

**EVALUACIÓN DE IMPACTO DE LAS CÁMARAS DE
FOTODETECCIÓN EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN**

JULIANA ALVAREZ RESTREPO

**Trabajo de grado presentado para optar al título de Magíster en
Economía**

Asesora: MÓNICA OSPINA LONDOÑO

**UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE ECONOMÍA Y FINANZAS
MEDELLÍN
2014**

CONTENIDO

| | |
|--|------------|
| CONTENIDO | i |
| FIGURAS..... | ii |
| TABLAS | iii |
| RESUMEN..... | 1 |
| INTRODUCCIÓN | 2 |
| 1. REVISIÓN DE LITERATURA | 6 |
| 2. DATOS Y METODOLOGÍA | 9 |
| 3. RESULTADOS..... | 22 |
| 4. CONCLUSIONES | 24 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 25 |
| ANEXOS..... | 28 |

FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Accidentes ocurridos en Medellín entre enero de 2005 y septiembre de 2013..... | 10 |
| Figura 2 Participación por tipo de accidente sobre el total de accidentes ocurridos en Medellín entre 2005-2013*..... | 11 |
| Figura 3. Número de accidentes de tránsito y tasa de accidentes por cada 10.000 vehículos..... | 12 |
| Figura 4. Tasa de lesionados y tasa de muertes por cada 100.000 habitantes | 13 |
| Figura 5 Promedio de colisiones del grupo tratamiento y el grupo control..... | 18 |

?

?

TABLAS

☐

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Número de accidentes de tránsito por clasificación de accidentes de tránsito en Medellín | 10 |
| Tabla 2 Número de puntos de la ciudad en los que se han generado detecciones electrónicas..... | 14 |
| Tabla 3 Promedio anual detecciones electrónicas por punto..... | 14 |
| Tabla 4 Velocidad media corredores viales más importantes de la ciudad año 2012 | 15 |
| Tabla 5 Clasificación de los puntos tratamiento y control de acuerdo a sus características..... | 18 |
| Tabla 6 Cálculo del estimador de diferencias en diferencias | 19 |
| Tabla 7 Diferencia en las medias del número de colisiones de los grupos de tratamiento y control | 20 |
| Tabla 8 Resultados de la regresión | 23 |

☐

☐

RESUMEN

?

?

Con este trabajo se mide el impacto de las cámaras de fotodetección implantadas en el año 2011 en la ciudad de Medellín sobre los accidentes. Para ello se calculó el estimador de Diferencia en Diferencias, comparando 65 puntos en los cuales se generaron multas electrónicas y otros 95 puntos de control donde nunca se ha instalado un radar de detección electrónica. Los resultados indican que la magnitud del efecto es negativa, a pesar de que no se contó con la cantidad información deseada para obtener resultados con mayor contundencia.

?

Palabras clave: Medellín, fotodetección electrónica, colisiones, Diferencia-en-Diferencias, impacto, accidentes.

INTRODUCCIÓN

En el año 2010 hubo 1,24 millones de víctimas mortales en las carreteras del mundo y entre veinte y cincuenta millones de personas más sufrieron traumatismos por accidentes de tránsito en ese mismo año; quedando una parte importante de estas últimas en situación de discapacidad (World Health Organization, 2011). Las cifras anteriores son una clara muestra de la necesidad de definir políticas e implementar estrategias que hagan frente a esta problemática, que puede ser prevenible y que no solamente afecta a las víctimas de las colisiones y a sus familias, sino a los ciudadanos en general que deben asumir los costos de la pérdida de productividad, incremento en las primas de los seguros, desviación de los recursos de la salud, congestión, daños a estructuras físicas, entre otros (Blincoe, Miller, Zaloshnja, & Lawrence, 2014).

Teniendo en cuenta que el 90% de los accidentes se presentan por errores humanos (Bourne & Cook, 1993), en muchas ciudades del mundo se han desarrollado programas para controlar las conductas riesgosas, como exceso de los límites de velocidad y no respetar la luz roja del semáforo. Algunos de estos programas se apoyan en el uso de dispositivos electrónicos con software especializados que capturan las imágenes de los conductores cometiendo una infracción a las normas de tránsito. La existencia de estos dispositivos permite aumentar exponencialmente el control, y por tanto prevenir accidentes, en los puntos de alto tráfico y accidentalidad, a un menor costo.

A pesar de que las tasas de mortalidad en las vías han disminuido en la mayoría de los países pertenecientes a la OECD, en otros, especialmente países de ingreso mediano y bajo, en los que ocurren el 90% de los accidentes (World Health Organization, 2013), la situación es realmente preocupante debido a que la accidentalidad y mortalidad siguen creciendo anualmente. Se estima que los

accidentes de tráfico pasarán de ser la novena causa de muerte principal en mundo a ser la sexta en el año 2020 (Elvik, Hoye, Vaa, & Sorensen, 2009). Es por lo anterior, que países en vías de desarrollo como Colombia se han sumado a los pioneros en la materia como Australia y el Reino Unido (Delaney, Ward, & Cameron, 2005), implementando controles tecnológicos como las cámaras de fotodetección, con el fin de atender esta problemática.

En el año 2011 la ciudad de Medellín comenzó la fase de instalación del “Sistema Inteligente de Movilidad de Medellín – SIMM” que tiene como objetivo mejorar la movilidad de la ciudad gracias a la disminución en los tiempos de viaje y accidentes de tránsito. Lo anterior, como resultado de la instalación de 35 cámaras de fotodetección que rotarían en 70 puntos de la ciudad, 22 paneles de mensajes variables, 80 cámaras de circuito cerrado de televisión, un sistema de semáforos inteligentes y un sistema de gestión de transporte público colectivo (Secretaría de Transportes y Tránsito, 2011).

El propósito de los sistemas de radares o dispositivos de fotodetección han sido altamente cuestionados y debatidos en el mundo (Buckingham, 2003; Tay, 2010). En países como Estados Unidos, Australia y Reino Unido han surgido controversias alrededor de estos programas, ya que son percibidos como mecanismos de recaudo de dinero y no como programas cuya finalidad es la protección de vidas humanas (Delaney et al., 2005; Mountain, Hirst, & Maher, 2004).

La ciudad de Medellín no ha sido ajena a estas controversias (Duque, 2011). El debate se agudiza por el hecho de que para llevar a cabo el Programa SIMM, la Alcaldía de Medellín firmó un acuerdo interadministrativo para la instalación y operación bajo el esquema de concesión con UNE (empresa de telecomunicaciones de la ciudad) y esta a su vez con otras 2 empresas XM y el consorcio ITS. Siendo este último, una sociedad de capital 100% privado. Lo

anterior, implica que del dinero recaudado un porcentaje importante le corresponde a una empresa con fines de lucro.

En Medellín no se han llevado a cabo estudios independientes que identifiquen los efectos de este tipo de proyectos. Es decir, los ciudadanos sólo cuentan con información suministrada por la Secretaría de Movilidad para determinar si esta política ha sido efectiva o no. Por lo general, estas entidades solo relatan las bondades de un proyecto. Por esta razón, este trabajo tiene como objetivo medir los efectos de las cámaras de fotodetección instaladas en Medellín en los niveles de accidentalidad. Lo anterior, con el fin de brindar a la ciudadanía elementos de juicio para determinar si esta política pública ha sido verdaderamente efectiva y si ciertamente los accidentes han disminuido como consecuencia de la instalación de cámaras de fotodetección.

Este tipo de estudios no solamente cumplen con una función informativa sino que son importantes porque le permiten a la administración pública evaluar sus políticas, determinando si sus intervenciones han sido realmente eficaces. Con base en los resultados obtenidos pueden reforzar sus programas si es necesario o ampliar su implementación si la intervención ha sido realmente exitosa.

