



FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES Y ECONOMÍA

**Multas progresivas por exceso de velocidad
y su efecto sobre reincidencia**

por
Mariana Leguísamo

Trabajo final de carrera presentado para optar al título de
Maestría en Economía

Director de tesis
Alejandro Cid

Montevideo, Uruguay
Noviembre 2020



UNIVERSIDAD DE MONTEVIDEO
Facultad de Ciencias Empresariales y Economía

Mariana Leguísamo

**MULTAS PROGRESIVAS POR EXCESO DE VELOCIDAD Y SU EFECTO
SOBRE REINCIDENCIA**

Nombre o nombres de director, tutor o asesor:
Alejandro Cid

TFC presentado para aspirar al título de Maestría en Economía

Juicio del Tribunal:

Recomendación para su publicación en el Repositorio de la UM:

.....
.....
.....

Presidente:
(Firma) (Aclaración)

Secretario:
(Firma) (Aclaración)

Vocal:
(Firma) (Aclaración)

Montevideo, de de 2020

Descargo de responsabilidad:

El/Los autor/autores de este trabajo final de carrera declara(n) que es/son el/los único(s) responsable(s) de su contenido, y en particular de las opiniones expresadas en él, las que no necesariamente son compartidas por la Universidad de Montevideo; asimismo, declara(n) que no se infringe ningún derecho de terceros, ya sea de propiedad intelectual, industrial o cualquier otro. En consecuencia, es/son el/los único(s) responsable(s) y de manera exclusiva puede(n) asumir eventuales reclamaciones de terceros (personas físicas o jurídicas) que refieran a la autoría de la obra y a otros aspectos vinculados a ésta, incluido el reclamo por plagio.

Tabla de contenido

1	Introducción.....	6
2	Revisión bibliográfica	9
3	Datos.....	13
4	Metodología.....	17
4.1	Validación del método de identificación RD.....	19
4.1.1	Predetermined Covariates and Placebo Outcomes	19
4.1.2	Density running variable.....	23
5	Resultados.....	28
5.1.1	Reiteraciones luego de la cancelación de la multa	30
5.1.2	Reiteraciones a menor velocidad	31
5.1.3	Reiteraciones en todas las infracciones de tránsito.....	34
6	Robustez	36
6.1.1	Vehículo con año del modelo 2019 y 2020	36
6.1.2	Fuzzy RD	37
7	Conclusiones.....	40
8	Limitaciones	41
9	Anexo 1	43
10	Anexo 2	44
11	Anexo 3	45
12	Anexo 4	46
13	Anexo 5	47
14	Anexo 6	48
15	Anexo 7	49
16	Referencias bibliográficas	50

Resumen

Esta investigación busca responder si una multa de mayor valor económico conlleva a una reducción en la reiteración de infracciones por parte de los conductores. Utilizaremos un cambio de ley que establece gradualidad en las multas por exceso de velocidad en la ciudad de Montevideo, Uruguay, que lleva a que aquellos vehículos que se excedan hasta 20 km/h perciban una multa de 5 unidades reajustables (UR) -1 UR=30 USD-, entre 21 km/h y 30 km/h una multa de 8 UR, y más de 30 km/h una multa de 12 UR. El cambio en la ley comienza a regir el 28 de diciembre de 2018, por consiguiente, el periodo de análisis será del 28 de diciembre 2018 al 28 de noviembre 2019. En el periodo considerado los vehículos sancionados por exceso de velocidad en el departamento de Montevideo ascendieron a 70.993, totalizando 108.903 infracciones. No se encuentra efecto tanto en la estimación principal, como en especificaciones secundarias tales como reiteración posterior a la cancelación, reiteración a una velocidad menor, reiteración en otras infracciones y las especificaciones de robustez, por lo cual no podemos afirmar la existencia de un efecto sobre las reiteraciones futuras de una sanción mayor. Estos resultados son consistentes con la literatura previa que sugiere un efecto limitado de las sanciones por exceso de velocidad. Por último, se realizan algunas sugerencias de mejora en el diseño de la política como es la comunicación inmediata de la infracción cometida y del monto de la multa para que el individuo lo internalice rápidamente y cambie su comportamiento.

Palabras clave: Multas; Tránsito; Infracción; Reiteración; Velocidad

1 Introducción

La Organización Mundial de la Salud en 2017 a través de su informe “Control de Velocidad” señala que la velocidad excesiva o inadecuada es la causa de una de cada tres víctimas de accidentes de tránsito en el mundo. De acuerdo con los estudios, entre el 40% y el 50% de los conductores no respetan los límites de velocidad señalizados (Organización mundial de la Salud 2017)

A mayor velocidad, mayores daños y lesiones más graves, ya que el incremento de la velocidad no solo reduce la capacidad de reacción, sino también la distancia de frenado, así como la visión, a través de la vista se percibe el 80% de la información necesaria para una buena conducción y el conducir a alta velocidad provoca la disminución del campo visual¹. La probabilidad de un peatón de morir en un accidente crece con la velocidad a la que se produce el impacto con un vehículo: a 30 km/h la probabilidad de heridas mortales es del 10% –es decir, que el 90% de los peatones sobrevive al mismo–, mientras que a partir de 60 km/h la probabilidad de fallecimiento es de casi el 100%².

La OMS establece que las medidas de control de la velocidad previenen muertes y traumatismos, y contribuyen a mejorar la salud de las personas y la sostenibilidad de la vida en las ciudades. Dentro de las principales medidas se encuentran: incorporar a la construcción o modificación de las calles y carreteras elementos que pacifiquen el tránsito, como rotondas y badenes; establecer límites de velocidad adecuados a la función de cada tipo de vía; hacer que se respeten los límites de velocidad, tanto por métodos automatizados como mediante controles realizados por agentes; dotar a los vehículos nuevos de innovaciones tecnológicas, como los sistemas inteligentes de adaptación de la velocidad y de frenado de emergencia; sensibilizar sobre los peligros de circular a una velocidad excesiva o inadecuada. En esta investigación nos enfocaremos particularmente en la medida que establece buscar que se respeten los límites de velocidad.

En la ciudad de Montevideo - Uruguay, el 24 de diciembre de 2018, se aprueba la promulgación del Decreto N.º 36.946³ sancionado por la Junta Departamental de Montevideo el 13 de diciembre de 2018. Dicho decreto modifica el Decreto N.º 21.626

¹ Fuente: <https://montevideo.gub.uy/areas-tematicas/educacion-y-formacion/educacion-y-seguridad-vial/la-velocidad-y-los-accidentes-de-transito>

² Fuente: <https://montevideo.gub.uy/noticias/movilidad-y-transporte/se-aprobo-gradualidad-de-multas-por-exceso-de-velocidad>

³ <https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/biblioteca/resolucion604618.pdf>

de fecha 11 de abril de 1984 y sus modificativas⁴, que establecían la multa por exceso de velocidad en un monto de 8 UR. Ante la modificación se fija una escala de valores para las infracciones por exceso de velocidad, según la gravedad del exceso cometido sobre el límite máximo establecido:

Tabla 1 – Escala de valores para las infracciones por exceso de velocidad

Franja	Velocidad Detectada	Multa
1	Hasta 20 km/h por encima de la velocidad permitida	5 UR
2	Entre 21 km/h y 30 km/h por encima de la velocidad permitida	8 UR
3	Más de 30 km/h por encima de la velocidad permitida	12 UR

La resolución detrás de este decreto establece que el objetivo fundamental de tipificar infracciones de tránsito es la disuasión de aquellas conductas que promuevan hábitos transgresores, constituyendo por su parte las sanciones medidas correctivas tendientes a desalentar esa clase de comportamientos. A su vez, entiende que el exceso de velocidad es uno de los problemas que más implicancia representa en materia de tránsito y seguridad vial, en virtud de lo cual resulta apropiado trazar una escala que permita sancionar al infractor según la gravedad del exceso de velocidad cometido, ya que se relaciona directamente con los posibles riesgos e implicancias que se comprometen al contravenir los límites impartidos.

Utilizaremos la gradualidad de multas por exceso de velocidad para buscar responder si una multa de mayor valor económico conlleva a una reducción en la reiteración por parte de los conductores a través de un análisis de regresión discontinua. La reiteración por parte de los conductores se mide a través de un proxy el cual es “las reiteraciones a nivel vehicular”, porque no es posible identificar al conductor sino al vehículo. Aprovecharemos la variación exógena en el monto de la multa introducida por la norma que establece la gradualidad en las multas por exceso de velocidad, la cual hace que los vehículos a un lado y otro del *cut-off* presenten similitudes en la forma de conducción ya que se encontraban conduciendo a velocidades similares, y, sin embargo, reciben un monto de multa diferenciado.

El mecanismo por el cual esperamos observar un cambio en la conducta de los conductores consiste en que cometer la infracción conlleve una notificación de haber incumplido la ley y del monto de la multa. En este caso la notificación proviene del Centro

⁴ Destacamos la modificación realizada en marzo de 1991, donde las multas se establecen en unidades reajustables (UR). Unidad de medida, ajustado mensualmente en función del Índice Medio de Salarios cuantificándose las variaciones en los doce meses anteriores.

de Gestión de Movilidad a través de tres canales: 1) una carta con la infracción enviada al domicilio del conductor en caso de que exista una dirección asociada a la matrícula del vehículo registrada (este registro es voluntario); 2) realizando por iniciativa propia una consulta a través de la página web del Sistema Único de Cobro de Ingresos Vehiculares⁵ (en adelante SUCIVE); y 3) al momento de pagar la patente (pago anual o pago bimensual) en un centro de cobranza, se notifica a la persona si presenta multas, es necesario que la persona realice el pago de las multas para poder pagar la patente del vehículo.

⁵ https://www.sucive.gub.uy/consulta_multas

2 Revisión bibliográfica

Los castigos a las infracciones de tránsito son utilizados normalmente con un fin disuasorio. En los últimos años ha habido estudios que han observado el efecto de aumentar las penas o los controles policiales sobre el comportamiento del conductor. Los resultados que se encuentran son mixtos e, incluso en muchos casos, inconsistentes, eventualmente estableciendo la necesidad futura de seguir investigando en el tema. A su vez, en lo que respecta a experimentos naturales Gehrsitz (2017) afirma que es sorprendentemente pequeño la cantidad de investigaciones enfocadas en este tipo de experimentos en el área de violaciones de reglas de tránsito.

Lawpoolsri, Li, y Braver (2007) -al igual que en nuestra especificación principal- observan la disuasión específica en las infracciones de tránsito por exceso de velocidad a través de la probabilidad que tiene el conductor de volver a recibir una citación luego de haber recibido la primera. Realiza la comparación en primer lugar entre quienes recibieron una citación por exceso de velocidad y quienes no, y en segundo lugar entre tres tipos de penas diferentes: multa y puntos en libreta de conducir, multa solamente, y sin consecuencias legales. Entendiendo que las citaciones por exceso de velocidad son una buena forma de medir el comportamiento de los conductores respecto a la velocidad, la investigación de Lawpoolsri y sus colegas muestra que en el año siguiente a recibir la citación los conductores tienen casi el doble de posibilidad de recibir una citación por exceso de velocidad, respecto a aquellos conductores que no recibieron citaciones. Seguramente este efecto contra intuitivo se explique por el sesgo de selección que hace que el grupo de conductores que comete infracciones nucleee a conductores más proclives a no cumplir las leyes, a tomar riesgos mayores, y a descontar el futuro a una tasa mayor. La citada investigación también encuentra que, al comparar diferentes penas, se observa que el recibir una multa -no una reducción en puntos-, reduce el ratio de reiteración respecto a otras penas mayores. Finalmente, sugieren que aumentar la percepción, por parte de los conductores, del riesgo de ser capturados cometiendo la infracción, podría llevar a un mayor cumplimiento de la ley. Por último, establecen que sus hallazgos sugieren la necesidad de futuras investigaciones que estudien el efecto de diferentes severidades en las penas y la eficacia detrás de esta forma de penalización.

Gehrsitz (2017) estima el efecto de una suspensión temporal de 1 mes en la licencia de conducir -un tipo de sanción diferente a la que establecemos nosotros la cual es una mayor sanción monetaria. La estimación es a través de una regresión discontinua, al igual que

nuestra investigación, ya que en Alemania se establece que quienes cometan más de una infracción por exceso de velocidad severa durante 365 días reciben la suspensión, mientras quienes cometen una infracción sola no. Por lo tanto 365 es un perfecto *cut-off*. Los autores hallan que la probabilidad de reincidencia en un año se reduce en un 20% para aquellos conductores que reciben la sanción mayor (la suspensión de la libreta de conducir).

