos del municipio se resumen en la siguiente función de beneficio:

$$\pi = multa - costo_{control}$$

Por simplicidad se asume que la multa cubre el costo de controlar a un conductor adicional.

Sistemas de Administración de Tráfico e Incentivos para Sustituir el Uso del Automóvil

A continuación se presenta en un esquema básico de teoría de juegos cómo la restricción vehicular (el pico y placa) y un sistema genérico de tarifas de congestión afectaría los incentivos de utilizar un vehículo en Quito, dadas las actuales condiciones del transporte público. Resumiendo la descripción del transporte público en Quito presentado en la sección², este es de baja calidad, saturado, inseguro y no presta una buena cobertura a todas las áreas de la ciudad. El objetivo es determinar si los dos mecanismos de administración del tráfico incentivan a dejar el uso del auto privado o más bien alguno de ellos incentiva a no acatar la medida.

En la terminología de la teoría de juegos, en este caso se considerarán dos jugadores: los conductores y el Municipio. En el caso de los conductores, estos pueden optar por acatar (A) o no acatar (NA) la medida. En el caso del Municipio, este opta por controlar (C) o no controlar (NC) el cumplimiento de la medida. Los pagos de los jugadores se definen con las funciones de desutilidad y de beneficio definidas anteriormente. Para cada sistema de manejo del tráfico se considerarán dos casos:

- Caso simple: un conductor y el Municipio, en versión simplificada se puede asumir que los demás conductores acatan la medida, por lo que no participan en la interacción.
- Caso general: n conductores y el Municipio, para simplificar el análisis en primer lugar se asumirá que todos los conductores son iguales en términos de desutilidad y luego se flexibilizará esta restricción

Puesto que el objetivo de esta medida es ver cómo se afectan los incentivos a usar un carro privado, estos casos se modelizarán como juegos simultáneos con información perfecta sin repeticiones. Un juego con repeticiones posiblemente permita detectar situaciones de equilibrio estratégico, no obstante ese no es el objetivo de esta investigación.

a. Pico y Placa (1 conductor y el Municipio)

El pico y placa que se está diseñando para Quito obligaría a los conductores a no usar su automóvil durante las horas pico (entre las horas 7:00-10:00 y 16:00-19:00) un día laboral a la semana. Por la dinámica de crecimiento urbano hacia las zonas periféricas y por la localización de la mayoría de empleos en el hipercentro de ciudad esto implica que muchas personas en la práctica deberán dejar su vehículo por un día a la semana ya que no podrán retomarlo en horas en las que no aplique la restricción. Como se asume en este caso que sólo un conductor tiene la disyuntiva entre acatar y no acatar mientras que los demás conductores cumplen con la medida, el pico y placa cumpliría con la meta de disminuir el tiempo de desplazamiento. En el caso del pico y placa acatar implica dejar el auto un día a la semana y transportarse ese día en transporte público. Entonces definiendo con subíndice 0 a las condiciones de confort, tiempo y costo existentes antes de la medida y con subíndice uno a estas mismas condiciones después del pico y placa, se tiene en primer lugar que $t_1 < t_0$ ⁷ por lo que la desutilidad del conductor por tiempo de desplazamiento disminuiría al aplicar el pico y placa, ya sea vaya en bus o en su carro. Formalmente se tiene $d(t_1) > d(t_0)$, recordando que las desutilidades se expresan en números negativos.

⁷ Se asume que tanto los vehículos particulares como los buses en promedio tendrán el mismo tiempo de desplazamiento.

Como acatar el pico y placa implica dejar el auto un día a la semana, esto implica un cambio en el confort/seguridad del conductor. Dadas las actuales condiciones del transporte público en Quito, es plausible asumir que si el conductor se ve obligado a dejar su carro su confort/seguridad disminuirá, lo que empeora la desutilidad del tiempo de desplazamiento. En el marco de este modelo $\alpha_1 > \alpha_0$. Por lo tanto, si el conductor acata el pico y placa su desutilidad total por tiempo será $d(t_1)\alpha_1$. Si no acata la medida y sigue usando su carro, también se beneficia del menor tiempo de desplazamiento ya que los demás conductores si cumplen y su confort/seguridad no se ve afectado, por lo que su desutilidad por tiempo se expresa como $d(t_1)\alpha_0$. Dadas estas condiciones, se tiene que $d(t_1)\alpha_1 < d(t_1)\alpha_0$, que implica que dejando de lado el tema costos, si los demás conductores cumplen con la medida, entonces el pico y placa incentiva a un conductor particular a no acatarla.

Recordando que se definió $d(\text{costo})$ como la desutilidad por el costo de desplazar en automóvil privado, si el conductor cumple con el pico y placa como máximo deja de usar su carro por un día. En términos de costo de uso, es razonable asumir que en promedio dejar un día de usar el carro no afecta su costo de uso, por lo que si el conductor cumple con el pico y placa su desutilidad por costo se mantiene en $d(\text{costo}_0)$. Si el conductor no acata el pico y placa, entonces todo depende si el Municipio controla. Asumiendo que si hay control y el conductor decide no acatar siempre será detectado y sancionado, entonces se verá forzado a pagar una multa y perderá el valor monetario del tiempo necesario para recuperar su vehículo $\text{costo}_1 > \text{costo}_0$, por lo que su desutilidad por costo será mayor que en las condiciones iniciales, que se representa por $d(\text{costo}_1)$.

Otra vez, recordando que las desutilidades se miden en números negativos, se tiene $d(\text{costo}_1) < d(\text{costo}_0)$.