Para identificar el efecto de las cámaras en los accidentes se utilizará el estimador de Diferencia-en-Diferencias. Con esta metodología se compara el comportamiento de los accidentes a una distancia determinada de los puntos con cámaras de fotodetección con el comportamiento de los accidentes ocurridos a la misma distancia en los puntos denominados control, antes y después de la implantación de los dispositivos. La diferencia entre el grupo tratado y el grupo control es el efecto de las cámaras en la accidentalidad.

Este trabajo está compuesto por cinco secciones. La parte inicial consiste en la revisión de literatura, luego se describen brevemente de los datos y la metodología usada. Se expondrán los resultados y finalmente se presentan las conclusiones del estudio.

1. REVISIÓN DE LITERATURA

Para poder identificar el impacto de las cámaras de fotodetección se requiere conocer la accidentalidad que hubiera ocurrido en el mismo punto de no existir el dispositivo. Como esto no es observable, la única forma de medirlo sin sesgos sería si estas fueran ubicadas aleatoriamente, de modo que la diferencia entre dos sitios sea el que exista un dispositivo o no. Es decir, al realizar un experimento aleatorio tanto el grupo de control como el de tratamiento son idénticos, la única diferencia es que el grupo tratado recibe el tratamiento (Gruber, 2010), y las diferencias entre ambos grupos estarían explicadas por recibirlo o no recibirlo.

Sin embargo, en todos los casos conocidos, la selección de los puntos donde se instalan los dispositivos electrónicos no es realizada de manera aleatoria, sino que se tiene como criterio principal niveles de accidentalidad por encima de la media. Así, la identificación de la causalidad se hace compleja ya que no es posible aislar el efecto de la instalación del dispositivo de otros efectos que también afectan la accidentalidad, obteniendo resultados sesgados y poco confiables (Elvik, 2002; Hauer, 1997).

De acuerdo con Hauer (1997), los factores que pueden causar sesgo en este caso en particular son: sesgo de selección (que se presenta por instalar las cámaras en sitios de alta accidentalidad), efectos temporales que afectan el número de accidentes o víctimas, cambios en los volúmenes de tráfico, y otros eventos introducidos paralelamente a la instalación de las cámaras de fotodetección. Es decir, estos factores son endógenos (correlacionados con el termino del error), y por tanto, el uso de metodologías como Mínimos Cuadrados Ordinarios resultaría en estimadores sesgados.

Es por esto que los estudios que han analizado los efectos de las cámaras de fotodetección usan en su mayoría metodologías no experimentales y cuasiexperimentales (Elvik, 2002). La mayoría de los autores realiza estudios tipo antes-después en los cuales se compara el número de accidentes ocurridos en el área de influencia de los dispositivos electrónicos durante un periodo determinado con la estimación de los accidentes esperados si no se hubiera instalado el equipo (Gains, Nordstrom, Heydecker, & Shrewsbury, 2005).

Para estimar lo anterior, se usan metodologías de inferencia bayesiana que permiten predecir el número de accidentes que hubieran ocurrido mediante el uso de una función de seguridad de desempeño (SPF, por sus siglas en inglés). Así, el efecto la política se determina por la diferencia entre lo que hubiera ocurrido y lo que realmente ocurrió (Elvik, 2002; Hauer, 1997).

Entre los resultados de algunos estudios que han usado el método bayesiano para controlar por sesgo de selección cabe mencionar los siguientes: Elvik (1997) encontró una reducción de un 20% en el número de accidentes, Chen, Meckle, & Wilson (2002) una reducción de 14% en los puntos donde los radares estaban localizados, Mountain et al (2004) disminución de un 26% en accidentes de tránsito por cámaras y Gains et al. (2005) en su reporte identificaron una reducción del 16% en el número de accidentes con heridos.

A pesar de que el estimador de Diferencia-en-Diferencias “es una de las herramientas más populares en investigaciones aplicadas en economía” (Abadie, 2005), este no ha sido muy usado para medir los efectos de ciertas políticas o intervenciones del gobierno en los accidentes de tránsito. Autores como Li, Graham, & Majumdar (2012) miden el impacto del cargo por congestión en los accidentes de tráfico en Londres utilizando esta Metodología.

Adicionalmente, los autores antes mencionados (2013), usan *Propensity Score Matching*, y finalmente Diferencia-en-Diferencias para evaluar el impacto de las cámaras de detección de velocidad en el número de accidentes en el Reino Unido. Construyendo un grupo de control muy similar al grupo de tratamiento, controlando así el sesgo de selección y encontrando una reducción importante en los accidentes hasta 200 metros de los puntos donde están instaladas la cámaras.

Las Metodologías de evaluación de impacto, como la usada por Li *et al.* (2012) en las que un grupo no tratado puede ser usado como grupo de comparación para identificar las variaciones por otros factores diferentes a la exposición al tratamiento (Abadie, 2005) pueden utilizarse para medir el efecto de la implantación de dispositivos de fotodetección en la ciudad de Medellín, al estimar los efectos de la política comparando los niveles de accidentalidad en sitios similares en sus características de tráfico y accidentalidad, y donde la única diferencia es la presencia o no de la cámara de fotodetección.

La ventaja de Diferencia-en-Diferencias con respecto a los métodos bayesianos es que permite comparar dos sitios en un mismo momento del tiempo, lo que evita problemas de no observables en el tiempo. Adicionalmente, para el caso de Medellín esta metodología resulta muy apropiada, ya que hay muy pocas cámaras con respecto a los sitios de alta accidentalidad, y por esta razón, estas han tenido que moverse por diferentes sitios de la ciudad. Así podemos usar la temporalidad de la instalación de las cámaras para identificar el grupo de comparación, en diferentes momentos del tiempo.

2. DATOS Y METODOLOGÍA

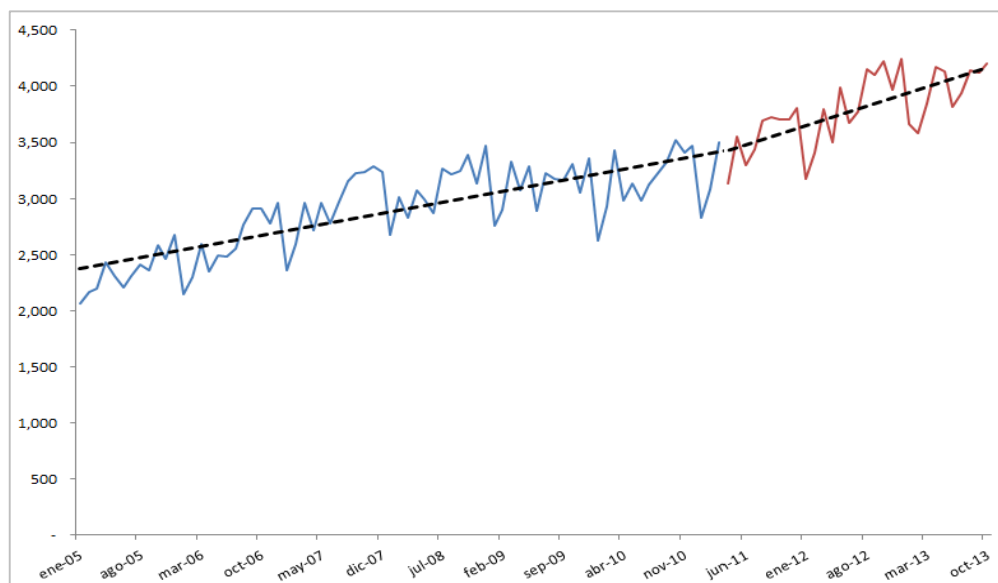
Datos

Para llevar a cabo este trabajo se utilizó la siguiente información suministrada por la Secretaría de Movilidad de Medellín: ubicación de los radares, tamaño del parque automotor activo y en circulación, número de accidentes ocurridos en la ciudad de Medellín (recolectados por agentes y policías de tránsito con su respectiva dirección y coordenadas para georeferenciación), y adicionalmente, de otros estudios realizados para evaluar la movilidad del Valle de Aburrá y Medellín se tomaron los datos de la velocidad media de las vías de la ciudad.