Killias, Villettaz, y Nunweiler-Hardegger (2016) analizan un incremento del 100% en las multas por exceso de velocidad (50 km/h) en 5 ciudades de Suiza a través de un estudio observacional en múltiples sitios en 1996. Se realizaron mediciones sobre 20.000 vehículos antes y después del incremento a través de variables estandarizadas y de manera no perceptible. Los autores establecen que la reiteración en violaciones por exceso de velocidad no se vio afectada. No obstante, si se excluye del análisis ciudades sin una actividad regulatoria de cumplimiento relevante se observa una reducción del 17%. La investigación afirma que no se puede inferir un efecto causal dado que no hay un área de control; sin embargo, los datos parecen sugerir que mayores multas tienen efecto en cuanto se mantengan los altos niveles de control.

Elvik y Christensen (2007) observan la disuasión de multas ante un aumento de las penas que ocurrió en Noruega entre 1995 y 2004 para diferentes tipos de infracciones, entre ellas exceso de velocidad. Para el caso de exceso de velocidad no se encontraron efectos ante un aumento de la multa. Sin embargo, para los casos cercanos a la ubicación de una cámara que mide velocidad se observa una tendencia a la baja débil y estadísticamente no significativa.

Jou y Chen (2014) estudian el efecto de varios factores sobre el comportamiento respecto a la velocidad de los conductores y estiman la cantidad que están dispuestos a pagar los conductores para exceder la velocidad en Taiwán. Se les aplica un cuestionario que contiene tres partes: características sociodemográficas, características del viaje y comportamiento del conductor, y, por último, escenarios hipotéticos para conocer cuánto está dispuesto a pagar el conductor por cometer exceso de velocidad. Los autores muestran que aumentar las multas por exceso de velocidad es una manera efectiva de hacer que las personas cumplan con la reglamentación. A su vez, factores como el género, la capacidad del motor, el haber cometido infracciones en el pasado y ser una persona más propensa al riesgo son características que afectan el comportamiento en cuanto a velocidad. Por último, establecen que las personas están dispuestas a pagar multas de 115USD aproximadamente (las multas en Taiwán se encuentran en el rango 94-188USD).

Por su parte, Goncalvez y Mello (2017) hicieron un estudio en Florida, Estados Unidos, donde se establecen multas escalonadas, como en nuestro estudio. Cuando el conductor excede la velocidad máxima permitida entre 10 y 14 millas por hora, la multa recibida es aproximadamente 75 dólares mayor a cuando el conductor se excede entre 6 y 9 millas por hora. Sin embargo, más del 30% de las multas son registradas exactamente por el valor de 9 millas por hora, mientras que solo un 3% están registradas con 10 millas por hora, sugiriendo una clara manipulación, no aleatoria, por parte de los oficiales de tránsito. Los autores instrumentan la pena a través de la propensión que tiene el oficial de tránsito a brindar indulgencia (toman el porcentaje de multas de valor exacto de 9 millas por hora, como instrumento de si el conductor recibió un descuento en su multa). La estimación a través de variables instrumentales muestra que el conductor que recibe un descuento en su multa tiene un 25% más de probabilidad de recibir una infracción por exceso de velocidad en el año siguiente respecto a aquel conductor que recibió una multa mayor. Este resultado es más pronunciado en el primer semestre luego de recibir la multa lo que sugiere un efecto de corto plazo sobre el comportamiento del conductor.

Por otro lado, Goldenbeld (2017) estudia el efecto de actividades de control de velocidad durante el periodo 1998-2002 en carreteras rurales de una provincia holandesa. La evaluación fue diseñada como un estudio de antes y después con una condición experimental (control de velocidad) y una condición de comparación (no hay control de velocidad). No es un experimento en su totalidad ya que no se puede afirmar que no haya habido control de velocidad en las zonas cuya condición es comparación. Hubo una caída en la media de velocidad de circulación particularmente en el primer y cuarto año de estudio en ambos grupos. La caída fue mayor en las carreteras donde hubo control de velocidad respecto a aquellas carreteras tomadas para comparar. La caída en el otro grupo, los autores se lo atribuyen a efecto *spillover*.

A su vez, hay investigaciones que estudian otro tipo de infracción de tránsito y su reiteración ante sanciones mayores. Dentro de estas destacamos a Hansen (2015) quien realiza una investigación similar a la presentada aquí, pero con infracciones por conducir bajo el efecto de alcohol. En el estado de Washington a partir de 1999 se establecen dos umbrales (0,8 y 1,5) de concentración de alcohol en sangre a partir del primero se aplica una sanción; en otras palabras, si la persona presenta más de 0,8 es sancionado, pero el segundo umbral establece una infracción agravada y conlleva una sanción mayor. Los autores encuentran que estar a la derecha del primer umbral reduce la reiteración en dos puntos porcentuales y estar a la derecha del segundo umbral reduce la reiteración un punto

porcentual adicional. Ambos resultados sugieren que una sanción adicional es efectiva en cuanto a la reiteración futura de infracciones por manejar con exceso de alcohol en sangre. Por último, la literatura de reiteración en infracciones de tránsito tiene componentes similares a la literatura de crimen. Becker (1968) establece una teoría económica del delito, partiendo del supuesto que los delincuentes son individuos que actúan racionalmente y buscan maximizar su bienestar. El modelo de Becker predice que la sanción tendrá efectos de largo plazo en tanto afecte el grado de las penas futuras y eso lleve a cambiar el *trade-off* de costo-beneficio futuro.

3 Datos

Los datos utilizados en este análisis fueron provistos por SUCIVE (Sistema Único de Cobro de Ingresos Vehiculares) y constituyen una base de datos a nivel de infracción de tránsito emitida, en el departamento de Montevideo, en el periodo enero 2015-noviembre 2019. Se decidió analizar el departamento de Montevideo porque concentra la mitad de población de todo el país y porque presenta a través de las cámaras posicionadas en los semáforos una política de control del exceso de velocidad constante en el tiempo, sensiblemente mayor a la existente en el interior del país que consiste en fiscalizaciones a través de inspectores de tránsito en puntos y momentos específicos.

Para cada infracción, la base de datos incluye su identificador, fecha y hora de ocurrencia, la velocidad a la que circulaba el vehículo e intersección de las calles donde se emitió la multa. Por otra parte, se identificó el código y concepto de la multa⁶, el importe de ésta, así como el estado de cancelación (cancelada o pendiente), y en caso de haber sido cancelada, el tipo de cancelación (a través de redes de cobranza o convenida, lo cual hace referencia a la creación de algún tipo de convenio de financiación) y la fecha de cancelación. En lo que refiere al vehículo que cometió la infracción incluye identificador del vehículo (no de la persona infractora), marca, modelo y año del modelo, tipo de vehículo y sexo de la persona que figura en la Intendencia como titular del vehículo.

En lo que respecta a la velocidad, la base presenta la velocidad de circulación del vehículo al momento de la infracción, sin embargo, no se observa el dato de la velocidad máxima permitida para esa calle, ni por cuanto excede la velocidad máxima permitida, nuestra *running variable*. Calculamos la velocidad máxima permitida observando a los conductores que recibieron infracciones en una misma esquina, y teniendo en cuenta la velocidad de circulación y el tipo de multa recibida. Buscamos establecer una consistencia entre estas dos variables a través de seleccionar las diferentes posibles máximas velocidades de circulación permitidas en Montevideo y seleccionando aquella velocidad máxima permitida que presentara consistencia en el mayor número de infracciones reportadas a conductores. A su vez, la ubicación donde se cometió la infracción -la intersección de las calles- se encuentra codificada. Cada calle es identificada por un número y solo tenemos la codificación (número y nombre de calle) para un total de 29 esquinas de 120 esquinas (24,2%). Por consiguiente, solo pudimos constatar en esos 29 casos que la velocidad máxima permitida calculada, sea

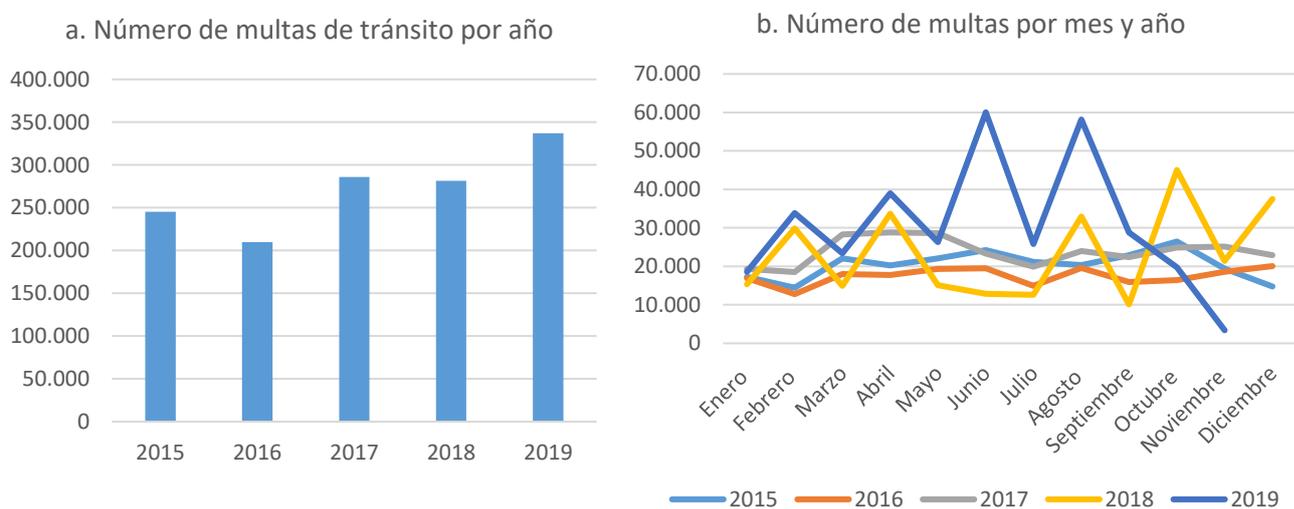
⁶ Ver tabla A1.

efectivamente la correcta. Habiendo calculado la velocidad máxima permitida, procedimos a calcular el exceso de velocidad que cometió el conductor.

Con el objetivo de generar una base de datos a nivel de vehículo se generaron las variables de interés reiteración y número de reiteración, basados en el código vehicular y observando en el periodo de análisis si el vehículo luego de la primera infracción registrada por exceso de velocidad reincide y el número de veces en el que esto ocurre. A su vez, se repite el análisis anterior para las reiteraciones generadas luego de la fecha de cancelación de la primera infracción, así como para las reiteraciones a menor velocidad que la infracción primaria y las reiteraciones de otras infracciones de tránsito.

En el periodo comprendido entre enero 2015 y noviembre 2019 en Montevideo se procesaron un total de 1.359.797 multas de tránsito. Como podemos observar en la figura 1.a, el año que presenta mayor número de multas de tránsito es 2019 (y recordemos que para ese año sólo tenemos datos de los once primeros meses del año). A su vez, existe un aumento en el número de multas en los años 2017, 2018 y 2019 que coincide con la incorporación e incremento de cámaras de fiscalización en los semáforos de tránsito. En lo que refiere al análisis a nivel meses no se observan tendencias similares en los 5 años comprendidos en el análisis.

Figura 1 - Número de multas en Montevideo



En lo que refiere al motivo por el que fue aplicada la multa, principalmente fueron multas por exceso de velocidad (23,2%), seguido por circular con deuda de patente (22,7%) y en tercer lugar estacionar en zonas no permitidas o zonas de carga (9,5%)⁷.

⁷ Ver tabla A2.

En cuanto al monto de las multas aplicadas observamos que el promedio es de 4,2 para aquellas multas expresadas en Unidades Reajustable, que corresponden a un 77,3% del total.

Las 1.359.797 multas procesadas en el periodo enero 2015-noviembre 2019 corresponden a un total de 426.786 vehículos multados. En promedio presenta cada vehículo una cantidad de 2,2 reiteraciones en todo el periodo, con un mínimo de 0 y un máximo de 133. Si nos enfocamos en la distribución del número de reiteraciones podemos observar que un 36,0% no presenta reiteraciones en infracciones de tránsito, mientras que un 23,0% reitera en una oportunidad y un 12,9% en dos oportunidades. Asimismo, un 8,5% reitera en tres oportunidades, un 5,3% en cuatro oportunidades y el restante en 14,3% reitera en al menos cinco oportunidades.

Si caracterizamos los vehículos que cometieron al menos una infracción de tránsito en el periodo de análisis podemos constatar que un 55,2% son automóviles, mientras que un 23,6% corresponde a camionetas y un 16,9% a ciclomotores. A su vez, si observamos el año del modelo del vehículo involucrado, podemos notar que un 54,6% de los involucrados son vehículos cuyo año del modelo es menor a 10 años, mientras que un 16,6% corresponde a vehículos cuyo año del modelo es menor a 5 años. Por último, en lo que refiere al titular del vehículo observamos que 68,6% de los mismos son hombres⁸, siendo el único dato a nivel persona con el que cuenta la base de datos.

A continuación, nos enfocaremos en las infracciones correspondientes a exceso de velocidad. La gradualidad de multas respecto a exceso de velocidad comienza a regir el 28 de diciembre de 2018, por consiguiente, el periodo de análisis será del 28 de diciembre 2018 al 28 de noviembre 2019.