De este modo los pagos, en términos de desutilidad, que recibe el conductor son:

- Si acata el pico y placa y el Municipio controla:
 $d(t_1)\alpha_1 + d(\text{costo}_0)$
- Si acata el pico y placa y el Municipio no controla:
 $d(t_1)\alpha_1 + d(\text{costo}_0)$
- Si no acata el pico y placa y el Municipio controla:
 $d(t_1)\alpha_0 + d(\text{costo}_1)$
- Si no acata el pico y placa y el Municipio no controla:
 $d(t_1)\alpha_0 + d(\text{costo}_0)$

Por el lado del Municipio, de momento se asume que puede controlar o no controlar, en otras palabras o controla siempre o no controla nunca, sin puntos medio. También se asume que siempre que controle y el conductor no cumpla con el pico y placa, detectará al infractor y este será sancionado, por lo que el Municipio recibe la multa. De este modo, los pagos del Municipio siguiendo la función de beneficio antes planteada son:

- Si el conductor acata el pico y placa y el Municipio controla: $-\text{costo}_{\text{control}}$
- Si el conductor acata el pico y placa y el Municipio no controla: 0
- Si el conductor no acata el pico y placa y el Municipio controla: $\text{multa} - \text{costo}_{\text{control}}$
- Si el conductor no acata el pico y placa y el Municipio no controla: 0

Este juego tiene la siguiente representación normal:

	Controla	No Controla
Acata	$d(t_1)\alpha_1 + d(costo_0)$ $-costo_{control}$	$d(t_1)\alpha_1 + d(costo_0)$ 0
No Acata	$d(t_1)\alpha_0 + d(costo_1)$ $multa - costo_{control}$	$d(t_1)\alpha_0 + d(costo_0)$ 0

Un análisis de mejor respuesta permite ver si los incentivos del pico y placa conducen a dejar de usar el carro. Por el lado del Municipio, si el conductor acata la medida, entonces su mejor respuesta es no controlar, ya que si controla solo incurre en costo porque no hay multa que cobrar, mientras que si no controla su beneficio es 0. En cambio, si el conductor no acata el pico y placa, entonces la mejor respuesta del Municipio es controlar ya que entonces cobra una multa y obtiene un beneficio positivo. Mucho más relevante es el análisis por el lado del conductor. Si el Municipio no controla, la mejor respuesta del conductor es no acatar, ya que acate o no acate su desutilidad por costo es $d(costo_0)$, mientras que si no acata su desutilidad por tiempo disminuye a $d(t_1)\alpha_0$ porque su confort/seguridad no se ve afectado. Esto implica que el éxito de un sistema que busque reducir la circulación vehicular privada necesariamente depende de que exista control de cumplimiento por parte de las autoridades. Por lo tanto, el diseñar un sistema de control que permita detectar a los contraventores sin afectar tiempos de desplazamiento es clave para el éxito de estas medidas. Más adelante se verá que la misma conclusión se extrae para el sistema de tarifas de congestión.

Si el Municipio decide controlar, entonces la mejor respuesta del consumidor depende de la relación entre la desutilidad por tiempo y la desutilidad por costo. Si el conductor está acatando y decide pasarse a no acatar, disminuye su desutilidad por tiempo porque usa su carro todo los días y no tiene la penalización por pérdida de confort/seguridad. No obstante, como el Municipio está controlando, si no acata será sancionado y el costo de usar su vehículo sube a $costo_1$, por lo que su desutilidad aumenta. Por lo tanto, pueden darse dos casos:

- Si $|d(t_1)\alpha_0 - d(t_1)\alpha_1| \leq |d(costo_1) - d(costo_0)|$, es decir si la ganancia en términos de desutilidad por tiempo es menor o igual que la pérdida por el incremento de costo por la sanción, entonces el conductor escoge acatar el pico y placa.
- Si $|d(t_1)\alpha_0 - d(t_1)\alpha_1| > |d(costo_1) - d(costo_0)|$, es decir si la ganancia en términos de desutilidad por tiempo es mayor que la pérdida por el incremento de costo por la sanción, entonces el conductor escoge no acatar el pico y placa.

Entonces, dependiendo de qué tan alto sea el peso del confort/seguridad para el conductor, por ejemplo alguien que tiene que llevar en auto a sus hijos a la escuela todos los días, se podrá encontrar un conductor para quien siempre sea mejor no acatar el pico y placa, independientemente si el Municipio controla o no. Esto implica que esta interacción tendría un equilibrio de Nash puro⁸

⁸ Un equilibrio de Nash es el perfil (combinación) de estrategias, donde la estrategia de cada jugador es una mejor respuesta a las acciones de los demás jugadores. Un equilibrio puro implica que los jugadores usan

donde el conductor nunca acata el pico y placa y el Municipio controla siempre. Esto se debe a que el cumplir o no con el pico y placa no solo afecta al conductor por el lado del costo, sino también por su confort/seguridad. El pico y placa no deja alternativa para aquellos conductores que tienen un nivel de confort/seguridad muy alto lo que les incentiva a no cumplir con la medida. Cabe acotar que en el corto plazo la medida tendrá éxito para disminuir la circulación vehicular, ya que los incentivos económicos presionan a las personas en el mediano plazo a buscar mecanismos que permitan evadir la medida.