En la Figura 1, se puede observar el comportamiento de los accidentes en Medellín antes y después de abril de 2011, mes en el que entró en operación el primer dispositivo de fotodetección. Los accidentes mensuales tienen una media de 3.158,5 y una desviación estándar de 550,6, y se incrementaron en un 48% entre enero de 2005 y septiembre de 2013, pero al mismo tiempo el parque automotor circulante pasó de 526.150 a 1.181.817 vehículos, duplicándose en siete años.

En la tabla 1 se presentan los accidentes ocurridos entre 2005 y 2013 en Medellín de acuerdo a la clasificación de la Secretaría de Movilidad: colisión, volcamiento, caída ocupante, incendio, atropello y otros. De acuerdo con esta información, las *colisiones* son el tipo de accidente que ocurre con mayor frecuencia, seguido por los atropellos y caída de ocupante. Se observa también, que anualmente se presenta un fuerte incremento en la caída de ocupantes, esto podría estar muy ligado al aumento del uso de motocicletas.

Figura 1. Accidentes ocurridos en Medellín entre enero de 2005 y septiembre de 2013



Fuente: elaboración propia a partir de la información suministrada por la Secretaría de Movilidad de Medellín

No fue posible clasificar los accidentes por nivel gravedad. Es decir, si en el incidente sólo se presentaron daños materiales, si hubo heridos o si se presentaron muertes, debido a que esta información no estaba disponible.

Tabla 1 Número de accidentes de tránsito por clasificación de accidentes de tránsito en Medellín

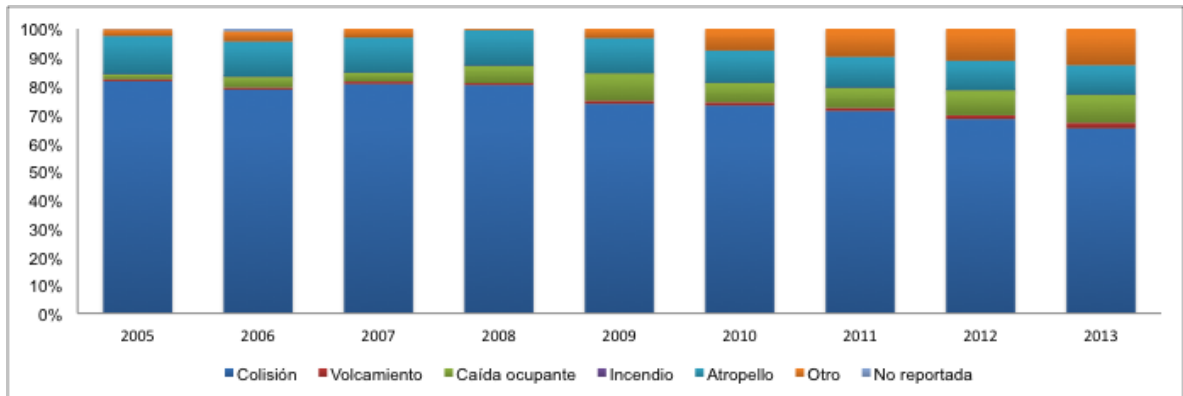
| Tipo de incidente | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Colisión | 22.991 | 24.553 | 28.583 | 29.807 | 27.618 | 27.864 | 29.488 | 31.396 | 27.051 |
| Volcamiento | 187 | 241 | 305 | 258 | 404 | 431 | 449 | 633 | 820 |
| Caída ocupante | 516 | 1.185 | 1.112 | 2.296 | 3.635 | 2.627 | 2.950 | 4.049 | 4.109 |
| Incendio | 3 | 9 | 12 | 9 | 2 | 1 | 6 | 5 | 11 |
| Atropello | 3.759 | 3.846 | 4.356 | 4.620 | 4.619 | 4.315 | 4.478 | 4.739 | 4.296 |
| Otro | 680 | 1.133 | 1.098 | 182 | 1.233 | 2.921 | 4.085 | 5.175 | 5.320 |
| No reportada | 40 | 265 | - | - | - | - | - | - | - |
| Total | 28.176 | 31.232 | 35.466 | 37.172 | 37.511 | 38.159 | 41.456 | 45.997 | 41.607 |

Fuente: elaboración propia

Nota: accidentes ocurridos entre enero 2005 y septiembre 2013, según la clasificación que utiliza la Secretaría de Movilidad de Medellín. Las colisiones se refieren a los accidentes en los cuales un vehículo que se encuentra en movimiento golpea a otro vehículo o a un obstáculo; el volcamiento implica que las llantas del vehículo dejan de estar en contacto con el suelo contra la voluntad del conductor; una caída de ocupante ocurre cuando una persona sale expulsada de un vehículo automotor; atropello se refiere al incidente en el

cual un vehículo golpea o pasa sobre un peatón; incendio se presenta cuando hay fuego en un accidente de tránsito; otro se refiere a los accidentes sobre los que no se tiene información o no se pueden clasificar en ninguna de las categorías anteriores. No reportada son aquellos incidentes sobre los que se presentan errores en la transcripción de la información.

Figura 2 Participación por tipo de accidente sobre el total de accidentes ocurridos en Medellín entre 2005-2013*



Fuente: elaboración propia

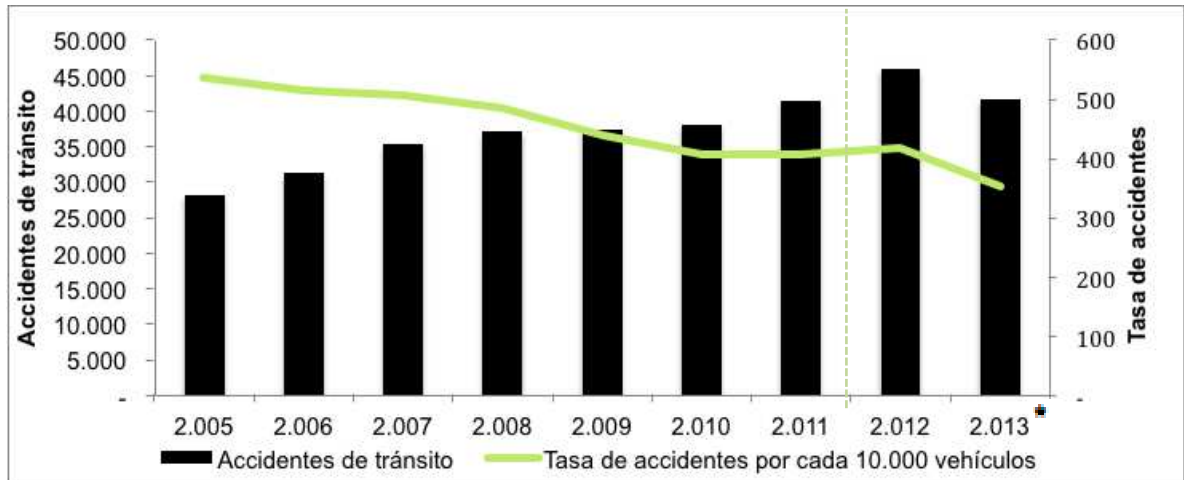
Nota: representación gráfica de la participación por tipo de accidentes sobre el total de los accidentes ocurridos en Medellín entre enero 2005 y *septiembre 2013, según la clasificación que utiliza la Secretaría de Movilidad de Medellín.

La figura 2 describe gráficamente la participación por tipo de accidentes sobre el total de los accidentes ocurridos en Medellín, de acuerdo a la clasificación utilizada por la secretaría de Movilidad. En la gráfica se observa claramente que las colisiones son el tipo de incidente con mayor participación, 78% en promedio. Sin embargo, la caída de ocupante anualmente gana terreno sobre el total de los accidentes igualando a los atropellos. Como se ya se ha mencionado, esta última situación puede ocurrir por el aumento del número de motocicletas que circulan por las vías de la ciudad.