En el periodo considerado los vehículos sancionados por exceso de velocidad en el departamento de Montevideo ascendieron a 70.993, totalizando 108.903 infracciones. Presentamos a continuación los estadísticos descriptivos por franja de multa recibida por el conductor⁹.

⁸ Este dato es calculado sobre el 82,3% del total de los vehículos, para el restante 17,7% no se cuenta con el dato.

⁹ Ver tabla A3, estadísticos descriptivos sin desagregar por límites de velocidad.

Tabla 2 – Estadísticos descriptivos por *cut-off*

	Hasta 20 km/h		Entre 21 km/h y 30 km/h		Más de 30 km/h	
	Media	SD	Media	SD	Media	SD
Velocidad de circulación	70.03	7.90	77.29	8.06	89.92	10.55
Exceso de velocidad	16.82	1.91	23.88	2.59	36.42	6.65
Importe de la multa	5.00	0.04	8.00	0.04	11.98	0.28
Multa cancelada	0.47	0.50	0.43	0.50	0.38	0.48
Tipo de cancelación: convenida	0.06	0.24	0.11	0.32	0.16	0.37
Reiteración	0.25	0.43	0.33	0.47	0.38	0.48
Reiteración luego de la cancelación	0.07	0.25	0.10	0.30	0.11	0.32
Número de reiteraciones	0.45	1.17	0.68	1.58	0.85	1.86
Titular del vehículo es hombre	0.67	0.47	0.71	0.46	0.72	0.45
Multa en horario nocturno	0.24	0.43	0.41	0.49	0.49	0.50
Observaciones	47373		20228		3392	

Fuente: SUCIVE (Sistema Único de Cobro de Ingresos Vehiculares, Uruguay)

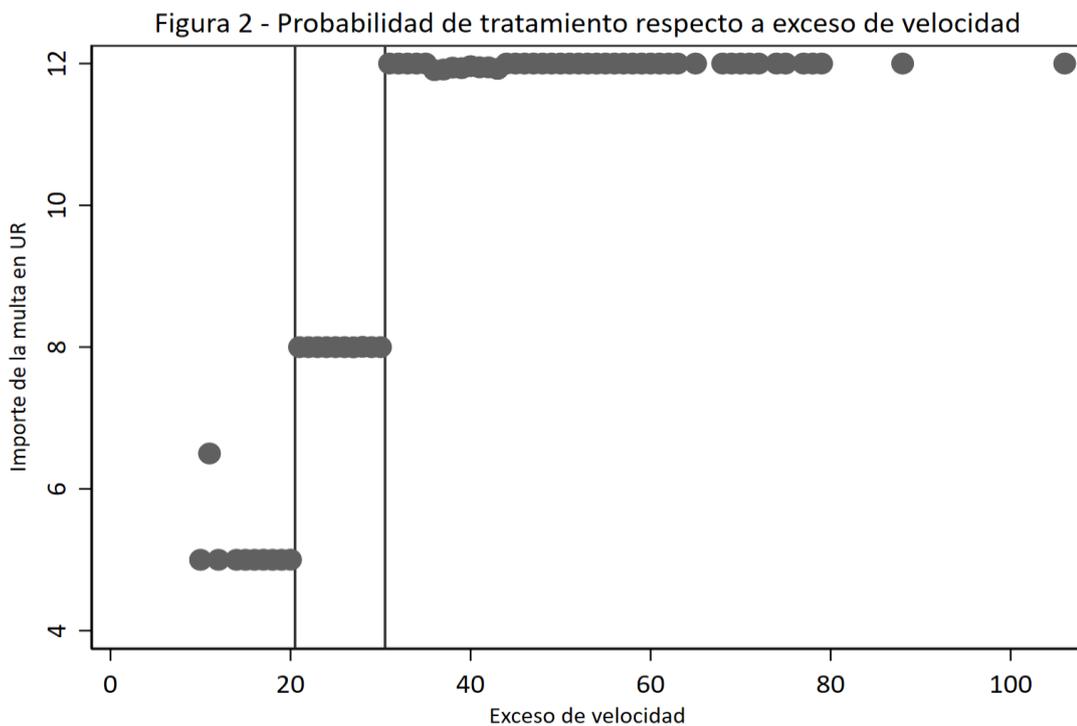
Notas: Estadísticos descriptivos calculados para el periodo comprendido entre el 28 de diciembre de 2018 y el 28 de noviembre de 2019. La unidad de medida del importe de la multa es la Unidad Reajutable (UR). El tipo de cancelación convenida hace referencia a cuando el infractor realiza un convenio con la Intendencia para la financiación del importe a pagar.

4 Metodología

El objetivo de este estudio es, a través de un diseño de regresión discontinua, evaluar el impacto de esta política de castigo gradual al exceso de velocidad, aprovechando la variación exógena en el monto de la multa percibida por los conductores.

Teniendo en cuenta lo anterior, realizaremos el análisis en tres *cut-off* el primero es el correspondiente al corte en 21 km/h, el segundo hace referencia al corte en 31 km/h y el tercero, siguiendo a Cattaneo et al., (2016) comprende ambos *cut-off* 21 km/h y 31 km/h. Dado que los *cut-off* son acumulativos, tomamos el punto medio entre el primer y el segundo *cut-off* como punto de corte. Por lo tanto, todos los valores de la *running variable* menores o iguales a 25km/h se corresponden al primer *cut-off*, mientras que los valores mayores o iguales a 26 km/h se corresponden con el segundo *cut-off*. Luego de realizar dicha separación son normalizados, generando el tercer *cut-off*.

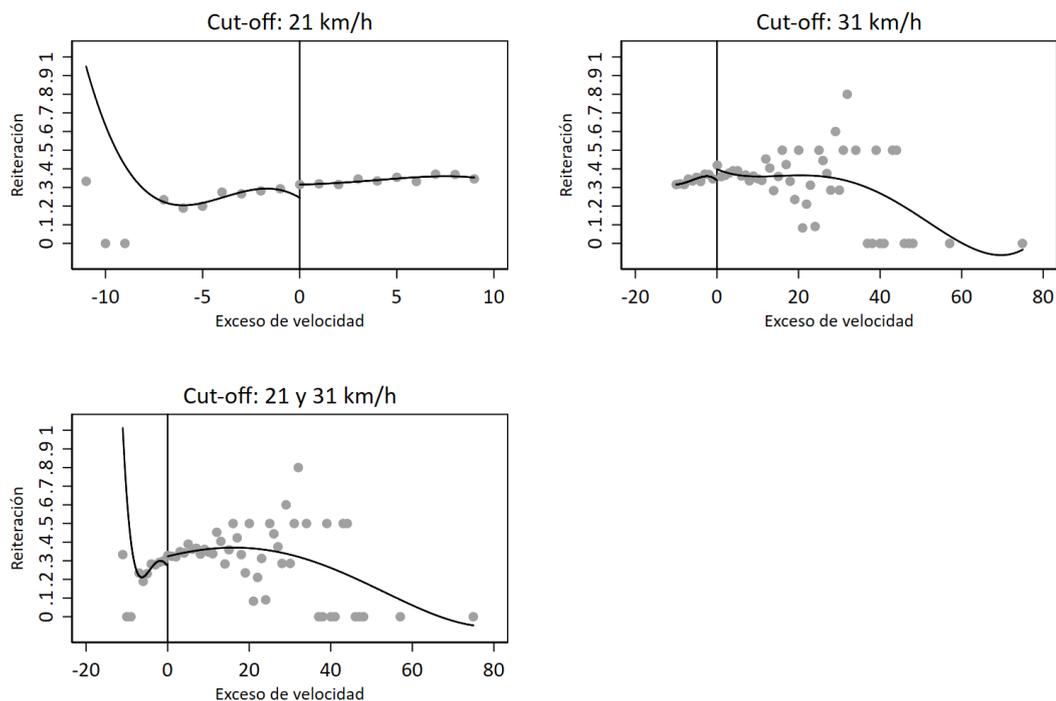
La existencia de una variación exógena nos permite identificar el efecto causal de recibir una multa más severa en la probabilidad de reincidencia. La estrategia de identificación planteada es válida ya que la norma de gradualidad en las multas es aplicada y esto resulta en una discontinuidad en la asignación del tratamiento (monto a pagar por la infracción cometida) como podemos observar en la Figura 2.



Nota: Basado en datos administrativos de SUCIVE, diciembre 2018 - noviembre 2019. En el eje horizontal se muestra la *running variable*, cantidad de kilómetros por los cuales el conductor excedió el máximo de velocidad permitido. A su vez, se calculó el promedio del monto pagado por los conductores para cada valor de la *running variable*. Las dos líneas verticales representan los *cut-off* de 21 km/h y 31 km/h.

Si la regla de la gradualidad se aplicara de manera estricta, todos los conductores a la izquierda del *cut-off* de 21 km/h deberían pagar una multa de 5 UR, mientras que los conductores a la derecha deberían pagar una multa de 8 UR. Por otra parte, todos los conductores a la izquierda del *cut-off* de 31 km/h deberían pagar una multa de 8 UR, en tanto los conductores a la derecha deberían pagar una multa de 12 UR. Esta separación definida entre grupo de tratamiento y grupo de control se da casi de manera perfecta. En la primera franja, 0-20 km/h, la multa promedio es de 5 UR, al igual que la mediana. Observamos que todos los conductores con excepción de cinco (0,0106%) reciben una multa 5 UR. En la segunda franja 21-30 km/h, todos los valores recibieron en promedio una multa de 8 UR, que se corresponde con el valor de su mediana. Constatamos que todos los conductores con excepción de dos (0,0099%) reciben una multa de 8 UR. Por último, en la tercera franja observamos que en promedio presentan una multa de 11,98 UR y una mediana de 12 UR. Todos los conductores con excepción de 17 (0,5012%) presentan una multa de 12 UR.¹⁰

Figura 3 - Reiteración respecto a exceso de velocidad



Nota: Las líneas de regresión son ajustadas con un polinomio de orden 4; la cual es la opción por default del comando `rdplot` desarrollado por Calonico, Cattaneo and Titiunik (2015a).

El resultado principal a analizar, como se mencionó anteriormente, es la reiteración por parte del vehículo como proxy a la reiteración por parte del conductor, en otras palabras,

¹⁰ Ver tabla A4, con el número de conductores por exceso de velocidad e importe de la multa completo.

volver a cometer una infracción por exceso de velocidad¹¹. La figura 3 muestra, de manera preliminar, la fracción de vehículos que reiteran en el periodo analizado respecto al valor por el cual sobrepaso el límite de máxima velocidad permitida. Gráficamente no se observa una discontinuidad en torno al *cut off* para las tres especificaciones; por lo tanto, nada sugiere que los conductores asignados a una multa mayor tienen menor probabilidad de reiterar en el futuro cercano respecto a aquellos que recibieron una multa de menor valor. En un siguiente análisis tomaremos, como resultados de interés: a) el número de reiteraciones, b) si el vehículo comete una reiteración a una velocidad mayor o menor a la primera infracción, y c) si reitera en otro tipo de infracción, como puede ser pasarse una luz roja en un semáforo.

4.1 Validación del método de identificación RD

El método de identificación que estamos utilizando (RD) parte del supuesto de que, en nuestro caso, los conductores cerca del *cut-off* son iguales en términos de características observables. Esto se debe a que ellos no pueden manipular por cuantos kilómetros se pasan del máximo permitido en un entorno cercano alrededor del *cut-off*¹², por lo tanto, se espera que los conductores en ese entorno sean similares. A continuación, presentamos dos análisis de falsificación para probar que se cumple el supuesto.

4.1.1 Predetermined Covariates and Placebo Outcomes

El primer análisis de falsificación se basa en la no existencia de efecto de tratamiento en covariables predeterminadas, así como en resultados placebo. Se espera que, con excepción del monto de multa que reciben, los vehículos de un lado y otro del *cut-off* sean similares en aquellas variables que no son afectadas por el tratamiento. Tomaremos como covariables predeterminadas el sexo del titular del vehículo, si la multa fue realizada en la noche y el año del modelo del vehículo (dos variables dicotómicas, si el año del modelo del vehículo es menor a 5 o a 10 años)¹³. A su vez, tomaremos como resultado placebo si el conductor canceló la multa de tránsito (*cancelada*), tanto si la pago en una red de

¹¹ Reiteración es una variable dicotómica que toma el valor 1 si el vehículo reincide y 0 en caso contrario.