En el caso donde $|d(t_1)\alpha_0 - d(t_1)\alpha_1| \leq |d(\text{costo}_0) - d(\text{costo}_1)|$ y la persona escoge acatar el pico y placa no existe un equilibrio de Nash puro. Intuitivamente esto se debe a que si bien es necesario que exista control para inducir al conductor a cumplir con la restricción, no es necesario que este control sea permanente como está planteado en la versión pura de este juego. Existe un equilibrio de Nash mixto donde el Municipio controla con una probabilidad $p = \frac{d(t_1)\alpha_0 - d(t_1)\alpha_1}{d(\text{costo}_0) - d(\text{costo}_1)}$. Esto implica que la frecuencia con

que el Municipio aplique controles depende de que tan alto sea el incentivo $|d(t_1)\alpha_0 - d(t_1)\alpha_1|$ de no acatar. Mientras más alto sea incentivo (mayor preferencia por usar el carro y no acatar determinada principalmente por el factor confort/seguridad) el Municipio debe incrementar la frecuencia de los controles, y deberá hacerlo con más intensidad conforme pasa el tiempo, ya que los incentivos económicos analizados inducirán a las personas a ver formas de no cumplir con el pico y placa. Otra alternativa sería

estrategias puras, sin probabilidades. Un equilibrio mixto implica que los jugadores usan cada estrategia con una probabilidad de uso definida.

incrementar el valor de las multas, pero esta estrategia tiene un límite en función del descontento popular que se genera.

b. Pico y Placa (n conductores y el Municipio)

Con el fin de plantear un caso un poco más real, se considera el caso de n conductores que deciden entre acatar o no el pico y placa. Se asume que si $k < n$ conductores deciden acatar la medida se consigue el tiempo meta del pico y placa $t_1 < t_0$. Este juego no tiene una representación simple como el anterior por el hecho de contar con $n+1$ jugadores. No obstante, bajo el supuesto que todos los conductores son idénticos se puede demostrar que si $|d(t_1)\alpha_0 - d(t_1)\alpha_1| \leq |d(cost_1) - d(cost_0)|$ (incentivo para acatar) no existe un equilibrio de Nash puro; y si $|d(t_1)\alpha_0 - d(t_1)\alpha_1| > |d(cost_1) - d(cost_0)|$ (incentivo para no acatar) existe un equilibrio de Nash puro donde los n conductores no acatan el pico y placa y el Municipio controla. Otra vez, esto se debe a que el pico y placa es una medida que no solo afecta el costo de manejar a través de la sanción, sino que obliga a un cambio de medio de transporte que afecta las preferencias de confort/seguridad. Es ilustrativo analizar un caso en particular, cuando k conductores acatan el pico y placa, $n-k$ no acatan el pico y placa y el Municipio controla. Con estas condiciones se obtiene $t_1 < t_0$. Otra vez es plausible asumir que si un conductor decide pasar de acatar a no acatar el tiempo de desplazamiento se mantiene en t_1 . Hay que considerar dos casos:

- Si $|d(t_1)\alpha_0 - d(t_1)\alpha_1| \leq |d(cost_1) - d(cost_0)|$ entonces una persona que estaba acatando no tiene incentivo para dejar de acatar. No obstante, una persona que

no estaba acatando tiene incentivo para acatar, por lo que no existe equilibrio de Nash.

- Si $|d(t_1)\alpha_0 - d(t_1)\alpha_1| > |d(costo_1) - d(costo_0)|$ entonces una persona que estaba acatando tiene incentivo para dejar de acatar, por lo que no existe equilibrio de Nash. En cambio una persona de no estaba acatando no tiene incentivo para acatar.

Liberando el supuesto que todas los conductores son iguales, para un nivel dado de $costo_1$ podría darse un equilibrio donde existiría un número m de conductores para quienes $|d_m(t_1)\alpha_0 - d_m(t_1)\alpha_1| \leq |d_m(costo_1) - d_m(costo_0)|$ por lo que acatarían el pico y placa, $n-m$ conductores para quienes $|d_{n-m}(t_1)\alpha_0 - d_{n-m}(t_1)\alpha_1| > |d_{n-m}(costo_1) - d_{n-m}(costo_0)|$ por lo que no acatarían el pico y placa y el municipio controlaría. El éxito del pico y placa radicaría en fijar $costo_1$ en un nivel tal que $m = k$, el número de conductores que acate sea igual al número mínimo de conductores requerido para que la medida sea un éxito. No obstante, todo depende de que tan altas sean las preferencias por confort/seguridad. Si estas preferencias son muy altas, $costo_1$ deberá ser muy elevado, lo que implica en la práctica muchas implausibles de cobrar y con un costo político muy elevado. Puesto que las preferencias de confort/seguridad es un término relativo en función de comparar la calidad del transporte privado con la calidad del transporte público, si la calidad de este último es baja, como el caso de Quito, esto hará que el factor de preferencia α_1 (acatar el pico y placa y usar el bus) sea muy alto comparado con α_0 (siempre usar el carro), por lo que $costo_1$ deberá a su vez ser alto para incentivar al

cumplimiento del pico y placa. En cualquier otro caso, las condiciones en Quito están dadas para que una medida de pico y placa en Quito induzca a los conductores a no acatarla en el mediano plazo, ya sea circulando en sus vehículos pese a la prohibición, falsificando placas, o comprando un segundo vehículo o incluso generando un mercado negro de número de placa para garantizar que el nuevo vehículo no tenga el mismo último dígito. Por lo tanto, la medida de pico y placa, si bien cumplirá con el objetivo de reducir el tráfico en el corto plazo, a mediano plazo induce a los conductores a buscar mecanismos que permitan no cumplir con la medida lo que limitaría a futuro la capacidad e la medida de aliviar la congestión vehicular en Quito.

c. Tarifas de Congestión (1 conductor y el Municipio)

Dentro del mismo marco conceptual que se usó para analizar el pico y placa ahora se analiza la implantación de un esquema de tarifas de congestión genérico. Simplemente se considera que para circular en Quito se requiera pagar un costo adicional, ya sea a través de peajes, licencias de pago anual u cualquier otro mecanismo que incremente el costo de usar un automóvil. Por lo tanto dentro de este esquema $costo_0$ se mantiene como el costo de usar el automóvil que existía antes de usar la medida, $costo_1$ es el costo que incluye el peaje o tarifa a pagar, y $costo_2$ es el costo de circular pagando una multa por no acatar la medida. De modo que $costo_0 < costo_1 < costo_2$, por lo que la desutilidad circular pagando multa es mayor que la desutilidad de circular pagando la tarifa, que a su vez es mayor que la desutilidad que existía antes de aplicar la tarifa, o $d(costo_0) > d(costo_1) > d(costo_2)$ (desutilidades se expresan en negativos).