Para comparar el comportamiento de la accidentalidad entre un periodo y otro, la Secretaría de Movilidad de Medellín utiliza la tasa de accidentes en términos del número de vehículos en circulación (internacionalmente la tasa más aceptada es el número de accidentes por kilómetros recorridos, sin embargo la ciudad no cuenta con esta información). En la figura 3 se muestra gráficamente el comportamiento de los accidentes en la ciudad y la tasa de accidentes por cada

10.000 vehículos. En esta gráfica se puede observar que los accidentes en términos absolutos se incrementan anualmente, pero cuando se controla por el tamaño del parque automotor, la tasa de accidentes por cada 10.000 vehículos tiene una tendencia decreciente.

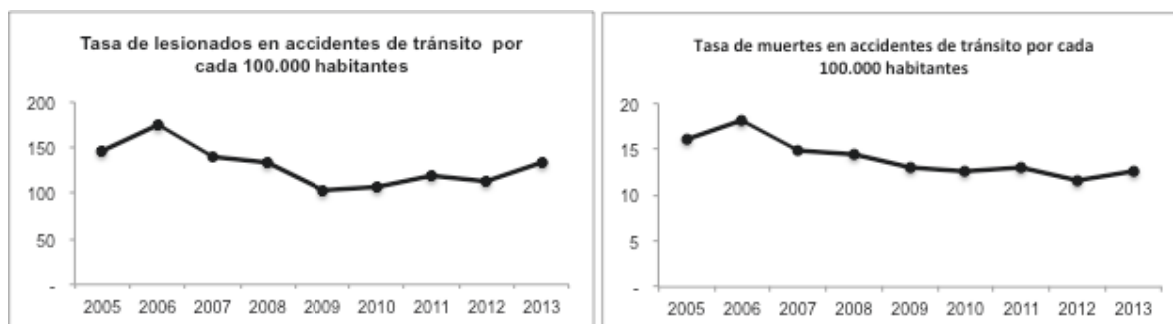
Figura 3. Número de accidentes de tránsito y tasa de accidentes por cada 10.000 vehículos



Fuente: elaboración propia a partir de la información suministrada por la Secretaría de Movilidad de Medellín
Nota: accidentes ocurridos entre enero 2005-*septiembre 2013 y la tasa de accidentes por cada 10.000 vehículos

Al observar el comportamiento de los lesionados y muertes en accidentes de tránsito (datos tomados de la revista Forensis publicada anualmente por el Instituto de Medicina Legal), encontramos que en la ciudad de Medellín las muertes y los lesionados han disminuido también en el periodo comprendido entre 2005 y 2013 (ver figura 3).

Figura 4. Tasa de lesionados y tasa de muertes por cada 100.000 habitantes



Fuente: elaboración propia a partir de información tomada de la revista Forensis

Los dispositivos de fotodetección han sido instalados principalmente en avenidas y vías importantes alrededor de la ciudad, en las cuales la velocidad máxima puede ser de 60 u 80 kilómetros por hora. En Medellín, los radares detectan las siguientes violaciones a las normas de tránsito:

- No detenerse ante una luz roja de semáforo, una señal de "PARE" o un semáforo intermitente en rojo.
- Conducir un vehículo a velocidad superior a la máxima permitida.
- Transitar por sitios restringidos o en horas prohibidas por la autoridad competente. Transitar en vehículos de 3.5 o más toneladas por el carril izquierdo de la vía cuando hubiere más de un carril.
- No respetar el paso de peatones que cruzan una vía en sitio permitido para ellos o no darles la prelación en las franjas para ello establecidas.

En la tabla 2 se observan los puntos desde los que se han generado detecciones electrónicas entre abril de 2011 y agosto de 2014. En algunos meses se presentan más de 35 puntos, esto podría parecer extraño si se tiene en cuenta que la ciudad cuenta sólo con 35 cámaras. Pero lo anterior, indica que un mismo dispositivo pudo estar operando en dos sitios diferentes durante un mismo mes.

Tabla 2 Número de puntos de la ciudad en los que se han generado detecciones electrónicas

| | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Cantidad de Puntos que han generado fotodetecciones | ene-11 | feb-11 | mar-11 | abr-11 | may-11 | jun-11 | jul-11 | ago-11 | sep-11 | oct-11 | nov-11 | dic-11 |
| | 0 | 0 | 0 | 4 | 9 | 14 | 28 | 39 | 37 | 37 | 37 | 35 |
| | ene-12 | feb-12 | mar-12 | abr-12 | may-12 | jun-12 | jul-12 | ago-12 | sep-12 | oct-12 | nov-12 | dic-12 |
| | 36 | 37 | 38 | 42 | 39 | 37 | 37 | 37 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| | ene-13 | feb-13 | mar-13 | abr-13 | may-13 | jun-13 | jul-13 | ago-13 | sep-13 | oct-13 | nov-13 | dic-13 |
| | 39 | 40 | 39 | 36 | 37 | 36 | 36 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 |
| | ene-14 | feb-14 | mar-14 | abr-14 | may-14 | jun-14 | jul-14 | ago-14 | sep-14 | oct-14 | nov-14 | dic-14 |
| | 39 | 39 | 39 | 39 | 42 | 39 | 42 | 41 | - | - | - | - |

Fuente: elaboración propia a partir de la información suministrada por la Secretaría de Movilidad de Medellín

El promedio de detecciones electrónicas por cámara durante los 41 meses de operación de los dispositivos (abril/2011-agosto/2014) ha sido de 928 multas mensuales y la media de lo que va corrido de 2014 es de 720 multas por cámara al mes. Esto podría indicar que algunos ciudadanos han identificado donde se encuentran los equipos y han modificado su conducta para evitar ser multados al pasar por esos puntos. Con base en lo anterior, podría afirmarse que existen indicios de que las cámaras de detección electrónica sí tienen un efecto sobre la accidentalidad.

Tabla 3 Promedio anual detecciones electrónicas por punto

| Periodo | Abr- Dic 2011 | Ene- Dic 2012 | Ene- Dic 2013 | Ene- Ago 2014 |
|---------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Promedio fotodetecciones | 895 | 1.049 | 959 | 714 |

Fuente: elaboración propia a partir de la información suministrada por la Secretaría de Movilidad de Medellín

En la tabla 4 se presenta el promedio de la velocidad de algunas de las vías más importantes de la ciudad, allí se puede apreciar como la velocidad no sobrepasa los 40 km/h ni siquiera en las denominadas vías rápidas que son la autopista norte y la autopista sur.

Tabla 4 Velocidad media corredores viales más importantes de la ciudad año 2012

| Corredor | Velocidad Promedio Km/h |
|----------------------------|-------------------------|
| Cra 43A Av El Poblado- N-S | 26.76 |
| Cra 43A Av El Poblado- S-N | 32.39 |
| Las Vegas N-S | 31.85 |
| Las Vegas S-N | 38.97 |
| Av Guayabal N-S | 30.35 |
| Av Guayabal S-N | 36.82 |
| Autopista Norte N-S | 23.04 |
| Autopista Norte S-N | 32.74 |
| Carrera 80 N-S | 27.18 |
| Carrera 80 S-N | 35.52 |
| Transversal inferior N-S | 32.27 |
| Transversal superior S-N | 34.67 |
| Calle 10 E-O | 31.16 |
| Calle 10 O-E | 31.45 |
| Cra 34 N-S | 27.25 |
| Cra 34 S-N | 31.72 |

Fuente: Desarrollo de una estrategia ambiental Integrada para una movilidad sustentable en El área metropolitana del Valle de Aburrá (Desarrollo de una Estrategia Ambiental, 2013)

Metodología

El estimador de Diferencia-en-Diferencias ha sido ampliamente utilizado desde el año 1978 (Imbens & Lemieux, 2008). Se determinó que era la metodología más pertinente para evaluar el impacto de las cámaras de fotodetección en Medellín debido a que es de fácil implementación, se contaba con datos antes y después de la intervención, y porque el hecho de que exista una cantidad de importante de características no observables y que el tamaño de la muestra no es lo suficientemente grande imposibilitan utilizar metodologías de pareo. Adicionalmente, el estimador de Diferencia-en Diferencias permite atenuar sesgos como el de selección y regresión a la media al utilizar grupos de comparación. De igual manera, previene el sesgo por otros factores que afectan el resultado y fueron contemporáneos a la intervención. Y también se puede prevenir el posible sesgo por efectos temporales y otros eventos que no sean observables (Blasco & Casado, 2009).