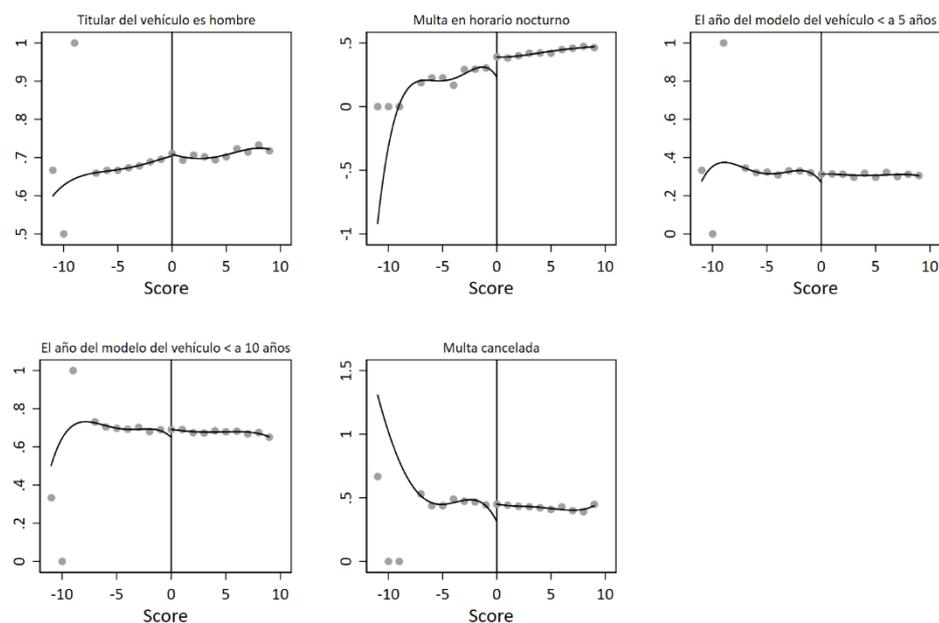
¹² Aunque los individuos controlen la velocidad de circulación y conozcan los valores de los *cut-off*, ya que estos son públicos, consideramos muy difícil que puedan manipular, a modo de ejemplo, entre conducir a 65 km/h o a 66 km/h (ejemplo con 45 km/h de máxima velocidad permitida y tomando en cuenta el *cut-off* de 20 km/h) en el momento exacto en el que se encuentran atravesando un radar de control.

¹³ Se realizaron las estimaciones correspondientes a otros tramos de antigüedad (menor a 9-6 años y menor a 4-2 años) obteniendo resultados similares a los presentados. No muestro los resultados en beneficio de la brevedad, pero se encuentran disponibles para quien los solicite.

cobranza o si realizó un convenio para realizar el pago. El análisis se realiza a través de un enfoque basado en continuidad, que consiste en llevar adelante el mismo análisis que se realiza al resultado de interés -la reiteración por parte de los vehículos que cometieron infracción- a las variables antes mencionadas esperando no encontrar un efecto del tratamiento.

En primer lugar, presentamos el análisis gráfico el cual reporta los *bins* correspondientes a las variables antes mencionadas y su correspondiente línea de regresión ajustada¹⁴. En lo que respecta al análisis correspondiente al *cut-off* de 21 km/h (ver Fig. 4), el mismo no presenta una discontinuidad clara en ninguna de las variables, sin embargo, podemos observar una discontinuidad leve en la variable de si la multa ocurrió de noche y en la variable de si la multa fue cancelada. Por otra parte, el análisis gráfico respecto al *cut-off* de 31 km/h (ver Fig. 5), en el mismo no se observan discontinuidades claras en ninguna de las variables, sin embargo, se observan discontinuidades leves en las variables dicotómica que es igual a 1 si el año del modelo del vehículo es menor a 10 años y la variable que representa si la multa fue cancelada. Por último, presentamos el análisis gráfico correspondiente a ambos *cut-offs*, 21 km/h y 31 km/h, (ver Fig. 6) en el cual se observan discontinuidades leves en el año del modelo del vehículo (menor a 10 años), si la multa ocurrió en la noche y en la cancelación.

Figura 4 - Exceso de velocidad y características predeterminadas
Cut-off: 21 km/h



¹⁴ La opción por default del comando *rdplot*, *mimicking variance* y *evenly-spaced bins*.

Figura 5 - Exceso de velocidad y características predeterminadas
Cut-off: 31 km/h

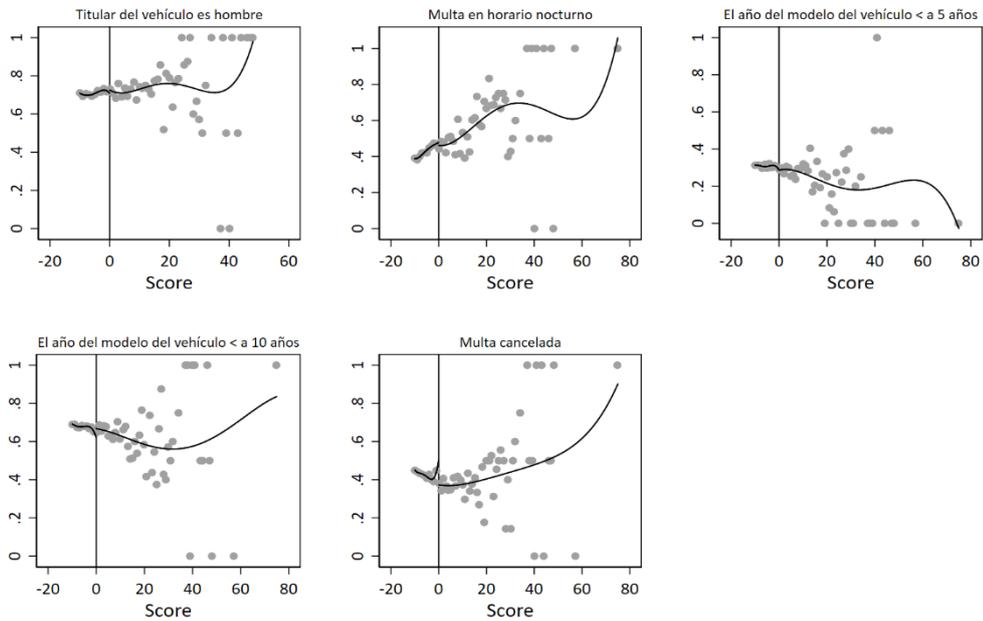
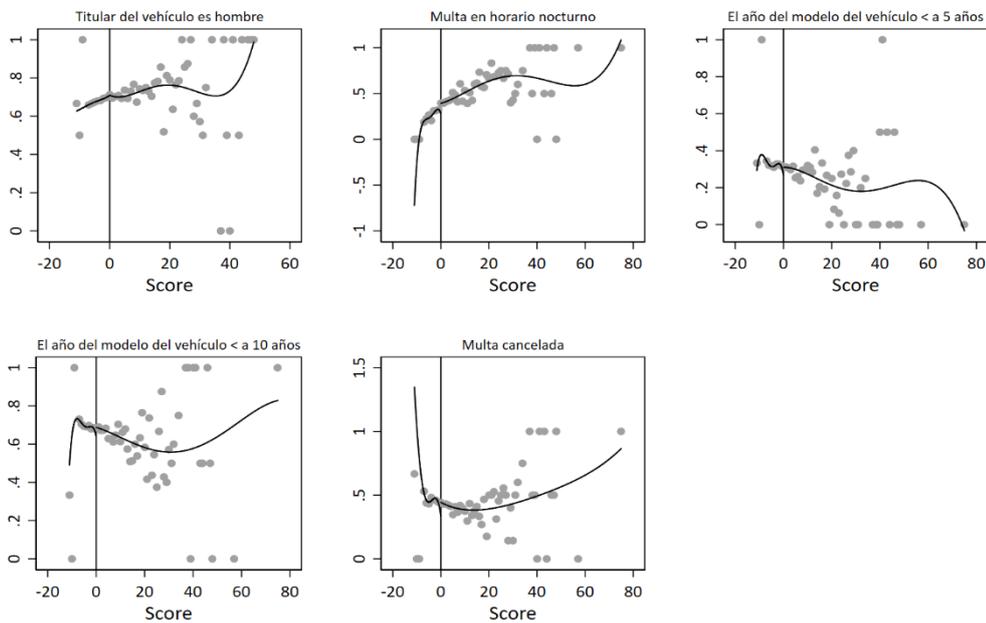


Figura 6 - Exceso de velocidad y características predeterminadas
Cut-off: 21 y 31 km/h



El análisis gráfico presenta leves discontinuidades en algunas variables analizadas, sin embargo, es necesario un análisis estadístico para poder concluir formalmente la existencia o no de discontinuidad en las covariables. A fin de poder implementar dicho análisis es necesario seleccionar un *bandwidth* óptimo para cada covariable, el cual será diferente al utilizado en el análisis principal. Siguiendo a Cattaneo et al., (2020)

utilizaremos el *CER-optimal bandwidth* dado que estamos interesados en la inferencia, testear la hipótesis nula de no existencia de efecto, y no en la estimación puntual. Seleccionar *MSE-optimal bandwidth* no cambia las conclusiones empíricas mencionadas a continuación (ver tabla A5).

Tabla 3 – Análisis formal de continuidad de características predeterminadas

	<i>CER - Optimal bandwidth</i>	Estimador RD	P- value	Intervalo de confianza		# Obs
<i>Cut-off: 21 km/h</i>						
Titular del vehículo es hombre	2.97	0.01	0.78	-0.03	0.04	17535
Multa en horario nocturno	1.14	0.09	0.00	0.05	0.08	12714
El año del modelo del vehículo es menor a 5 años	2.10	0.00	0.71	-0.03	0.05	21662
El año del modelo del vehículo es menor a 10 años	2.47	-0.01	0.64	-0.05	0.03	21662
Multa cancelada	1.74	0.01	0.84	-0.02	0.02	12714
<i>Cut-off: 31 km/h</i>						
Titular del vehículo es hombre	1.95	0.01	0.69	-0.04	0.06	1433
Multa en horario nocturno	2.15	-0.01	0.97	-0.10	0.10	2921
El año del modelo del vehículo es menor a 5 años	2.49	-0.01	0.88	-0.10	0.08	2921
El año del modelo del vehículo es menor a 10 años	2.34	0.02	0.58	-0.07	0.12	2921
Multa cancelada	1.71	-0.07	0.02	-0.11	-0.01	1761
<i>Cut-off: 21 y 31 km/h</i>						
Titular del vehículo es hombre	3.07	0.01	0.66	-0.03	0.04	28958
Multa en horario nocturno	1.99	0.07	0.00	0.05	0.09	14475
El año del modelo del vehículo es menor a 5 años	2.29	0.00	0.79	-0.03	0.04	24583
El año del modelo del vehículo es menor a 10 años	2.90	0.00	0.81	-0.04	0.03	24583
Multa cancelada	2.04	0.01	0.60	-0.03	0.05	24583

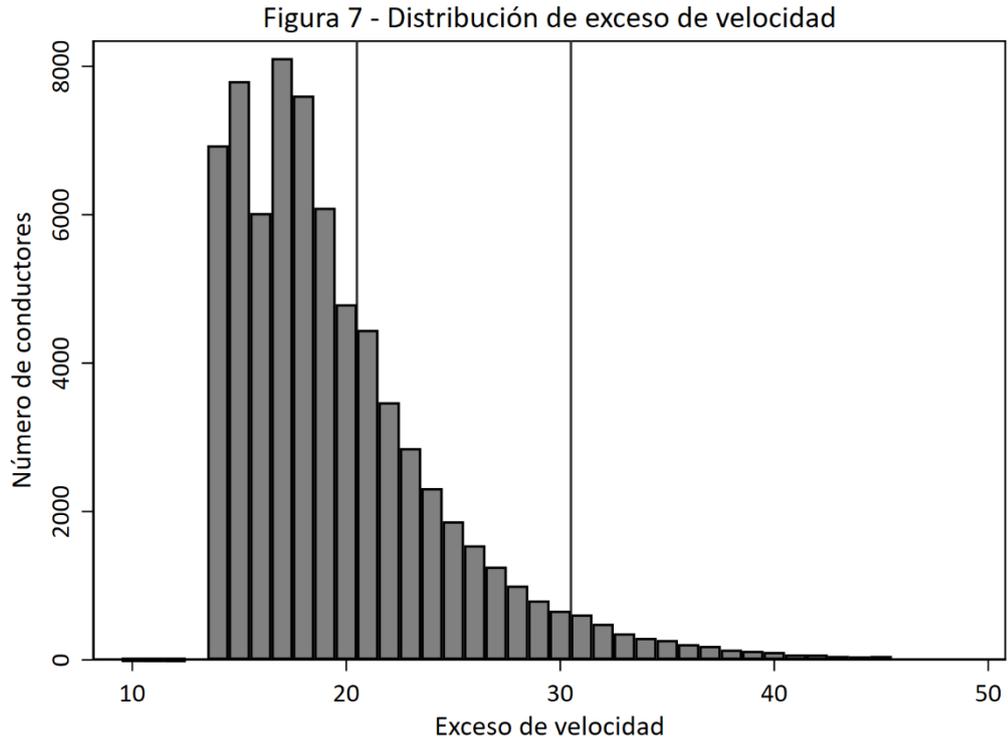
Fuente: SUCIVE (Sistema Único de Cobro de Ingresos Vehiculares, Uruguay)

Notas: La variabilidad de observaciones utilizadas en cada estimación se corresponde a dos factores, en primer lugar, al *bandwidth* seleccionado, el cual se encuentra presentado para cada variables en la columna *CER - Optimal bandwidth* y, en segundo lugar, el número de observaciones disponibles para cada variable. Para todas las variables con excepción de Titular del vehículo es hombre, contamos con 70,933 observaciones. No contamos con el dato del sexo del titular del vehículo para 13.744 vehículos que cometieron al menos una infracción en el periodo analizado.