Otra vez se mantiene el supuesto que los demás conductores acatan la medida por lo que se obtiene $t_1 < t_0$ por lo tanto, la desutilidad del conductor por tiempo de desplazamiento disminuiría al aplicar la tarifa de congestión, ya sea vaya en bus o en su carro. Matemáticamente se tiene $d(t_1) > d(t_0)$. Para acatar la medida el conductor ahora tiene dos alternativas. Puede pagar la tarifa y seguir usando su automóvil (acción A_C) en cuyo caso su desutilidad total por tiempo de desplazamiento queda en $d(t_1)\alpha_0$, ya que al seguir usando su auto sus condiciones de confort/seguridad no cambian. O puede dejar su auto y pasarse a bus (acción A_B), donde dadas las malas condiciones del tráfico en Quito su confort/seguridad empeorará y su desutilidad total por tiempo de desplazamiento queda en $d(t_1)\alpha_1$, con $\alpha_1 > \alpha_0$.

De este modo los pagos, en términos de desutilidad, que recibe el conductor son:

- Si acata la restricción dejando su carro y utilizando bus (A_B) y el Municipio controla (C): $d(t_1)\alpha_1 + d(cost_0)$
- Si acata la restricción dejando su carro y utilizando bus (A_B) y el Municipio no controla (NC): $d(t_1)\alpha_1 + d(cost_0)$
- Si acata la restricción pagando la tarifa (A_C) y el Municipio controla: $d(t_1)\alpha_0 + d(cost_1)$
- Si acata la restricción pagando la tarifa y el Municipio no controla: $d(t_1)\alpha_0 + d(cost_1)$

- Si no acata la restricción y el Municipio controla:
 $d(t_1)\alpha_0 + d(costo_2)$
- Si no acata la restricción y el Municipio no controla:
 $d(t_1)\alpha_0 + d(costo_0)$

Para el Municipio los pagos mantienen la misma estructura que en el caso del pico y placa:

- Si el conductor acata la restricción y el Municipio controla:
 $-costo_{control}$
- Si el conductor acata la restricción y el Municipio no controla: 0
- Si el conductor no acata la restricción y el Municipio controla: $multa - costo_{control}$
- Si el conductor no acata la restricción y el Municipio no controla: 0

De este modo, la representación normal de este juego es

	<i>C</i>	<i>NC</i>
<i>A_C</i>	$d(t_1)\alpha_0 + d(costo_1)$ $-costo_{control}$	$d(t_1)\alpha_0 + d(costo_1)$ 0
<i>A_B</i>	$d(t_1)\alpha_1 + d(costo_0)$ $-costo_{control}$	$d(t_1)\alpha_1 + d(costo_0)$ 0
<i>NA</i>	$d(t_1)\alpha_0 + d(costo_2)$ $multa - costo_{control}$	$d(t_1)\alpha_0 + d(costo_0)$ 0

Otra vez, un análisis de mejor respuesta es una buena alternativa para ver si los incentivos de la tarifa de congestión conducen a dejar de

usar el carro. Por el lado del Municipio, si el conductor acata la medida, independientemente si lo hace pagando la tarifa o pasando a usar un bus, entonces su mejor respuesta es no controlar, ya que si controla solo incurre en costos porque no hay multa que cobrar, mientras que si no controla su beneficio es 0. En cambio, si el conductor no paga la tarifa de congestión y continua usando su vehículo, entonces la mejor respuesta del Municipio es controlar ya que entonces cobra una multa y obtiene un beneficio positivo. Por el lado del conductor este análisis es más informativo. Si el Municipio no controla, la mejor respuesta del conductor es no acatar, ya que si acata pagando la tarifa su desutilidad por costo aumente a $d(\text{costo}_1)$ y si acata usando bus su desutilidad por tiempo aumenta a $d(t_1)\alpha_1$, mientras que si no acata su desutilidad es $d(t_1)\alpha_0 + d(\text{costo}_0)$ porque su confort/seguridad no se ve afectado y al no haber control nunca será multado. Por lo tanto, se confirma que el éxito de cualquier sistema de restricción vehicular necesariamente depende de que exista control de cumplimiento por parte de las autoridades.

Si el Municipio decide controlar, entonces siempre es preferible acatar pagando la tarifa que no acatar y pagar la multa, ya que en ambos casos su desutilidad por tiempo se mantiene en $d(t_1)\alpha_0$, pero al no acatar su desutilidad por costo se incrementaría de $d(\text{costo}_1)$ a $d(\text{costo}_2)$. Si el conductor escoge acatar pagando o acatar usando bus depende de la relación entre la desutilidad por tiempo de desplazamiento y la desutilidad por costo. Se puede tener las siguientes opciones:

- Si $|d(t_1)\alpha_0 - d(t_1)\alpha_1| \leq |d(\text{costo}_1) - d(\text{costo}_0)|$, es decir si la ganancia en términos de desutilidad por tiempo es menor o igual que la pérdida por el incremento de costo por

pagar la tarifa de congestión, entonces el conductor escoge acatar la medida dejando su auto y usando bus. Este sería el caso de conductores con ingreso relativamente bajo, para quienes el costo de la tarifa implicaría tener que disminuir el uso de su vehículo.