El cálculo del estimador se realizó siguiendo una metodología similar a la que usaron Card & Krueger (1994) al estimar los efectos de un aumento en el salario mínimo en el empleo del Estado de New Jersey. Esta metodología consiste en “comparar la diferencia en los resultados antes y después de la intervención para grupos afectados por la intervención y grupos no afectados por la intervención” (Bertrand, Duflo, & Mullainathan, 2004).

Como se mencionó en la primera sección del trabajo, la Secretaría de Movilidad de Medellín cuenta con 35 dispositivos electrónicos que rotan por 70 puntos de la ciudad. Pero para definir el grupo tratado, se tomaron los puntos con mayor continuidad, es decir, que hayan tenido cámaras en operación de manera continua por más de 6 meses. Lo anterior quiere decir que en este trabajo se evaluaron puntos, no cámaras y que se partió del supuesto de que las personas al no conocer en que momento los dispositivos se encuentran en funcionamiento (la parte exterior del dispositivo queda instalada y a la vista de todos) modifican su

comportamiento así en el punto se encuentre la cámara en operación o no.

Con base en el criterio anterior, se eligieron 65 puntos de la ciudad donde están instalados los postes y armazones de las cámaras, en los cuales se han generado detecciones electrónicas por más de 6 meses. En el anexo C, se puede observar como ha sido el funcionamiento de las cámaras desde 2011 hasta agosto de 2014, los puntos negros significan que en cada una de esas localizaciones se generó al menos una fotodetección .

El grupo de control que está conformado por 95 puntos similares a los puntos tratados. Se construyó teniendo en cuenta criterios como el número de carriles, la velocidad máxima, si es intersección, si tiene semáforo y el tipo de vía. Los dos periodos en los cuales se evaluaron los accidentes serán: doce meses anteriores y doce meses posteriores a la instalación de cada equipo. La selección de los puntos que conforman el grupo control se realizó manualmente, con base en el conocimiento de expertos.

En la tabla 5 se clasifican los puntos evaluados de acuerdo a los criterios de selección: número de carriles, velocidad máxima, si el punto es intersección y si tiene semáforo. Las columnas en gris indican las características y las dos últimas columnas de la derecha indican en número de puntos que cumplen con los cuatro criterios de la izquierda.

En la figura 5 se puede observar el promedio de colisiones del grupo tratado y del grupo control durante los 12 meses previos a la implantación de los radares y los doce meses posteriores a la implantación de los mismos.

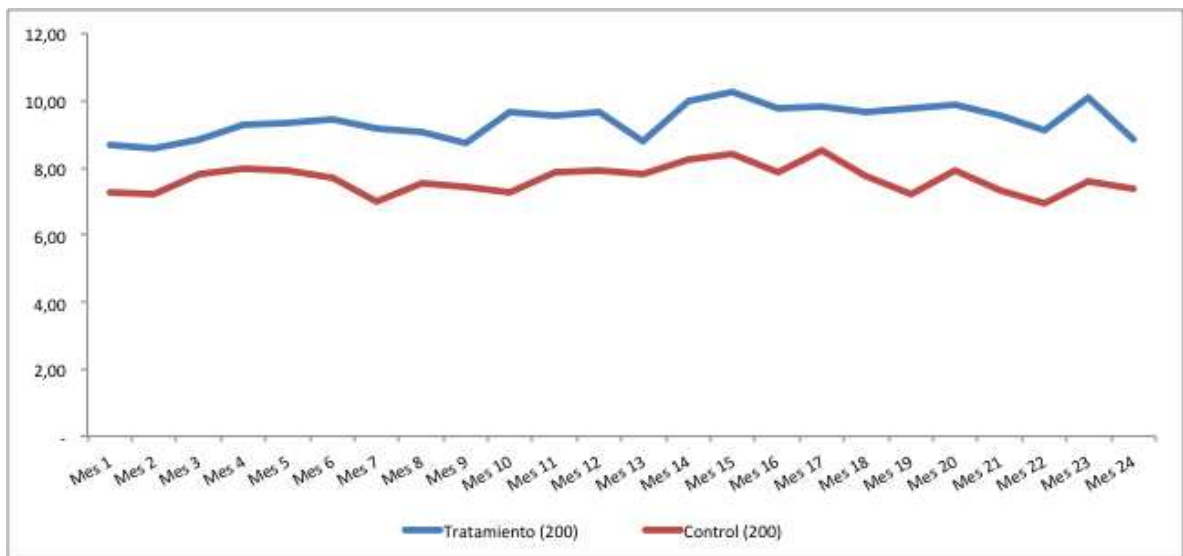
Tabla 5 Clasificación de los puntos tratamiento y control de acuerdo a sus características

| # Carriles | Velocidad | Semáforo | Intersección | Número de puntos tratados | Número de puntos control |
|------------|-----------|----------|--------------|---------------------------|--------------------------|
| 2 | 60 | Si | SI | 22 | 24 |
| 2 | 60 | NO | NO | 2 | 3 |
| 2 | 60 | SI | NO | 2 | 2 |
| 2 | 60 | NO | SI | 0 | 7 |
| 3 | 60 | SI | SI | 17 | 26 |
| 3 | 60 | NO | NO | 3 | 3 |
| 3 | 60 | SI | NO | 1 | 5 |
| 3 | 60 | NO | SI | 0 | 6 |
| 4 | 60 | SI | SI | 7 | 6 |
| 4 | 60 | SI | NO | 0 | 1 |
| 2 | 80 | NO | NO | 4 | 4 |
| 3 | 80 | NO | NO | 7 | 7 |
| 3 | 80 | NO | SI | 0 | 1 |

Fuente: Elaboración propia

Nota: Las cuatro columnas grises indican las características usadas para clasificar los puntos donde se evaluaron los accidentes y las dos columnas de la derecha indican en número de puntos de control y de tratamiento que cumplen con los criterios de las cuatro primeras columnas.

Figura 5 Promedio de colisiones del grupo tratamiento y el grupo control



Fuente: elaboración propia

Nota: promedio de colisiones en un radio de 200 metros del grupo tratado y del grupo control durante los 12 meses previos a la implantación de los radares y los doce meses posteriores a la implantación de los mismos.

Con el fin de delimitar los efectos de cada dispositivo, se calcularon *las colisiones* ocurridas en radios de 100 y 200 metros de los puntos donde se han instalado cámaras de fotodetección (grupo tratado), y de igual manera, se calcularon *las colisiones* ocurridas en radios de 100 y 200 metros metros alrededor de los puntos de control.

Para este estudio solo se tomaron solamente las colisiones debido a que son el tipo de accidente que más ocurre en la ciudad. Adicionalmente, las motocicletas en muchas ocasiones no son alcanzadas por los dispositivos, por esta razón no se tuvo en cuenta la caída de ocupante, debido a que podría decirse que las multas electrónicas tienen un efecto más limitado sobre los motociclistas.

Especificación del Modelo

Una manera muy simple de calcular el estimador de Diferencia-en-Diferencias es tomar las medias del tratamiento y control antes y después de la intervención y luego, calcular las diferencias (Angrist & Pischke, 2008).