En lo que refiere al análisis del *cut-off* de 21 km/h, encontramos que existe una discontinuidad de la variable noche en el *cut-off*, el cual se corresponde con la discontinuidad leve observada en el análisis gráfico ya que la estimación puntual es cercana a cero (0.09). A su vez, el resto de las covariables presentan estimaciones puntuales cercanas a 0 y todos los intervalos de confianza (95%) contienen al 0, con *p-values* entre 0.64 y 0.84. El análisis correspondiente al *cut-off* de 31 km/h muestra que existe una discontinuidad en el *cut-off* en la variable cancelación de la multa con una significancia al 5%, la cual habíamos observado como una discontinuidad leve en el análisis gráfico, ya que presenta una estimación puntual pequeña (-0.07). Por otra parte, el resto de las covariables presentan estimaciones cercanas a 0 y con *p-values* entre 0.58 y 0.97. Por último, en lo que respecta al análisis que incluye ambos *cut-offs* hallamos que existe una discontinuidad en la variable noche en el *cut-off*, la cual coincide con la discontinuidad leve observada en el análisis gráfico ya que la estimación puntual es cercana a cero (0.07). En otro orden el resto de las covariables presentan estimaciones cercanas a 0 y *p-values* en el entorno de 0.60 y 0.81. En conclusión, no se encontró evidencia que en el *cut-off* los conductores tratados con una multa mayor difieran sistemáticamente de los conductores multados por un monto menor, con dos excepciones: en primer lugar, los individuos a la derecha del *cut-off* en la primer y tercer especificación son multados más frecuentemente de noche y, en segundo lugar, se observa en la segunda especificación que cancelan menos los individuos multados con una multa mayor respecto a aquellos que recibieron una multa de un monto menor. No podemos descartar que estas dos excepciones sean simplemente por casualidad.

4.1.2 Density running variable

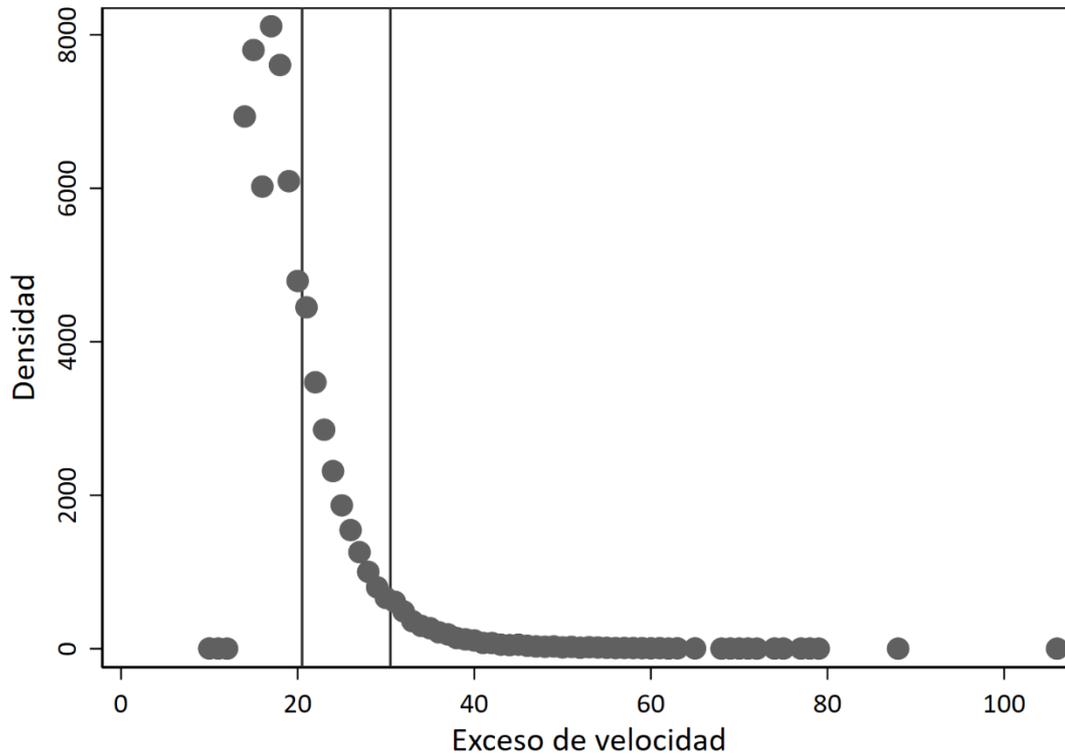
El segundo análisis de falsificación que presentamos a continuación examina si en el entorno cercano al *cut-off*, el número de conductores a la izquierda difiere de manera significativa al número de conductores a la derecha del *cut-off*. Al igual que en el análisis anterior el objetivo es demostrar que los conductores no manipularon el valor por el que sobrepasaron la velocidad máxima permitida, por consiguiente, se espera que el número de conductores a ambos lados del *cut-off* sea similar.



La Figura 7 muestra el histograma correspondiente a la *running variable*, la cual mide la cantidad de kilómetros por el que un conductor se excede de la velocidad máxima permitida¹⁵. En primer lugar, observamos que el histograma es decreciente, hay un mayor número de conductores que se exceden por pocos kilómetros respecto a los que se exceden por muchos kilómetros. A su vez, no se observan diferencias significativas debajo y encima de los *cut-off*. Este resultado es consistente si ampliamos y observamos cada *cut-off* de manera particular (ver Figura A1). Sin embargo, es necesario validar este resultado de manera formal a través de una prueba de densidad.

¹⁵ En el histograma se toma en cuenta valores menores a excederse por 45 km/h, para una mejor apreciación.

Figura 8 - Densidad de exceso de velocidad



Siguiendo a Frandsen Brigham R., (2017) realizamos una prueba de densidad que, como la prueba McCrary's (McCrary, 2008), se basa en aproximaciones *smooth* de la *running variable* (cantidad de kilómetros por los que el conductor sobrepasa la velocidad máxima permitida) en el entorno del *cut-off*.

Ya que nuestra *running variable* es discreta, y presenta una cantidad fija y finita de posibles valores a tomar, esta prueba es consistente. Consecuencia de que esta prueba aprovecha el hecho de que la función de probabilidad de la *running variable* (discreta), satisface cierta *smoothness condition*, entonces la frecuencia observada en el *cut-off* tiene una distribución condicional conocida. Esto permite utilizar en la prueba solo los valores inmediatamente contiguos al *cut-off*, en este caso nosotros decidimos incluir 3 valores, en lugar de regresiones locales lineales que necesariamente dependen de extrapolación lejos del *cut-off*.

A su vez, es necesario seleccionar un coeficiente k que determina la desviación de la linealidad en el entorno del *cut-off* donde se insinúa manipulación. En los extremos, seleccionar un $k=0$ implica que la distribución compatible con no manipulación debe ser precisamente lineal en el entorno del *cut-off*, por otra parte, seleccionar un k grande permite un grado de no linealidad en el entorno del *cut-off* sin concluir manipulación. Por consiguiente, un k pequeño conlleva una prueba más fuerte, pero también puede detectar

manipulación cuando no existe. Decidimos realizar el análisis para el valor mínimo de k (0)¹⁶, el valor máximo de k (0.73)¹⁷ y un valor intermedio (0.05).

Tabla 4 – Test de densidad, Frandsen (2017)

	K	P-value
<i>Cut-off 21 km/h</i>	0,00	0,000
	0,05	0,092
	0,73	1,000
<i>Cut-off 31 km/h</i>	0,00	0,181
	0,05	0,387
	0,73	1,000
<i>Cut-off 21 y 31 km/h</i>	0,00	0,000
	0,05	0,085
	0,73	1,000

En todas las especificaciones con $k > 0$, observamos que no podemos rechazar la hipótesis nula de no manipulación, al 5%. Esto es coherente teniendo en cuenta que, como se mencionó anteriormente, el histograma de la *running variable* es decreciente, por lo que no esperamos no rechazar la hipótesis nula en la especificación donde $k = 0$, ya que esta especificación corresponde a completa linealidad.

En conclusión, no hay indicios de que haya manipulación por parte de los conductores, por lo que la norma de gradualidad de las multas por exceso de velocidad conlleva a una separación aleatoria en grupo de tratamiento y control. Esto da lugar a un diseño de *Sharp RD*. Respecto a la forma funcional, gráficamente (ver Fig.3) no podemos descartar linealidad por lo tanto utilizaremos un polinomio de primer grado - también incluimos especificaciones con polinomio de segundo grado (Gelman & Imbens, 2019), establecen que polinomios de mayor orden no son recomendables). A su vez, secundando a Cattaneo et al., (2020), utilizaremos en la especificación principal una función *kernel* triangular, la cual será complementada con una función *kernel* uniforme como chequeo de robustez. Por otra parte, utilizaremos *bandwidth* seleccionados de manera óptima para cada especificación a través de minimizar el error cuadrático medio (*MSE-optimal*). No solo de manera única para ambos lados del *cut-off*, sino también estableciendo un *bandwidth* óptimo para cada lado, especialmente para las especificaciones que refieran al segundo y tercer *cut-off* ya que presentan una diferencia grande en la cantidad de valores a cada lado.

¹⁶ Por definición $k \geq 0$

¹⁷ Ver demostración anexo 1.

Por último, incluiremos covariables en las estimaciones que hayan presentado una diferencia de un lado y otro del *cut-off* como chequeo de robustez.

5 Resultados

Analizamos la forma reducida del efecto de exceder la velocidad máxima permitida por encima de los *cut-off* de 21 km/h y 31 km/h, sobre futuras reiteraciones en infracciones de tránsito de exceso de velocidad. En primer lugar, mediremos la reiteración futura a través de una variable dicotómica que toma el valor 1 si el vehículo comete al menos una infracción de tránsito por exceso de velocidad en el periodo comprendido entre la primera multa registrada y el último dato disponible.

Tabla 5 - Efecto de una multa mayor sobre la reiteración

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Cut-off: 21 km/h Polinomio lineal	Cut-off: 21 km/h Polinomio cuadrático	Cut-off: 31 km/h Polinomio lineal	Cut-off: 31 km/h Polinomio cuadrático	Cut-off: 21 y 31 km/h Polinomio lineal	Cut-off: 21 y 31 km/h Polinomio cuadrático
Conventional	0.00919 (0.0155)	0.0141 (0.0275)	0.0719* (0.0430)	0.0617** (0.0300)	0.0166 (0.0144)	0.0232 (0.0259)
Bias-corrected	0.00359 (0.0155)	0.000661 (0.0275)	0.0869** (0.0430)	0.0553* (0.0300)	0.0121 (0.0144)	0.0336 (0.0259)
Robust	0.00359 (0.0215)	0.000661 (0.0386)	0.0869* (0.0507)	0.0553* (0.0286)	0.0121 (0.0195)	0.0336 (0.0413)
Observations	67,601	67,601	23,620	23,620	70,993	70,993
Bandwidth izquierda	2.787	3.908	2.587	2.962	2.996	3.652
Bandwidth derecha	5.845	7.218	13.33	15.09	14.90	13.72

Fuente: SUCIVE (Sistema Único de Cobro de Ingresos Vehiculares, Uruguay)

Notas: Se reportan seis estimaciones de regresión discontinua, tomando 3 valores de cut-off distintos: 21 km/h, 31 km/h y ambos unificados y presentando para dichos cut-off las estimaciones con polinomios de primera y segundo orden. A su vez, todas las estimaciones de efecto de tratamiento se realizan seleccionando un bandwidth óptimo a un lado y otro del cut-off a través del procedimiento de Mean Square Error. Asimismo utilizamos una función kernel triangular. La variable reiteración es dicotómica tomando el valor 1 cuando el conductor reitera en una infracción de tránsito por exceso de velocidad luego de haber cometido la primera infracción.

Errores estándar entre paréntesis. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

La tabla 5 reporta seis estimaciones de regresión discontinua: utilizando un *bandwidth* óptimo que minimiza a ambos lados del *cut-off* el error cuadrático medio, dado la función kernel elegida, en este caso triangular, y el grado del polinomio, en este caso presentamos tanto polinomio de primer como de segundo orden¹⁸. Exhibir un mayor exceso de

¹⁸ Se realizó el mismo análisis utilizando: 1) polinomio de orden 0 obteniendo resultados numéricamente equivalentes y presenta significancia estadística en la segunda estimación; 2) un *bandwidth* óptimo único para ambos lados del *cut-off* utilizando la minimización del error cuadrático medio, los resultados varían según la especificación, podemos afirmar que las estimaciones son cercanas al 0 y solo 1 presenta una significancia estadística al 5%; y 3) una función kernel uniforme, los resultados son cercanos a cero como en la estimación original y no presentan significancia estadística. No muestro los resultados en beneficio de la brevedad, pero se encuentran disponibles para quien los solicite.

velocidad, que conlleva a recibir una multa de mayor valor, no trae un menor nivel de reiteración por parte de los conductores estadísticamente significativo en el primer y tercer *cut-off*. Sin embargo, en las estimaciones correspondientes al *cut-off* de 31 km/h se observa un efecto positivo, aunque significativo solo al 10%.