- Si $|d(t_1)\alpha_0 - d(t_1)\alpha_1| > |d(\text{costo}_1) - d(\text{costo}_0)|$, es decir si la ganancia en términos de desutilidad por tiempo es mayor que la pérdida por el incremento de costo por pagar la tarifa de congestión, entonces el conductor escoge acatar la medida pagando la tarifa. Incluso podría darse que $|d(t_1)\alpha_0 - d(t_1)\alpha_1| > |d(\text{costo}_2) - d(\text{costo}_0)|$ de modo que por el tema de confort/seguridad sea indeseable para el conductor usar transporte público. Pero incluso en este caso se tiene que pagar la tarifa es mejor que pagar la multa, ya que $d(t_1)\alpha_0 + d(\text{costo}_1) > d(t_1)\alpha_0 + d(\text{costo}_2)$. Este sería el caso de conductores de alto ingreso, o de personas que por razones de seguridad no pueden dejar de usar sus vehículos privados.

Es importante señalar que a diferencia del pico y placa, el uso de un sistema de tarifas de congestión no puede degenerar en el equilibrio de Nash perverso donde el conductor no acate y el Municipio controle. Esto se debe a que el sistema de tarifas de congestión brinda una opción donde es posible acatar la medida sin afectar las preferencias de confort/seguridad, de modo que si para una persona es muy importante usar su automóvil lo puede hacer. Por lo tanto, el éxito de una tarifa de congestión es fijar la tarifa en un nivel tal que motive a un suficiente número de conductores a dejar su vehículo y usar el transporte público. No obstante, si el transporte público es de baja calidad el valor de esta tarifa deberá ser más alto, lo que implica que el cumplimiento de la meta de reducir el tráfico es a costa de los conductores de ingresos más bajos, lo que genera un problema de

equidad. En las conclusiones se propondrá algunas alternativas para controlar este problema.

Al usar un sistema de tarifas de congestión, no existe un equilibrio de Nash puro. Como en el caso del pico y placa, esto se debe a que si bien es necesario que exista control para inducir al conductor a cumplir con la restricción, no es necesario que este control sea permanente como está planteado en la versión pura de este juego. Existe un equilibrio de Nash mixto donde el Municipio controla con una probabilidad

$$p = \frac{d(\text{costo}_0) - d(\text{costo}_1)}{d(\text{costo}_0) - d(\text{costo}_2)} = \frac{d(t_1)\alpha_0 - d(t_1)\alpha_1}{d(\text{costo}_0) - d(\text{costo}_2)}$$

Que implica que el costo de la tarifa debe contrarrestar las preferencias de confort/seguridad.

d. Tarifas de Congestión (n conductores y el Municipio)

En el caso más real de tener n conductores que deciden entre acatar y no acatar con un sistema de tarifas de congestión (y como acatar), otra vez se tiene que si el Municipio decide no controlar, entonces la mejor respuesta de todos los conductores es no acatar con la medida. En cambio, si el Municipio decide controlar independientemente de cuantos conductores decidan acatar pagando, cuantos decidan acatar usando bus y cuantos decidan no acatar se tendrá tres casos posibles de órdenes de preferencias:

- $D(NA) < D(A_C) < D(A_B)$
- $D(NA) < D(A_B) < D(A_C)$
- $D(A_B) < D(NA) < D(A_C)$

Por lo tanto, no acatar nunca es una mejor opción. Entonces, el éxito de la tarifa de congestión es fijar la tarifa en un nivel tal que se obtenga el número suficiente de conductores para quienes $D(NA) < D(A_C) < D(A_B)$, de modo que dejen de usar sus vehículos y se obtenga la meta de reducir la congestión vehicular. No obstante, esto implicar perjudicar a los conductores de ingresos más bajos.

e. Carriles de Alta Ocupación

Una medida que complementaría ya sea la implementación de un sistema de pico y placa o de un sistema de tarifas de congestión sería el uso de vías de alta ocupación. Este esquema consiste en definir vías (o carriles dentro de una vía) donde solo pueden circular vehículos con más de una persona a bordo. El número mínimo de personas requerido para ocupar estas vías se define en función de los objetivos de reducción de tráfico que se busquen, pero lo más común es dos personas. Para el caso de Quito, dada la disposición geográfica de la ciudad, se podría implementar dos o tres ejes longitudinales de alta ocupación que atravesen la mayor parte del hipercentro de la ciudad⁹, o se podría implementar esta restricción en uno de los carriles de vías rápidas (Av. Occidental, Av. Simón Bolívar) o en pasos estratégicos (túneles de la Av. Occidental, túnel Guayasamín). Esta investigación se enfoca en analizar los incentivos hacia el cumplimiento de esta medida. Por simplicidad, sólo se analizará el caso donde un conductor decide acatar o no acatar y los demás conductores siempre acatarán la medida.

Dentro del mismo marco conceptual utilizado en las secciones anteriores, se analiza la implantación de vías de alta ocupación en la ciudad. Se asume que se seleccionó vías críticas, donde el hecho que

⁹ Una alternativa que podría ser evaluada por expertos de flujo de transporte serían las avenidas 10 de agosto (Guayaquil en el Centro y Pedro Vicente Maldonado en el sur) y 6 de diciembre.

reducir el número de vehículos que las utilizan (al obligar que se necesiten dos o más personas por vehículo) permite disminuir el tiempo de circulación promedio de los autos que las use. Se mantiene el supuesto que si alguien no acata la medida será sancionado con una multa. Por lo tanto, dentro de este esquema $costo_0$ se mantiene como el costo de usar el automóvil que existía antes de usar la medida, y $costo_1$ es el costo de circular pagando una multa por no acatar la medida. De modo que $costo_0 < costo_1$, por lo que la desutilidad por circular pagando multa es mayor que la desutilidad que existía antes de aplicar la tarifa, o $d(costo_0) > d(costo_1)$ (desutilidades se expresan en negativos). Si bien es común que en estos casos varios conductores se turnen para hacer de choferes un día a la semana y rotar entre ellos, lo que contribuye a disminuir los costos de utilizar un automóvil, en este caso se asumirá que una sola persona será siempre el conductor, por lo que el costo sólo cambia por la multa.