Tabla 6 Cálculo del estimador de diferencias en diferencias

| | Tratamiento | Control |
|-------------------|---|-------------|
| T=0 (línea base) | $Y_0 D=1$ | $Y_0 D=0$ |
| T=1 (Seguimiento) | $Y_1 D=1$ | $Y_1 D=0$ |
| | $[(Y_1 D=1)-(Y_0 D=1)] - [(Y_1 D=0)-(Y_0 D=0)]$ | |

Fuente: tomado del libro Guía Práctica para la evaluación de impacto (Bernal & Peña, 2011)

Nota: el estimador de diferencia en diferencias es: la diferencia de los resultados de la diferencia de medias del grupo tratado antes de implementar la política $Y_0 | D=1$ y después de implementada la política $Y_1 | D=1$ y el grupo control antes de implementar la política $Y_0 | D=0$ y después de implementada la política $Y_1 | D=1$

En la tabla 7 se encuentran los resultados del la diferencias del promedio de las colisiones del grupo control y el grupo tratado en radios de 200 y 100 metros. Al observar que el resultado es positivo, se podría intuir que la implantación de los

radars de detección electrónica han incrementado los accidentes. Lo anterior, debido a que la diferencia de la media entre el grupo tratado antes y después de la implantación de la cámara es mayor que la diferencia de la media del grupo control antes y después de la implantación de la cámara. Sin embargo, para no llegar a conclusiones sesgadas se debe incluir otras variables de control que permitan encontrar el verdadero efecto de las cámaras en la accidentalidad.

Tabla 7 Diferencia en las medias del número de colisiones de los grupos de tratamiento y control

| Radio | $[(\bar{Y}_{1 D=1})-(\bar{Y}_{0 D=1})] - [(\bar{Y}_{1 D=0})-(\bar{Y}_{0 D=0})]$ |
|-------|---|
| 200 m | $(113,7-108,27)-(91,7-89,62)=-3,2$ |
| 100 m | $(53,6-52,5)-(35,3-35,3)=1,2$ |

Fuente: elaboración propia

Nota: resultados de la diferencia de medias de las colisiones en radios de 100 y 200 metros del grupo tratado antes de implementar la política $Y_0 | D=1$ y después de implementada la política $Y_1 | D=1$ y el grupo control antes de implementar la política $Y_0 | D=0$ y después de implementada la política $Y_1 | D=1$

Teniendo en cuenta lo anterior, para calcular el estimador de Diferencia-en-Diferencias se usó la siguiente regresión incluyendo otras variables explicativas que no sean afectadas por el tratamiento para que entren directamente al modelo y no queden haciendo parte del término de error (Bernal & Peña, 2011):

$$\text{LnCol} = \beta_0 + \beta_1 \text{AnDe}_i + \beta_2 \text{Diff}_i + \beta_3 \text{Ctreat}_i + \beta_4 \text{VelocidadMedia}_i + \beta_5 \text{Sh}_i + e_i$$

Donde:

- LnCol, logaritmo de las colisiones alrededor de los puntos estudiados es la variable dependiente. Los resultados que se obtienen por cambios en las variables independientes serán en términos de cambios porcentuales.
- AnDe es una variable dummy, indica AnDe = 1 después de la intervención, AnDe = 0 antes de la intervención.
- Ctreat es una variable dummy, indica Ctreat = 1 si es grupo tratamiento, Ctreat = 0 si es grupo control.

- VelocidadMedia es un vector de variables de control, en este caso es la velocidad media en cada punto evaluado
- Sh es otra variable explicativa que se refiere al porcentaje de hombres sobre el total de habitantes del barrio en donde está localizado cada punto evaluado.
- e_i es el término error que contiene los residuales.

B_2 , es el “coeficiente asociado a la interacción” (Bernal & Peña, 2011) de Ctreat y AnDe, el cual es el estimador de Diferencia-en-Diferencias que nos explica el efecto de la intervención. En este caso, explica el efecto de la implantación de cámaras de fotodetección en las colisiones ocurridas en radios de 100 y 200 metros de los puntos evaluados en la ciudad de Medellín.

Para que el estimador encontrado por medio de la regresión sea consistente se debe cumplir que el grupo de control y el grupo tratamiento sigan la misma tendencia a lo largo del tiempo en la ausencia de intervención, esto permite controlar las diferencias que existían antes de la intervención entre el grupo en tratamiento y el grupo de control (Bernal & Peña, 2011).

3. RESULTADOS

2

En esta sección se presentan los resultados de los ejercicios econométricos, que se llevaron a cabo luego de analizar las estadísticas descriptivas y definir la metodología. Se procedió a estimar la regresión definida en la sección anterior con el fin de obtener el coeficiente que determinaría los efectos de las cámaras de fotodetección en los accidentes. No sin antes explicar que esta ecuación se construyó luego de varios intentos por encontrar los resultados que mejor explicaran el fenómeno estudiado.

Para evitar la contaminación del modelo por valores atípicos, la ecuación:

$$\text{LnCol} = \beta_0 + \beta_1 \text{Ande}_i + \beta_2 \text{Diff}_i + \beta_3 \text{Ctreat}_i + \beta_4 \text{VelocidadMedia}_i + \beta_5 \text{Sh}_i + e_i$$

se estimó usando una regresión robusta y los resultados obtenidos se muestran en la tabla 8. La primera columna indica a que variable independiente se está evaluando y los resultados de las 2 columnas de la derecha indican su coeficiente y los estadísticos t entre paréntesis, para el logaritmo de las colisiones ocurridas a 100 y 200 metros de los puntos evaluados.

Los coeficientes del estimador de Diferencia en Diferencias (Diff) para las colisiones en un radio de 100 y 200 metros fueron -0,101 y -0,05 respectivamente. A pesar de que el nivel de significancia no fue el esperado (t estadístico menor a 0,05), con los resultados obtenidos se puede evidenciar que la implantación de cámaras en las vías de la ciudad sí disminuyen las colisiones. Podría decirse entonces, que ante la instalación de un dispositivo de detección electrónica los accidentes disminuirían un 10,1% en un radio de 200 metros y 5% en un radio de 100 metros.

2

Tabla 8 Resultados de la regresión

| Logaritmo(Colisiones) | 100 m | 200 m |
|---|--------------------|--------------------|
| AnDe (antes o después de la intervención) | 0.055 (0.35) | 0.069 (0.51) |
| Diff (estimador de diferencia) | -0.050 (0.20) | -0.101 (0.45) |
| Ctreat (tratamiento) | 0.293 (1.64) | 0.097 (0.61) |
| VelocidadMedia | -0.028 (3.07)** | -0.041 (4.34)** |
| Sh (% población masculina por barrio) | 3.422 (1.59) | 4.029 (1.33) |
| Constante | 2.530 (2.44) * | 3.678 (2.60)** |
| Observaciones | 304 | 312 |
| R-cuadrado | 0.04 | 0.15 |
| Estadísticos t robustos entre paréntesis * significativo al 5%; ** significativo al 1% | | |

Los resultados obtenidos son consistentes con el comportamiento de las detecciones electrónicas en la ciudad. El hecho de que el promedio de las personas multadas se esté reduciendo quiere decir que estas sí han modificado su comportamiento y las cámaras de fotodetección sí reducen los accidentes a una distancia determinada.

La velocidad media resultó ser una variable muy significativa. La magnitud negativa de sus coeficientes puede estar explicada por el hecho de que esta cada año se ha ido reduciendo, mientras que los niveles de accidentalidad han ido aumentando.

4. CONCLUSIONES

?

?

Al calcular el estimador de Diferencia-en-Diferencias se encontró que el sentido de su coeficiente fue negativo. Lo cual indica que las colisiones sí se han reducido por la implantación de dispositivos de fotodetección. Adicionalmente, a pesar de que el proyecto estudiado tenía características muy particulares (las cámaras en Medellín se instalan en vías con velocidades medias bajas con relación a las velocidades medias de las vías en las que se instalan radares de fotodetección en otros países), la magnitud obtenida (10% y 5%) se encuentra en línea con los resultados encontrados por otros autores en otros estudios. Por lo anterior, se puede concluir que los resultados encontrados son contundentes y que se encontró evidencia suficiente para afirmar que la instalación de las cámaras de fotodetección efectivamente contribuyó con la disminución de los accidentes en Medellín.