Tabla 6 - Efecto de una multa mayor sobre el número de reiteraciones

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Cut-off: 21 km/h Polinomio lineal	Cut-off: 21 km/h Polinomio cuadrático	Cut-off: 31 km/h Polinomio lineal	Cut-off: 31 km/h Polinomio cuadrático	Cut-off: 21 y 31 km/h Polinomio lineal	Cut-off: 21 y 31 km/h Polinomio cuadrático
Conventional	-0.0179 (0.0471)	-0.0459 (0.0818)	0.0754 (0.194)	0.180 (0.362)	-0.00752 (0.0363)	-0.0199 (0.0840)
Bias-corrected	-0.0536 (0.0471)	-0.132 (0.0818)	0.0898 (0.194)	0.293 (0.362)	-0.0199 (0.0363)	-0.0731 (0.0840)
Robust	-0.0536 (0.0624)	-0.132 (0.111)	0.0898 (0.228)	0.293 (0.459)	-0.0199 (0.0525)	-0.0731 (0.112)
Observations	67,601	67,601	23,620	23,620	70,993	70,993
Bandwidth	2.616	3.638	2.824	3.110	3.417	3.928
izquierda						
Bandwidth	6.514	7	15.24	15.42	12.06	12.33
derecha						

Fuente: SUCIVE (Sistema Único de Cobro de Ingresos Vehiculares, Uruguay)

Notas: Se reportan seis estimaciones de regresión discontinua, tomando 3 valores de cut-off distintos: 21 km/h, 31 km/h y ambos unificados y presentando para dichos cut-off las estimaciones con polinomios de primera y segundo orden. A su vez, todas las estimaciones de efecto de tratamiento se realizan seleccionando un bandwidth óptimo a un lado y otro del cut-off a través del procedimiento de Mean Square Error. Asimismo utilizamos una función kernel triangular. La variable número de reiteraciones toma el valor de la cantidad de infracciones de tránsito por exceso de velocidad luego de haber cometido la primera infracción.

Errores estándar entre paréntesis. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

En segundo lugar, buscando entender la magnitud de reiteración futura, tomamos como variable dependiente el número de reiteraciones en el periodo comprendido entre la primera multa registrada y el último dato disponible. La tabla 6 reporta seis estimaciones de regresión discontinua utilizando las mismas especificaciones que anteriormente, pero cuya variable dependiente es el número de reiteraciones del conductor.¹⁹ Observamos que en lo que respecta al primer *cut-off* (21 km/h) y al tercer *cut-off* (21 km/h y 31 km/h) hay un efecto negativo y cercano a 0, aquellas personas que recibieron una multa mayor reiteran menos cantidad de veces que aquellas personas que recibieron una multa menor,

¹⁹ Se realizó el mismo análisis utilizando: 1) polinomio de orden 0, se observa una diferencia respecto al signo de las estimaciones, pero no presentan significancia estadística; 2) un *bandwidth* óptimo único para ambos lados del *cut-off* utilizando la minimización del error cuadrático medio, los resultados varían según la especificación, podemos afirmar que las estimaciones son cercanas al 0 y no presentan significancia estadística; y 3) una función kernel uniforme, los resultados son similares y no presentan significancia estadística. No muestro los resultados en beneficio de la brevedad, pero se encuentran disponibles para quien los solicite.

sin embargo, este efecto es estadísticamente no significativo. Por otra parte, en lo que respecta a las estimaciones correspondientes al *cut-off* de 31 km/h se observa un efecto positivo y cercano a 0, y también estadísticamente no significativo.

5.1.1 Reiteraciones luego de la cancelación de la multa

En las estimaciones previas, la reiteración es definida simplemente como si el conductor cometió una (o más) infracción de tránsito por exceso de velocidad luego de cometer la primera infracción. Sin embargo, la riqueza de los datos nos permite conocer la fecha en la que la persona cancela cada multa, a través de las dos modalidades permitidas: pagar a través de una red de cobranza o realizar un convenio para realizar el pago. Analizaremos el efecto de exceder la velocidad máxima permitida por encima de los *cut-off* de 21 km/h y 31 km/h, sobre futuras reiteraciones en infracciones de tránsito de exceso de velocidad, luego de haber cancelado la primera multa²⁰. Entendiendo que es más probable que las personas reduzcan la velocidad de circulación, cometiendo menos infracciones de tránsito por exceso de velocidad, luego de haber recibido una multa mayor, y haber tenido que efectivamente pagar dicha multa de alto monto.

La tabla 7 reporta seis estimaciones de regresión discontinua: utilizando un *bandwidth* óptimo que minimiza a ambos lados del *cut-off* el error cuadrático medio, dado la función kernel elegida, en este caso triangular, y el grado del polinomio, en este caso presentamos tanto polinomio de primer como de segundo orden²¹. Observamos que recibir una multa de mayor monto, conlleva un efecto positivo muy cercano a cero, que no es estadísticamente significativo. Por lo tanto, no podemos afirmar que una multa mayor reduce las reiteraciones de infracciones por exceso de velocidad, por parte de los conductores, luego de haber pagado dicha multa.

A su vez, estimamos si la magnitud de reiteraciones posteriores a realizar efectivamente el pago era menor para aquellos que por estar a la derecha del *cut-off* recibieron una multa

²⁰ A través de una variable dicotómica que toma el valor 1 si el vehículo comete al menos una infracción de tránsito por exceso de velocidad en el periodo comprendido entre la cancelación de la primera multa registrada y el último dato disponible.

²¹ Se realizó el mismo análisis utilizando: 1) polinomio de orden 0, los resultados son numéricamente equivalentes y tampoco presentan significancia estadística; 2) un *bandwidth* óptimo único para ambos lados del *cut-off* utilizando la minimización del error cuadrático medio, los resultados son numéricamente equivalentes y tampoco presentan significancia estadística; y 3) una función kernel uniforme, los resultados son numéricamente equivalentes, con excepción de la segunda y sexta estimación que presenta signo negativo; tampoco presentan significancia estadística. No muestro los resultados en beneficio de la brevedad, pero se encuentran disponibles para quien los solicite.

mayor. Sin embargo, no se encuentran efectos estadísticamente significativos que muestren una diferencia entre conductores a un lado y otro del *cut-off*.

Tabla 7 - Efecto de una multa mayor sobre la reiteración posterior a la cancelación

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Cut-off: 21 km/h	Cut-off: 21 km/h	Cut-off: 31 km/h	Cut-off: 31 km/h	Cut-off: 21 y 31 km/h	Cut-off: 21 y 31 km/h
VARIABLES	Polinomio lineal	Polinomio cuadrático	Polinomio lineal	Polinomio cuadrático	Polinomio lineal	Polinomio cuadrático
Conventional	0.00963 (0.0144)	0.0288 (0.0256)	0.0572 (0.0402)	0.117 (0.0781)	0.0134 (0.0135)	0.0207 (0.0203)
Bias-corrected	0.00185 (0.0144)	0.0110 (0.0256)	0.0735* (0.0402)	0.122 (0.0781)	0.00805 (0.0135)	0.00405 (0.0203)
Robust	0.00185 (0.0190)	0.0110 (0.0337)	0.0735 (0.0491)	0.122 (0.100)	0.00805 (0.0178)	0.00405 (0.0298)
Observations	31,015	31,015	10,005	10,005	32,288	32,288
Bandwidth izquierda	2.730	3.915	2.358	3.129	2.869	4.037
Bandwidth derecha	6.550	7.567	18.17	16.18	13.44	14.57

Fuente: SUCIVE (Sistema Único de Cobro de Ingresos Vehiculares, Uruguay)

Notas: Se reportan seis estimaciones de regresión discontinua, tomando 3 valores de cut-off distintos: 21 km/h, 31 km/h y ambos unificados y presentando para dichos cut-off las estimaciones con polinomios de primera y segundo orden. A su vez, todas las estimaciones de efecto de tratamiento se realizan seleccionando un bandwidth óptimo a un lado y otro del cut-off a través del procedimiento de Mean Square Error. Asimismo utilizamos una función kernel triangular. La variable reiteración post cancelación es dicotómica tomando el valor 1 cuando el conductor reitera en una infracción de tránsito por exceso de velocidad luego de haber cancelado la multa recibida por su primera infracción.

Errores estándar entre paréntesis. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

5.1.2 Reiteraciones a menor velocidad

Anteriormente utilizamos como variable de interés si el conductor reincide en al menos una infracción de tránsito por exceso de velocidad, así como el número de reiteraciones cometida. No obstante, existe un gran rango por el cual un conductor puede sobrepasar la velocidad máxima permitida. Por lo tanto, el individuo puede haber tomado conciencia a través de haber recibido una multa alta, de que debe reducir la velocidad de circulación sin llegar a no cometer la infracción de tránsito, pero habiendo reducido la velocidad respecto a la primera multa. Analizaremos el efecto de exceder la velocidad máxima permitida por encima de los *cut-off* de 21 km/h y 31 km/h, sobre futuras reiteraciones en infracciones de tránsito de exceso de velocidad, siempre a menor velocidad y en promedio a menor velocidad²². Entendiendo que es más probable que las personas reduzcan la

²² A través de dos variables: 1) una variable dicotómica que toma el valor 1 si el vehículo comete todas las infracciones de tránsito por exceso de velocidad a una velocidad menor a la presentada en la primera multa en el periodo comprendido entre la primera multa registrada y el último dato disponible; 2) una variable dicotómica que toma el valor 1 si el vehículo reitera en promedio a una velocidad menor en el periodo comprendido entre la primera multa registrada y el último dato disponible.

velocidad de circulación, luego de haber recibido una multa mayor, aunque no llegue al punto de no cometer la infracción de tránsito.

Tabla 8 - Efecto de una multa mayor sobre la reiteración a una velocidad menor

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Cut-off: 21 km/h Polinomio lineal	Cut-off: 21 km/h Polinomio cuadrático	Cut-off: 31 km/h Polinomio lineal	Cut-off: 31 km/h Polinomio cuadrático	Cut-off: 21 y 31 km/h Polinomio lineal	Cut-off: 21 y 31 km/h Polinomio cuadrático
Conventional	-0.00628 (0.00845)	-0.00872 (0.0118)	0.0534 (0.0405)	0.0875 (0.0740)	-0.00264 (0.00896)	-0.00152 (0.0145)
Bias-corrected	-0.00836 (0.00845)	-0.0118 (0.0118)	0.0634 (0.0405)	0.111 (0.0740)	-0.0106 (0.00896)	0.0142 (0.0145)
Robust	-0.00836 (0.0112)	-0.0118 (0.0173)	0.0634 (0.0478)	0.111 (0.0876)	-0.0106 (0.0121)	0.0142 (0.0223)
Observations	67,601	67,601	23,620	23,620	70,993	70,993
Bandwidth izquierda	4.064	5.513	2.633	3.340	3.330	4.252
Bandwidth derecha	5.772	6.700	12.34	18.21	12.68	11.19

Fuente: SUCIVE (Sistema Único de Cobro de Ingresos Vehiculares, Uruguay)

Notas: Se reportan seis estimaciones de regresión discontinua, tomando 3 valores de cut-off distintos: 21 km/h, 31 km/h y ambos unificados y presentando para dichos cut-off las estimaciones con polinomios de primera y segundo orden. A su vez, todas las estimaciones de efecto de tratamiento se realizan seleccionando un bandwidth óptimo a un lado y otro del cut-off a través del procedimiento de Mean Square Error. Asimismo utilizamos una función kernel triangular. La variable reiteración a una velocidad menor es dicotómica tomando el valor 1 cuando el conductor reitera en una infracción de tránsito por exceso de velocidad siempre a menor velocidad luego de haber cometido la primera infracción.

Errores estándar entre paréntesis. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

La tabla 8 reporta seis estimaciones de regresión discontinua: utilizando un *bandwidth* óptimo que minimiza a ambos lados del *cut-off* el error cuadrático medio, dado la función kernel elegida, en este caso triangular, y el grado del polinomio, en este caso presentamos tanto polinomio de primer como de segundo orden²³. El percibir una multa mayor, presenta un efecto ambiguo, que varía según la especificación, respecto a reiterar a menor velocidad siempre a partir de la primera multa, aunque todas presentan valores cercanos a 0. Sin embargo, en todas las especificaciones el efecto es estadísticamente no significativo, por lo que no podemos afirmar que una multa mayor reduzca la velocidad de circulación del conductor a partir de ese momento.