Manteniendo el supuesto que los demás conductores acatan la medida, se obtiene $t_1 < t_0$ si el conductor usa las vías de alta ocupación. Matemáticamente se tiene $d(t_1) > d(t_0)$. Para acatar la medida el conductor tiene dos alternativas. Puede seguir usando su automóvil llevando 2 o más personas de modo que usa las vías de alta ocupación (acción A_{usa}) en cuyo caso su desutilidad total por tiempo de desplazamiento queda en $d(t_1)\alpha_0$. Puesto que el conductor decide con quienes quiere compartir su vehículo, es razonable suponer que su nivel de confort/seguridad no cambia. O puede seguir usando su vehículo y no ocupar las vías de alta ocupación (acción $A_{no\ usa}$). Para simplificar el análisis, sin pérdida de generalidad, se considera que si el conductor decide usar vías

donde no aplica la restricción t_0 se mantiene, por lo que su desutilidad total por tiempo de desplazamiento queda en $d(t_0)\alpha_0$, de modo que $d(t_1)\alpha_0 > d(t_0)\alpha_0$.

De esto modo los pagos, en términos de desutilidad, que recibe el conductor son:

- Si acata la restricción utilizando las vías de alta ocupación (acción A_{usa}) y el Municipio controla: $d(t_1)\alpha_0 + d(cost_0)$
- Si acata la restricción utilizando las vías de alta ocupación y el Municipio no controla: $d(t_1)\alpha_0 + d(cost_0)$
- Si acata la restricción no utilizando las vías de alta ocupación (acción $A_{no\ usa}$) y el Municipio controla: $d(t_0)\alpha_0 + d(cost_0)$
- Si acata la restricción no utilizando las vías de alta ocupación y el Municipio no controla: $d(t_0)\alpha_0 + d(cost_0)$
- Si no acata la restricción (usa las vías de alta ocupación sólo en el vehículo) y el Municipio controla: $d(t_1)\alpha_0 + d(cost_1)$
- Si no acata la restricción (usa las vías de alta ocupación sólo en el vehículo) y el Municipio no controla: $d(t_1)\alpha_0 + d(cost_0)$

Para el Municipio los pagos mantienen la misma estructura que en los casos anteriores:

- Si el conductor acata la restricción y el Municipio controla:
 $-\text{costo}_{control}$
- Si el conductor acata la restricción y el Municipio no controla: 0
- Si el conductor no acata la restricción y el Municipio controla: $\text{multa} - \text{costo}_{control}$
- Si el conductor no acata la restricción y el Municipio no controla: 0

De este modo, la representación normal de este juego es

	C	NC
A_{usa}	$d(t_1)\alpha_0 + d(\text{costo}_0)$ $-\text{costo}_{control}$	$d(t_1)\alpha_0 + d(\text{costo}_0)$ 0
$A_{no\ usa}$	$d(t_0)\alpha_0 + d(\text{costo}_0)$ $-\text{costo}_{control}$	$d(t_0)\alpha_0 + d(\text{costo}_0)$ 0
NA	$d(t_1)\alpha_0 + d(\text{costo}_1)$ $\text{multa} - \text{costo}_{control}$	$d(t_1)\alpha_0 + d(\text{costo}_0)$ 0

Siguiendo un análisis de mejor respuesta, por el lado del Municipio, si el conductor acata la medida, independientemente de cómo lo haga, entonces su mejor respuesta es no controlar, ya que si controla solo incurre en costos porque no hay multa que cobrar, mientras que si no controla su beneficio es 0. En cambio, si el conductor no acata las condiciones de uso de las vías de alta ocupación, entonces la mejor respuesta del Municipio es controlar ya que entonces cobra una multa y obtiene un beneficio positivo. Por el lado del conductor, si el Municipio no controla, entonces el conductor tiene dos mejores respuestas, le da lo mismo no acatar o acatar cumpliendo los requisitos de uso y usando estas vías, ya que en los dos casos recibe

la misma desutilidad, ya que al ser él quien decide quién se acompaña, sus confort/seguridad no se ve afectado. En cambio, si acata manejando sólo y no usando las vías de alta ocupación, su tiempo de desplazamiento aumenta lo que incrementa su desutilidad total. Esto indica que para aplicar esta medida se requerirá de un nivel menor de control que en los demás casos, ya que existe un incentivo natural a cooperar. Siempre será necesario controlar, pero el nivel de control será menor que en otros casos.

Si el Municipio decide controlar, entonces siempre es preferible acatar cumpliendo los requisitos de uso y usando la vía, ya que si acata cambiándose a otras vías el tiempo de desplazamiento aumenta y si no acata será detectado y sancionado. De cualquier modo, su desutilidad será mayor que si acata y usa las vías de alta ocupación. En este caso existe un equilibrio de Nash puro donde los conductores acatan usando las vías de alta cogestión y el Municipio no controla, que es una señal de que esta medida requiere de menos control que las anteriores. No obstante, hay que considerar que las reducciones de tiempo de desplazamiento se dan principalmente en las vías de alta ocupación, mientras que en el resto de vías la congestión puede continuar. Por esta razón esta medida debe ser tomada como un complemento de ya sea el pico y placa o de un sistema de tarifas de congestión, o incluso puede ser una buena opción para implementarse primero hasta evaluar la factibilidad de cualquier otra medida.