Con los hallazgos obtenidos en este trabajo se puede concluir que el sistema inteligente de movilidad de Medellín está cumpliendo con el objetivo de reducir la accidentalidad. Pero surge el interrogante de si el beneficio de esta política supera el costo de desarrollar un proyecto de este tipo, que implica altas inversiones y altos costos de operación.

Para terminar, sería interesante medir el impacto de los dispositivos en la ciudad utilizando metodologías de inferencia bayesiana para comparar resultados. Sin embargo, esto se encuentra fuera del alcance de este trabajo, por tal razón se espera que alguna persona interesada en el tema o que en una futura oportunidad se pueda comparar los hallazgos de ambos trabajos.

?

BIBLIOGRAFÍA

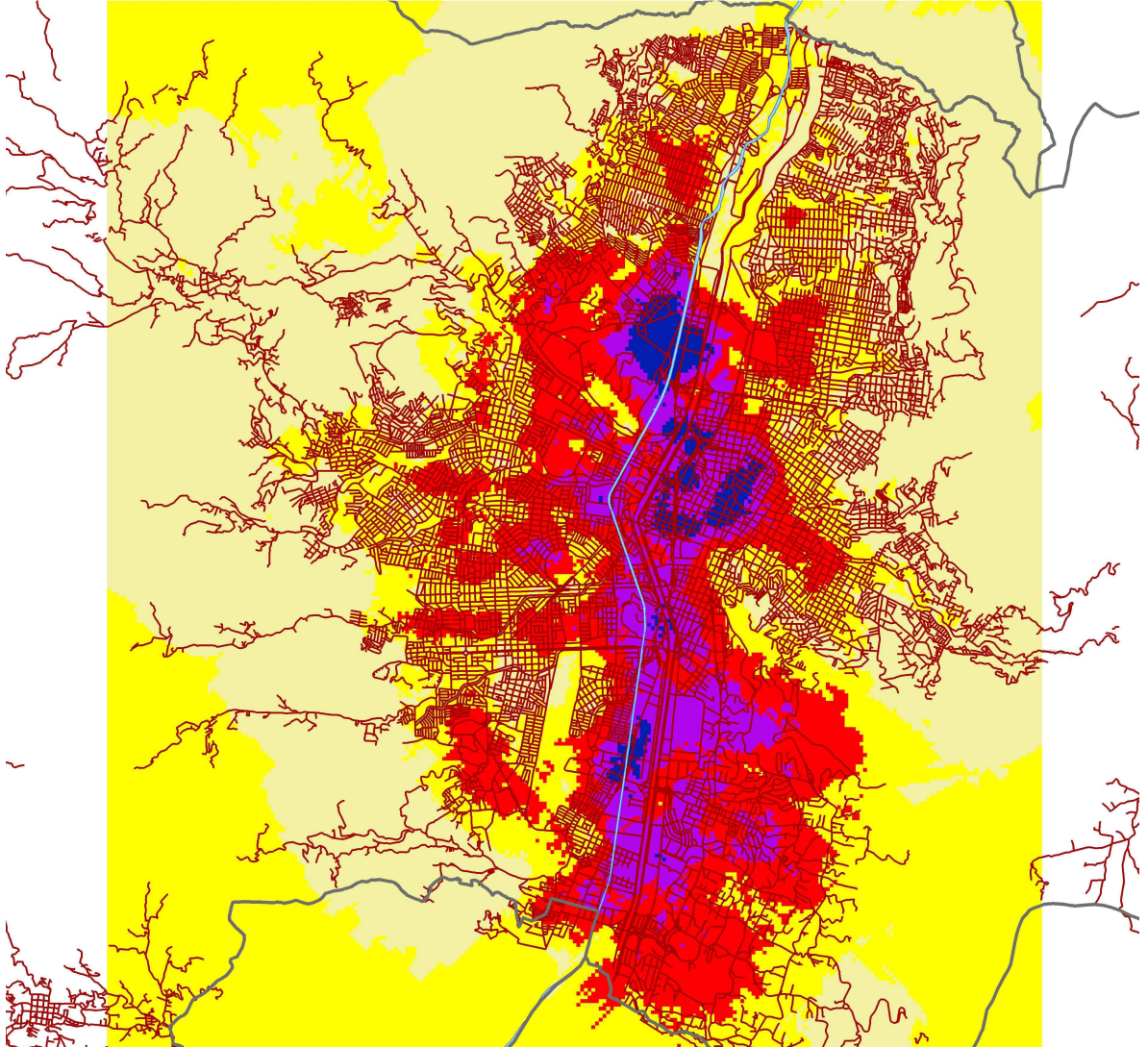
- Abadie, A. (2005). Semiparametric Difference-in-Differences Estimators. *Review of Economic Studies*, 72, 1–19.
- Angrist, J. D., & Pischke, J.-S. (2008). *Mostly Harmless Econometrics: An Empiricist's Companion*.
- Bernal, R., & Peña, X. (2011). *Guía Práctica para la evaluación de impacto*. (1ra ed.). Bogotá: Ediciones Uniandes.
- Bertrand, M., Duflo, E., & Mullainathan, S. (2004). How Much Should We Trust Differences-in-Differences Estimates?. *Quarterly Journal of Economics*, 119(1), 249-275.
- Blasco, J., & Casado, D. (2009). *Guía práctica 5 Evaluación de impacto* (1ra ed.): Ivàlua.
- Blincoe, L. J., Miller, T. R., Zaloshnja, E., & Lawrence, B. A. (2014). The Economic and Societal Impact Of Motor Vehicle Crashes, 2010 (Vol. Report No. DOT HS 812 013). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration
- Bourne, M. G., & Cook, R. (1993). Victoria's Speed Camera Program. *Crime Prevention Studies*, 1, 177-192.
- Buckingham, A. (2003). Speed Traps: Saving Lives or Raising Revenue? *Policy*, 19.
- Card, D., & Krueger, A. B. (1994). Minimum Wages and Employment: A Case Study of the Fast-Food Industry in New Jersey and Pennsylvania. *American Economic Review*, 84, 772–793.
- Chen, G., Meckle, W., & Wilson, J. (2002). Speed and safety effect of photo radar enforcement on a highway corridor in British Columbia. *Accident Analysis & Prevention*, 34(2), 129-138. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575\(01\)00006-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575(01)00006-9)
- Delaney, A., Ward, H., & Cameron, M. (2005). The history and development of speed camera use (Report No. 242 ed.): Monash University Accident Research Centre.
- Desarrollo de una Estrategia Ambiental. (2013). Proyecto: Desarrollo de una estrategia ambiental Integrada para una movilidad sustentable en El área metropolitana del Valle de Aburrá. Washington D.C: Clean Air Institute.
- Duque, J. G. (2011). No son inconstitucionales las fotomultas: Nanclares. *El Colombiano*.
- Elvik, R. (1997). Effects on Accidents of Automatic Speed Enforcement in Norway. *Transportation Research Record*, 14-19.
- Elvik, R. (2002). The importance of confounding in observational before-and-after studies of road safety measures. *Accident Analysis & Prevention*, 34(5), 631-635. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575\(01\)00062-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575(01)00062-8)