²³ Se realizó el mismo análisis utilizando: 1) un *bandwidth* óptimo único para ambos lados del *cut-off* utilizando la minimización del error cuadrático medio, los resultados son numéricamente equivalentes, con excepción de la quinta y sexta estimación que presentan signo opuesto y tampoco presentan significancia estadística; y 2) una función kernel uniforme, los resultados presentan signos cambiados y tampoco presentan significancia estadística. No muestro los resultados en beneficio de la brevedad, pero se encuentran disponibles para quien los solicite.

Tabla 9 - Efecto de una multa mayor sobre la reiteración a una velocidad menor, en promedio

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Cut-off: 21 km/h	Cut-off: 21 km/h	Cut-off: 31 km/h	Cut-off: 31 km/h	Cut-off: 21 y 31 km/h	Cut-off: 21 y 31 km/h
VARIABLES	Polinomio lineal	Polinomio cuadrático	Polinomio lineal	Polinomio cuadrático	Polinomio lineal	Polinomio cuadrático
Conventional	-0.00882 (0.00964)	-0.0130 (0.0130)	0.0372 (0.0423)	0.0379 (0.0770)	-0.00452 (0.0102)	-0.0111 (0.0152)
Bias-corrected	-0.0138 (0.00964)	-0.0201 (0.0130)	0.0455 (0.0423)	0.0519 (0.0770)	-0.0139 (0.0102)	-0.00244 (0.0152)
Robust	-0.0138 (0.0129)	-0.0201 (0.0189)	0.0455 (0.0498)	0.0519 (0.0884)	-0.0139 (0.0135)	-0.00244 (0.0241)
Observations	67,601	67,601	23,620	23,620	70,993	70,993
Bandwidth izquierda	3.756	5.435	2.706	3.665	3.176	4.469
Bandwidth derecha	6.159	6.978	12.40	17.92	11.51	12.74

Fuente: SUCIVE (Sistema Único de Cobro de Ingresos Vehiculares, Uruguay)

Notas: Se reportan seis estimaciones de regresión discontinua, tomando 3 valores de cut-off distintos: 21 km/h, 31 km/h y ambos unificados y presentando para dichos cut-off las estimaciones con polinomios de primera y segundo orden. A su vez, todas las estimaciones de efecto de tratamiento se realizan seleccionando un bandwidth óptimo a un lado y otro del cut-off a través del procedimiento de Mean Square Error. Asimismo utilizamos una función kernel triangular. La variable reiteración a una velocidad menor, en promedio, es dicotómica tomando el valor 1 cuando el conductor reitera en una infracción de tránsito por exceso de velocidad en promedio a menor velocidad luego de haber cometido la primera infracción.

Errores estándar entre paréntesis. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

La tabla 9 también reporta seis estimaciones de regresión discontinua con las mismas especificaciones anteriores, pero tomando como variable dependiente si la persona reitera en promedio a una menor velocidad²⁴.

Se registran resultados similares al caso anterior con un efecto ambiguo, ya que existen estimaciones que presentan signo positivo, una mayor reiteración a menor velocidad en promedio, y estimaciones que presentan signo negativo, una menor reiteración a menor velocidad. No obstante, en todas las estimaciones el efecto que se observa es cercano a cero y no presentan significancia estadística, lo que no nos permite afirmar que una multa mayor tenga un efecto en las reiteraciones a menor velocidad promedio.

²⁴ Se realizó el mismo análisis utilizando: 1) un *bandwidth* óptimo único para ambos lados del *cut-off* utilizando la minimización del error cuadrático medio, los resultados son numéricamente equivalentes con excepción del signo en la quinta estimación y no presentando significancia estadística y 2) una función kernel uniforme, resultados son numéricamente equivalentes, con excepción de la segunda estimación que presenta signo positivo y tampoco presentan significancia estadística. No muestro los resultados en beneficio de la brevedad, pero se encuentran disponibles para quien los solicite.

5.1.3 Reiteraciones en todas las infracciones de tránsito

En estimaciones anteriores tomamos como variable de interés solo las reiteraciones en infracciones de tránsito por exceso de velocidad. Sin embargo, el haber recibido una multa alta podría tener efecto no solo en las infracciones de tránsito por exceso de velocidad, sino en todas las infracciones de tránsito. Analizaremos el efecto de exceder la velocidad máxima permitida por encima de los *cut-offs*, sobre futuras reiteraciones en infracciones de tránsito en general²⁵.

Tabla 10 - Efecto de una multa mayor sobre la reiteración en cualquier infracción de tránsito

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Cut-off: 21 km/h Polinomio lineal	Cut-off: 21 km/h Polinomio cuadrático	Cut-off: 31 km/h Polinomio lineal	Cut-off: 31 km/h Polinomio cuadrático	Cut-off: 21 y 31 km/h Polinomio lineal	Cut-off: 21 y 31 km/h Polinomio cuadrático
Conventional	0.0188 (0.0166)	0.0197 (0.0297)	0.0362 (0.0350)	-0.00852 (0.0711)	0.0175 (0.0155)	0.0122 (0.0279)
Bias-corrected	0.0196 (0.0166)	0.0347 (0.0297)	0.0422 (0.0350)	-0.00658 (0.0711)	0.0120 (0.0155)	0.00785 (0.0279)
Robust	0.0196 (0.0298)	0.0347 (0.0529)	0.0422 (0.0427)	-0.00658 (0.0825)	0.0120 (0.0244)	0.00785 (0.0498)
Observations	67,601	67,601	23,620	23,620	70,993	70,993
Bandwidth izquierda	2.199	3.363	3.264	4.023	2.506	3.401
Bandwidth derecha	6.414	7.753	12.30	15.24	14.93	13.66

Fuente: SUCIVE (Sistema Único de Cobro de Ingresos Vehiculares, Uruguay)

Notas: Se reportan seis estimaciones de regresión discontinua, tomando 3 valores de cut-off distintos: 21 km/h, 31 km/h y ambos unificados y presentando para dichos cut-off las estimaciones con polinomios de primera y segundo orden. A su vez, todas las estimaciones de efecto de tratamiento se realizan seleccionando un bandwidth óptimo a un lado y otro del cut-off a través del procedimiento de Mean Square Error. Asimismo utilizamos una función kernel triangular. La variable reiteración en cualquier infracción de tránsito es dicotómica tomando el valor 1 cuando el conductor reitera en cualquier infracción de tránsito luego de haber cometido la primera infracción por exceso de velocidad. Errores estándar entre paréntesis. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

La tabla 10 reporta seis estimaciones de regresión discontinua con las mismas especificaciones anteriores, pero tomando como variable dependiente si la persona reitera cualquier infracción de tránsito²⁶. No podemos afirmar que exista un efecto sobre las

²⁵ A través de dos variables: 1) una variable dicotómica que toma el valor 1 si el vehículo comete al menos una infracción de tránsito en el periodo comprendido entre la primera multa registrada y el último dato disponible; 2) una variable dicotómica que toma el valor 1 si el vehículo comete al menos una infracción de tránsito en el periodo comprendido entre la cancelación de la primera multa registrada y el último dato disponible.

²⁶ Se realizó el mismo análisis utilizando: 1) polinomio de orden 0, los resultados son positivos y la estimación (1) presenta significancia estadística al 10%, mientras que la (3) al 5%; 2) un *bandwidth* óptimo único para ambos lados del *cut-off* utilizando la minimización del error cuadrático medio, los resultados también son cercanos a cero, habiendo un cambio de signo en las especificaciones correspondientes al polinomio cuadrático, y no presentan significancia estadística; y 3) una función kernel uniforme, los

reiteraciones en infracciones de tránsito de recibir una multa mayor, ya que el efecto no solo es cercano a cero, sino que, a su vez, es estadísticamente no significativo.

Tabla 11 - Efecto de una multa mayor sobre la reiteración en cualquier infracción de tránsito posterior a la cancelación

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Cut-off: 21 km/h Polinomio lineal	Cut-off: 21 km/h Polinomio cuadrático	Cut-off: 31 km/h Polinomio lineal	Cut-off: 31 km/h Polinomio cuadrático	Cut-off: 21 y 31 km/h Polinomio lineal	Cut-off: 21 y 31 km/h Polinomio cuadrático
Conventional	0.00630 (0.00829)	0.00540 (0.0148)	0.000828 (0.0225)	0.00425 (0.0413)	0.00523 (0.00772)	0.00516 (0.0138)
Bias-corrected	-0.000478 (0.00829)	0.0195 (0.0148)	0.00721 (0.0225)	0.00994 (0.0413)	-9.97e-06 (0.00772)	0.0171 (0.0138)
Robust	-0.000478 (0.0112)	0.0195 (0.0263)	0.00721 (0.0265)	0.00994 (0.0459)	-9.97e-06 (0.0104)	0.0171 (0.0247)
Observations	67,601	67,601	23,620	23,620	70,993	70,993
Bandwidth izquierda	2.554	3.254	2.674	3.910	2.648	3.279
Bandwidth derecha	6.106	7.068	12.26	17.84	14.14	19.06

Fuente: SUCIVE (Sistema Único de Cobro de Ingresos Vehiculares, Uruguay)

Notas: Se reportan seis estimaciones de regresión discontinua, tomando 3 valores de cut-off distintos: 21 km/h, 31 km/h y ambos unificados y presentando para dichos cut-off las estimaciones con polinomios de primera y segundo orden. A su vez, todas las estimaciones de efecto de tratamiento se realizan seleccionando un bandwidth óptimo a un lado y otro del cut-off a través del procedimiento de Mean Square Error. Asimismo utilizamos una función kernel triangular. La variable reiteración en cualquier infracción de tránsito posterior a la cancelación es dicotómica tomando el valor 1 cuando el conductor reitera en un cualquier infracción de tránsito luego de haber cancelado la primera infracción por exceso de velocidad.

Errores estándar entre paréntesis. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Por su parte, la tabla 11 reporta seis estimaciones de regresión discontinua con las mismas especificaciones anteriores, pero tomando como variable dependiente si la persona reitera cualquier infracción de tránsito posteriormente a cancelar la primera multa²⁷. Al igual que para la especificación anterior, no podemos afirmar que exista un efecto sobre las reiteraciones en infracciones de tránsito posteriores a la cancelación de recibir una multa mayor, ya que no se observa un efecto estadísticamente significativo.

resultados son numéricamente equivalentes y tampoco presentan significancia estadística. No muestro los resultados en beneficio de la brevedad, pero se encuentran disponibles para quien los solicite.

²⁷ Se realizó el mismo análisis utilizando: 1) polinomio de orden 0, los resultados son más cercanos a cero y tampoco presentan significancia estadística; 2) un *bandwidth* óptimo único para ambos lados del *cut-off* utilizando la minimización del error cuadrático medio, los resultados también son cercanos a cero, sin embargo, presentan cambio en los signos, de todos modos, no presentan significancia estadística; y 3) una función kernel uniforme, los resultados son numéricamente equivalentes y tampoco presentan significancia estadística. No muestro los resultados en beneficio de la brevedad, pero se encuentran disponibles para quien los solicite.

6 Robustez

Las estimaciones principales no muestran un efecto consistente, estadísticamente significativo, de una multa mayor, en términos económicos, en la reiteración futura y el número de reiteraciones en ninguna de las especificaciones antes analizadas. Sin embargo, a continuación, presentaremos dos nuevas estimaciones con el fin de observar si el resultado anteriormente presentado es robusto a cambios en la metodología de estimación y submuestra.

6.1.1 Vehículo con año del modelo 2019 y 2020

En primer lugar, analizaremos si se mantiene el no observar efecto, si solo tomamos en cuenta los vehículos multados cuyo año del modelo corresponda al 2019 y 2020²⁸. Esta submuestra representa un 6,6% del total (4.687 vehículos). El objetivo de seleccionar esta submuestra más reciente es aumentar la probabilidad de que no haya cambiado el verdadero titular del vehículo y, por tanto, las distintas franjas de multas puedan reflejarse en un cambio de conducta del titular del vehículo. De los 4.687 vehículos que son modelo 2019 y 2020, un 32,5% (1524) reiteraron al menos una vez.