5. Conclusiones

En términos de incentivos para usar o no un auto privado, el sistema pico y placa no siempre orienta al conductor a dejar su automóvil ya que, dependiendo de sus preferencias de confort/seguridad, puede darse el caso que siempre sea preferible para la persona no acatar la medida. Esto será más cierto mientras peor sea la calidad del

transporte público o menor sea el control de cumplimiento que ejecuten las autoridades. Más allá de las complejidades matemáticas del modelo, la razón principal para esta posibilidad es que el esquema de pico y placa prohíbe el uso de ciertas vías públicas en ciertos días y horas, pero el incumplimiento de la prohibición implica un costo. Por ello, según sus preferencias, puede haber casos en que el conductor prefiera violar la prohibición y pagar el costo correspondiente. De hacerlo, el objetivo general de reducir la congestión vehicular no se cumple. Cabe señalar que el efecto “perverso” de los incentivos para el pico y placa es un efecto gradual: con el tiempo, probablemente más conductores evaluarán en detalle sus alternativas y buscarán mecanismos para no acatar. Por ello, la medida tendrá probablemente un impacto inicial real en la congestión vehicular, pero hay el riesgo de que este impacto vaya reduciéndose con el tiempo.

En cambio, el sistema de tarifas de congestión, sin importar las preferencias de confort/seguridad, siempre brinda la opción de acatar pagando la tarifa, de modo que siempre se incentiva naturalmente a cumplir con la medida. En este caso el éxito de reducir el tráfico depende fijar la tarifa en un nivel lo suficientemente alto de modo que un número suficiente de conductores deje sus vehículos y se pase a medios alternativos de transporte. Como es un tema de costos, entonces la reducción de la congestión vehicular se da a costa de los conductores de menores ingresos, para quienes el pago de una tarifa adicional representa un mayor porcentaje de su ingreso mensual. Al contrario del pico y placa, los incentivos económicos permiten en el mediano plazo alinear mejor las decisiones individuales con el objetivo global de descongestionar el tráfico. Sin embargo, las condiciones previas de implementación de un esquema de este tipo son posiblemente más complejas que para el pico y placa. Ello sugiere que un esquema de restricción de tarifas de congestión puede verse con una solución preferible a mediano plazo.

Independientemente del sistema que se escoja, es clave que las autoridades implementen mecanismo de control eficiente para garantizar su cumplimiento. En el caso del pico y placa, esto implica encontrar un mecanismo que permita detener a los infractores en las vías y aplicar la sanción sin entorpecer el tráfico vehicular. Si simplemente se procede a detener a cada infractor en la vía y trasladarlo a los patios municipales esto entorpecerá el tráfico, con lo que el tiempo de desplazamiento no mejorará y se incrementarán los incentivos para no acatar la medida. Esto se complica aún más si se considera que no acatar no es solo sacar el carro el día prohibido, si no que se puede llegar hasta la falsificación de placas, lo que entorpecería aun más el control. En el caso de aplicar un sistema de tarifa de congestión, el control implica instalar sistemas automáticos de pago en los puntos donde se quiere cobrar la tarifa, y mecanismos de control como sensores y cámaras para identificar a los infractores. Esto implica mayores costos y tiempos de implementación¹⁰. También es necesario diseñar alguna medida para ejecutar la sanción a quienes no acaten, que puede ser detener a los infractores o cobrar las multas cuando tengan que matricular sus vehículos o realizar algún otro trámite público como se hace actualmente con los infractores de los telepeajes.

Si bien el pico y placa parecería ser más democrático en el sentido que todos, sin importar el ingreso, tendrían que dejar su carro un día a la semana, en la práctica también presenta sesgos contra los conductores de menores ingresos. Esto se debe a que mientras más alto sea el ingreso del conductor más fácil le es simplemente pagar las multas o incluso comprar un segundo automóvil con diferente número de placa, lo que le permitiría seguir conduciendo. Esto implicaría que el pico y placa incentivaría a que el parque automotor crezca todavía más, lo que en la práctica reduciría el impacto de reducir la congestión vehicular. El sistema de tarifas de congestión

¹⁰ Dada la naturaleza de la medida, los costos podrían financiarse con multilaterales.

no incentiva a un mayor crecimiento del parque vehicular, ya que siempre pagar la tarifa será más barato que comprar un nuevo auto por el simple hecho de no cumplir con la restricción vehicular.

En cualquier caso, el minimizar el efecto sobre los consumidores de menores ingresos no pasa por decidir sobre adoptar el pico y placa o adoptar algún sistema de tarifa de congestión, sino por mejorar la calidad del transporte público. Si se contara con un transporte público de excelente calidad, que permita desplazarse con seguridad a cualquier punto de la ciudad a cualquier hora, dada la estructura de incentivos analizada no sería necesario imponer medidas que busquen restringir la circulación vehicular, sino que los conductores naturalmente dejarían de usar sus vehículos, sin importar su ingreso. Hay que señalar que esto también implica mejorar la seguridad de la ciudad en general. Por esta razón, esta es una solución de mediano plazo.