- Elvik, R., Høy, A., Vaa, T., & Sørensen, M. (2009). *The handbook of road safety measures* (Second revised edition ed.). Bingley, United Kingdom: Emerald Group Publishing.
- Gains, A., Nordstrom, M., Heydecker, B., & Shrewsbury, J. (2005). The national safety camera programme: Four-year evaluation report London, United Kingdom.
- Gruber, J. (2010). *Public Finance and Public Policy* (Third ed.): Worth Publishers.
- Hauer, E. (1997). *Observational before-after studies in road safety: Estimating the Effect of Highway and Traffic Engineering Measures on Road Safety* Oxford: Pergamon.
- Imbens, G. W., & Lemieux, T. (2008). Regression discontinuity designs: A guide to practice. *Journal of Econometrics*, 142(2), 615-635. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jeconom.2007.05.001>
- Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. (2006). Forensis 2005 datos para la vida.
- Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. (2007). Forensis datos para la vida 2006 (Primera ed.). Bogotá.
- Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. (2008). Forensis 2007 datos para la vida. Bogotá.
- Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. (2009). Forensis 2008 datos para la vida (Primera ed.). Bogotá.
- Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. (2010). Forensis 2009 datos para la vida (Vol. 11). Bogotá.
- Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. (2011). Forensis 2010 datos para la vida (Primera ed.). Bogotá.
- Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. (2012). Forensis 2011 datos para la vida (Primera ed.). Bogotá.
- Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. (2013). Forensis 2012 datos para la vida (Primera ed.). Bogotá.
- Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. (2014). Forensis 2013 datos para la vida (Primera ed.). Bogotá.
- Li, H., Graham, D. J., & Majumdar, A. (2012). The effects of congestion charging on road traffic casualties: A causal analysis using difference-in-difference estimation. *Accident Analysis & Prevention*, 49(0), 366-377. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2012.02.013>
- Li, H., Graham, D. J., & Majumdar, A. (2013). The impacts of speed cameras on road accidents: An application of propensity score matching methods. *Accident Analysis & Prevention*, 60(0), 148-157. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2013.08.003>
- Mountain, L., Hirst, W., & Maher, M. (2004). Costing lives or saving lives: a detailed evaluation of the impact of speed cameras *Traffic Engineering & Control*, 280-287.
- Rosenbaum, P. R., & Rubin, D. B. (1983). The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Causal Effects. *Biometrika*, 70(1), 41-55. doi: 10.2307/2335942

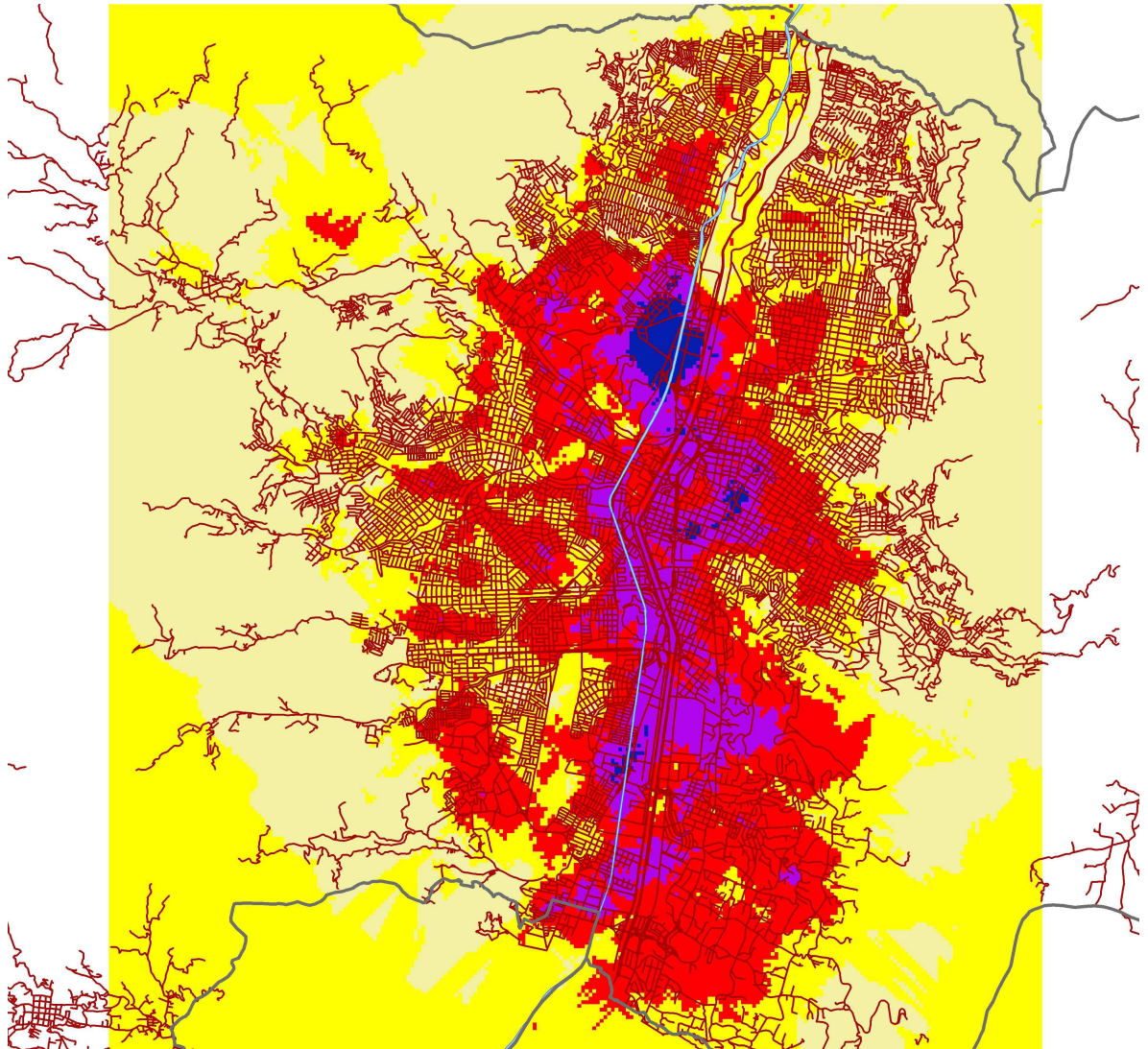
- Secretaría de Transportes y Tránsito. (2011). Medellín la Ciudad de la Movilidad Inteligente. Balance de Gestión. Enero de 2008 - noviembre de 2011 Colombia: Secretaría de Transportes y Tránsito.
- Tay, R. (2010). Speed Cameras: Improving Safety or Raising Revenue? *Journal of Transport Economics and Policy*, 44(2), 247-257. doi: 10.2307/40600025
- World Health Organization. (2011). Global Plan for the Decade of Action for Road Safety 2011-2020. Geneva, Switzerland: World Health Organization.
- World Health Organization. (2013). Global Status Report on Road Safety 2013: Supporting a Decade of Action. Geneva, Switzerland: World Health Organization.

ANEXOS

Anexo A. Accidentes ocurridos en Medellín en el año 2005 Georeferenciados



Anexo B. Accidentes ocurridos en Medellín en el año 2013 Georeferenciados



?

| Dirección | ene-11 | feb-11 | mar-11 | abr-11 | may-11 | jun-11 | jul-11 | ago-11 | sep-11 | oct-11 | nov-11 | dic-11 | ene-12 | feb-12 | mar-12 | abr-12 | may-12 | jun-12 | jul-12 | ago-12 | sep-12 | oct-12 | nov-12 | dic-12 | ene-13 | feb-13 | mar-13 | abr-13 | may-13 | jun-13 | jul-13 | ago-13 | sep-13 | oct-13 | nov-13 | dic-13 | ene-14 | feb-14 | mar-14 | abr-14 | may-14 | jun-14 | jul-14 | ago-14 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Carrera 49 con Calle 17 sur | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 49 con Calle 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 49 con Calle 18 D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 50 con Calle 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 50 con Calle 4 Sur | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 50 con Calle 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 51 con Calle 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 51 con Calle 64 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 52 con Calle 12 A Sur | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 52 con Calle 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 52 con Calle 2 Sur | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 52 con Calle 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 55 con Calle 49 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 62 con Calle 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 62 con Calle 73 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 63 con Calle 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 63 con Calle 94 A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 64 c con Calle 94 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 64 con Calle 101 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 64 con Calle 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 64 con Calle 72 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 64 con Calle 76 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 65 con Calle 104 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 65 con Calle 2 A Sur | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 65 con Calle 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 65 con Calle 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 65 con Calle 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 70 con Calle 47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 70 con Calle 47 D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 76 con Calle 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 80 con Calle 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 80 con Calle 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrera 80 con Carrera 76 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diagonal 74 con Calle 32 F | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

?

?