Dado este análisis, teóricamente a priori, sería mejor aplicar a mediano plazo en Quito un esquema de tarifas de congestión que un sistema de pico y placa, ya que naturalmente la tarifa incentiva al cumplimiento de la medida. No obstante, dado que los costos de implementar esta medida son altos y requieren de la instalación de sistemas automatizados de cobro y control, es una solución de mediano plazo (por lo menos un año de trabajos de implementación). Desde esa perspectiva, sería útil mirar al esquema pico y placa como un sistema temporal, que pueda ser reemplazado en el mediano plazo por un esquema de tarifas de congestión. Paralelamente, en el corto plazo se podría evaluar, junto al pico y placa, la implementación del uso de vías de alta ocupación que contribuyan a aliviar el problema en ciertas áreas y que tienen la ventaja de que, en términos de incentivos, económicos, están alineadas las preferencias individuales con el acatamiento de la medida y la descongestión del tráfico.

Adicionalmente, para minimizar el impacto del cobro de tarifas de circulación sobre los conductores de menores ingresos se podrían usar las siguientes alternativas¹¹:

- Incrementar los costos indirectos del uso del automóvil en vez de aplicar de frente un pago adicional. Por ejemplo, se podría regular adecuadamente el uso de las vías como parqueo estableciendo zonas pagadas con tiempos máximos de parqueo, limitando las vías en las que es posible estacionar, construyendo estacionamientos públicos pagados (a precios que reconozca el costo implícito de la congestión) en el hipercentro de la ciudad, y controlando efectivamente que se cumplan las restricciones de parqueo. De este modo, se introduce indirectamente un mayor costo a la circulación vehicular que lleve a disminuir el uso de auto privado y sea una forma de aplicar inmediatamente un esquema de tarifa de congestión. Este esquema se complementa muy bien con el uso de vías de alta ocupación.
- No establecer una tarifa única, sino presentar un menú de alternativas de modo que los conductores puedan comprar el derecho de circular en sus carros de acuerdo a sus preferencias de uso. Habría que fijar una tarifa mínima que garantice cierta disminución vehicular e incrementos que lleven a cumplir la meta de reducción en función de las preferencias de los conductores. También se debería fijar diferentes tarifas en función del lugar donde se quiere circular y la hora, e incluso se podría fijar tarifa incremental en función del número de pasos por un mismo punto al día.

¹¹ Obviamente, la implementación de cualquier medida requiere de un estudio empírico profundo que escapa el alcance de este trabajo. Aquí se presentan posibles alternativas que para ejecutarse deberían estudiarse a mayor detalle.

Esto incentivaría a los conductores a cambiar sus horas de manejo de modo que no estén todos juntos a la vez y a modificar sus rutas.

- Fijar una tarifa incremental en función del número de carros que tenga una persona/familia. Bajo el supuesto que a mayor ingreso se puede tener más vehículos, se podría fijar una tarifa para las personas que solo tienen un vehículo, y fijar incrementos en las tarifas para personas que tengan dos o más autos. De este modo se controlaría que las personas que tienen dos o más vehículos limiten su uso a uno solo con lo que se transfiere el costo de la medida a las personas con ingresos más altos.
- Incrementar el precio de la gasolina a valores reales. El actual subsidio disminuye artificialmente el costo de usar un vehículo privado, por lo que es un incentivo directo al uso del automóvil en Quito. Si la gasolina (no el diesel por su impacto directo en costos de transporte) estuviera en su valor real – por ejemplo con la aplicación de un impuesto ambiental o de congestión – esto disminuiría los incentivos del uso del vehículo. Si bien está sería una forma rápida de aplicar un esquema de tarifas de congestión, se mantendría el sesgo en contra de los automovilistas de ingresos más bajos.
- Otra alternativa es la utilización de un sistema de comercio de derechos o bonos de circulación, dentro del cual los residentes de una ciudad o región recibirían bonos que les dan derecho a una cierta cantidad de viajes por día o kilometraje de circulación por mes. Los usuarios pueden utilizar este crédito para "pagar" por sus viajes durante las horas pico, o alternativamente, viajar por el sistema transporte público y negociar o vender sus derechos a otros

usuarios. No obstante, esto implica el desarrollo de un mercado de derechos de circulación y educar a todos los ciudadanos para que puedan participar en este mercado.

Referencias:

Environmental Defense Fund. Congestion Pricing: A smart solution for reducing traffic in urban centers and busy corridors.
<http://www.edf.org/page.cfm?tagID=6241>.

José M. Viegas (2001). “Making urban road pricing acceptable and effective: searching for quality and equity in urban mobility”. Transport Policy, Vol 8, N° 4, Octubre 2001, pág. 289-294.

Mas-Collel A., Whinston M., Green, J. (2006). “Microeconomic Theory”. Oxford University Press, Nueva York.

Municipio del distrito Metropolitano de Quito (2008). “Plan Maestro de Movilidad 2008-2025”. En
http://www.quito.gov.ec/plan_movilidad/

Secretaría de Movilidad DMQ (2010). “Hacia un nuevo modelo de movilidad en el DMQ”. Empresa Municipal de Movilidad y Obras Públicas. Presentación en PowerPoint.

Secretaría de Movilidad DMQ (2010). “Regulación Vehicular en la Zona Urbana de la Ciudad de Quito”. Empresa Municipal de Movilidad y Obras Públicas. Presentación en PowerPoint.

Thomson, I., y Bull, A. (2002). La congestión del tránsito urbano: Causas y consecuencias económicas y sociales [versión electrónica]. Revista de la CEPAL, 76, 109-120.

Verhoef E., Nijkamp P., Rietveld P. (1997). “Tradeable permits: their potential in the regulation of road transport externalities”. *Environment and Planning B: Planning and Design* 24(4), pág. 527 – 548.

Victoria Transport Policy Institute. “Vehicle Restrictions. Limiting Automobile Travel at Certain Times and Places”. *TDM Encyclopedia*.