Tabla 12 - Efecto de una multa mayor sobre la reiteración
Año del modelo del vehículo 2019 y 2020

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Cut-off: 21 km/h	Cut-off: 21 km/h	Cut-off: 31 km/h	Cut-off: 31 km/h	Cut-off: 21 y 31 km/h	Cut-off: 21 y 31 km/h
	Polinomio lineal	Polinomio cuadrático	Polinomio lineal	Polinomio cuadrático	Polinomio lineal	Polinomio cuadrático
Conventional	0.0451 (0.0361)	0.0284 (0.0454)	0.115 (0.187)	0.0722 (0.342)	0.0234 (0.0585)	0.0456 (0.0420)
Bias-corrected	0.0519 (0.0361)	0.0207 (0.0454)	0.101 (0.187)	0.0698 (0.342)	-0.00301 (0.0585)	0.0440 (0.0420)
Robust	0.0519 (0.0401)	0.0207 (0.0444)	0.101 (0.222)	0.0698 (0.383)	-0.00301 (0.0776)	0.0440 (0.0411)
Observations	4,507	4,507	1,383	1,383	4,687	4,687
Bandwidth izquierda	1.9	2.9	2.8	4.0	2.5	2.9
Bandwidth derecha	5.2	5.7	8.7	13.2	8.3	12.6

Fuente: SUCIVE (Sistema Único de Cobro de Ingresos Vehiculares, Uruguay)

Notas: Se reportan seis estimaciones de regresión discontinua, tomando 3 valores de cut-off distintos: 21 km/h, 31 km/h y ambos unificados y presentando para dichos cut-off las estimaciones con polinomios de primera y segundo orden. A su vez, todas las estimaciones de efecto de tratamiento se realizan seleccionando un bandwidth óptimo a un lado y otro del cut-off a través del procedimiento de Mean Square Error. Asimismo utilizamos una función kernel triangular. La variable reiteración es dicotómica tomando el valor 1 cuando el conductor reitera en una infracción de tránsito por exceso de velocidad luego de haber cometido la primera infracción. El análisis incluye solamente a los vehículos cuyo año del modelo es 2019 y 2020.

Errores estándar entre paréntesis. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

²⁸ Estos vehículos se corresponden con los últimos modelos lanzados, por lo cual se observan vehículos cuyo año de modelo es 2020, aunque estemos trabajando con datos del año 2019.

En la tabla 12 se presentan los resultados de esta estimación de regresión discontinua²⁹. El número de observaciones correspondientes al primer *cut-off* representa un 6,67% del total (4.507 vehículos), mientras que las observaciones correspondientes al segundo *cut-off* representan un 5,86% (1.383 vehículos). Podemos constatar que, ante una multa mayor, esta submuestra que consideramos similar presenta un efecto cercano a cero y estadísticamente no significativa en las diferentes especificaciones. Se observa un resultado similar, en lo que concierne a la magnitud de las reiteraciones, medido a través del número de reiteraciones de infracciones de tránsito por exceso de velocidad cometidas por los conductores en el periodo comprendido entre la primera multa y el último dato disponible.

A su vez, realizamos la estimación anterior, pero con un *bandwidth* óptimo único para ambos lados del *cut-off* utilizando la minimización del error cuadrático medio, obteniendo un cambio de signo en algunas especificaciones, sin embargo, no presentan significancia estadística. También realizamos la estimación anterior, pero con una función kernel uniforme, observando un cambio de signo solo en la primera y última estimación, tampoco presentan significancia estadística por lo cual no podemos afirmar que exista un efecto en ninguno de los casos antes mencionado.

6.1.2 Fuzzy RD

Aun cuando en la sección metodología mostramos que la regla de gradualidad se cumple de manera casi perfecta, presentando solo un 0,03% de conductores que no cumplen con la condición de asignación del tratamiento, presentaremos como chequeo de robustez un diseño de *Fuzzy RD*, siguiendo a M. Cattaneo et al., (2018). En este diseño la regla de asignación al tratamiento continúa siendo la misma, sin embargo, se entiende que el cumplimiento es imperfecto. Por lo cual se agrega al análisis la variable de qué tratamiento efectivamente recibió el conductor, una multa de 5, 8 o 12 UR. Al igual que el diseño de *Sharp RD*, el diseño de *Fuzzy RD* puede basarse en un enfoque basado en *local randomization* o un enfoque basado en continuidad que es el que presentamos a en esta sección.

Si comparamos los resultados obtenidos y presentados en la tabla 13, con la estimación a través de un diseño *Sharp RD* observamos que las tres estimaciones correspondientes a

²⁹ Utilizando un *bandwidth* óptimo que minimiza a ambos lados del *cut-off* el error cuadrático medio, dado la función *kernel* elegida, en este caso triangular, y el grado del polinomio, presentamos tanto polinomio de primer como de segundo orden.

un polinomio lineal (1, 3 y 5), muestran resultados numéricamente equivalentes e iguales niveles de significancia estadística. En lo que corresponde a las restantes estimaciones, la estimación 2 y 6 presentan un cambio de signo, pero se muestra un efecto, de igual manera, cercano a cero y estadísticamente no significativo. Mientras que la estimación 4 presenta una estimación puntual numéricamente similar, pero sin significancia estadística.

A su vez, comparamos los resultados obtenidos para un diseño *Fuzzy RD*, respecto a un diseño *Sharp RD* no obteniendo resultados diferentes. En primer lugar, tomando como variable de interés: el número de reiteraciones, la reiteración posterior a la cancelación, la reiteración en cualquier infracción de tránsito y la reiteración en cualquier infracción de tránsito posterior a la cancelación, observamos en alguna de las especificaciones un cambio de signo, pero se mantiene un efecto cercano a cero y la no significancia estadística. Por otra parte, al analizar las variables reiteración a una menor velocidad y reiteración a una menor velocidad promedio se observa un resultado numéricamente equivalente y se mantiene la no significancia estadística. Al igual que para el diseño de *Sharp RD* no podemos afirmar que exista un efecto sobre las reiteraciones de recibir una multa mayor, ya que no se observa un efecto estadísticamente significativo³⁰.

³⁰ Estimaciones disponibles a petición del interesado.

Tabla 13 - Efecto de una multa mayor sobre la reiteración

VARIABLES	Fuzzy RD					
	(1) Cut-off: 21 km/h Polinomio lineal	(2) Cut-off: 21 km/h Polinomio cuadrático	(3) Cut-off: 31 km/h Polinomio lineal	(4) Cut-off: 31 km/h Polinomio cuadrático	(5) Cut-off: 21 y 31 km/h Polinomio lineal	(6) Cut-off: 21 y 31 km/h Polinomio cuadrático
Conventional	0.00920 (0.0155)	-0.00510 (0.0187)	0.0735* (0.0431)	0.0988 (0.0786)	0.0156 (0.0131)	0.00830 (0.0178)
Bias-corrected	0.00327 (0.0155)	-0.0232 (0.0187)	0.107** (0.0431)	0.120 (0.0786)	0.0105 (0.0131)	-0.00224 (0.0178)
Robust	0.00327 (0.0213)	-0.0232 (0.0344)	0.107* (0.0584)	0.120 (0.0894)	0.0105 (0.0186)	-0.00224 (0.0319)
Observations	67,601	67,601	23,620	23,620	70,993	70,993
Bandwidth izquierda	2.8	4.9	2.5	3.2	3.1	4.6
Bandwidth derecha	5.9	7.1	10.0	15.7	11.6	11.6

Fuente: SUCIVE (Sistema Único de Cobro de Ingresos Vehiculares, Uruguay)

Notas: Se reportan seis estimaciones de regresión discontinua (fuzzy), tomando 3 valores de cut-off distintos: 21 km/h, 31 km/h y ambos unificados y presentando para dichos cut-off las estimaciones con polinomios de primera y segundo orden. A su vez, todas las estimaciones de efecto de tratamiento se realizan seleccionando un bandwidth óptimo a un lado y otro del cut-off a través del procedimiento de Mean Square Error. Asimismo utilizamos una función kernel triangular. La variable reiteración es dicotómica tomando el valor 1 cuando el conductor reitera en una infracción de tránsito por exceso de velocidad luego de haber cometido la primera infracción.

Errores estándar entre paréntesis. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

7 Conclusiones

El efecto disuasorio es difícil de medir. Sin embargo, las infracciones de tránsito brindan una muy buena oportunidad para observar cómo afectan mayores penas o mayores niveles de fiscalización sobre los niveles de reincidencia futura. Esta investigación utiliza la gradualidad de multas por exceso de velocidad para buscar responder si una multa de mayor valor económico conlleva a una reducción en la reiteración por parte de los conductores, a través de un análisis de regresión discontinua.

El resultado principal del presente estudio sugiere que el escalonamiento de multas superiores de acuerdo al exceso de velocidad no ha sido eficaz para conseguir una reducción de la reiteración de infracciones por parte de los conductores. Una posible explicación es la existencia de dificultades serias para que el infractor internalice la multa rápidamente y cambie de conducta. En los hechos, en Montevideo, puede pasar un año antes de que el individuo tenga conocimiento de que fue multado y del monto de la multa que tiene que pagar. Dada la relación que la literatura internacional encuentra entre infracciones de tránsito y costo para la sociedad en términos de lesiones y vidas, esta investigación exploratoria es un llamado de atención para los diseñadores de las políticas sobre tránsito.

8 Limitaciones

La investigación presenta algunas limitaciones. El mecanismo por el cual consideramos que una mayor multa conlleva a una reducción de reiteraciones futuras supone cometer la infracción, ser notificado y efectivamente cancelar la multa. En primer lugar, existe la limitación de que los conductores pueden no estar enterándose que cometieron una infracción de tránsito por exceso de velocidad. En conversaciones con el Centro de Gestión de Movilidad nos señalaron el bajo porcentaje de domicilios registrados para recibir las multas de tránsito. A su vez, la búsqueda a través de la web del SUCIVE es útil en los sujetos que tienen sospecha de que fueron multados, pero no se puede esperar que todos los conductores hagan una consulta semanal de manera voluntaria. Por último, en lo que respecta a la obligación de cancelar multas al momento de pagar la patente, consideramos que este sí es un buen medio para que la persona internalice que efectivamente realizó una infracción. Sin embargo, el calendario de pagos de la patente es muy disímil entre los conductores habiendo personas que pagan bimensualmente mientras otros optan por hacer pagos anuales pudiendo pasar ese periodo de tiempo para que los notifiquen de multas, realicen el pago y a partir de ahí cambie su accionar. En segundo lugar, presenta una limitación el cambio en el monto de las infracciones de tránsito. Antes del decreto que establece gradualidad todas las multas por exceso de velocidad eran de 8 UR, por lo tanto, si contemplamos el primer *cut-off* los que están a la derecha mantienen el mismo costo, mientras que a los que están a la izquierda se les reduce el costo; consideramos que este factor puede hacer más difícil encontrar efecto. En tercer lugar, no tenemos información de aquellos conductores que no excedieron la velocidad permitida como para poder incluir un tercer *cut-off* ubicado en un exceso de velocidad de 0km/h y observar el efecto de pasar de 0 a 5 UR de multa; en nuestra investigación se está midiendo el efecto de un aumento marginal y no se observa el efecto de pasar de no recibir multa a recibirla. En cuarto lugar, se encuentra la limitación de estar utilizando la reiteración de infracciones a nivel vehículo como un proxy de la reiteración a nivel conductor: la base de datos disponible no permite identificar el conductor del vehículo y seguir su trayectoria en materia de multas e infracciones. Por último, en caso de que se dispusiera de los datos necesarios, podría haberse extendido la investigación a aquellos conductores que excedieron el límite de velocidad, pero sin embargo no fueron multados - que son los excesos de velocidad entre 1 km/h y 10 km/h que es el rango de

tolerancia con el ente regulatorio. Estas limitaciones pueden constituir una agenda para futuras investigaciones.

9 Anexo 1

Tabla A1 – Listado de infracciones de tránsito por exceso de velocidad y su costo

Artículo	Apartado	Descripción	Importe
103	2 A	exceso de velocidad. Hasta 20 km/h por encima de la velocidad permitida	5,0
	2 B	exceso de velocidad. Entre 21 km/h y 30 km/h por encima de la velocidad permitida	8,0
	2 C	exceso de velocidad. Más de 30 km/h por encima de la velocidad permitida	12,0

Fuente: Tránsito y Transporte, Intendencia de Montevideo.

Notas: El importe de la multa es medido en Unidades Reajustables (UR), la cual es una unidad de medida, cuyo valor se ajusta periódicamente en función del Índice Medio de Salarios cuantificándose las variaciones en los doce meses anteriores. En noviembre de 2019 1 UR se correspondía con \$1197,13 (pesos uruguayos), lo que en su momento equivalía a US\$ 31,8.

10 Anexo 2

Tabla A2 - Conceptos de multas

Concepto de la multa	Porcentaje del total de multas aplicadas
Exceso de velocidad	23.2%
Circular con deuda de patente	22.7%
Est. Prohibido o zona de carga	9.5%
Est. Sin abonar tarifado	8.0%
Cruzar o girar con luz roja	6.8%
Vehículo guinchado	4.7%
Conduce con imprudencia	2.5%
Conduce sin licencia	2.5%
Sin cinturón de seguridad	2.1%
Ticket vencido	1.9%
No lleva licencia	1.4%
Condiciones antirreglamentarias	1.2%
Desobediencia a disposición	1.2%
Estacionar en doble fila	1.1%
Circular sin casco	1.1%
Estacionar en garaje	1.0%
Sin placas de matrículas	0.8%
Estacionar sobre acera	0.8%
Matricula no original	0.7%
Giro en lugar prohibido	0.6%
Alcoholemia	0.5%
Otros	5.9%

11 Anexo 3

Tabla A3 - Estadísticos descriptivos

	#Obs	Media	SD	Min	Max
Hasta 20 km/h	70993	0.67	0.47	0.00	1.00
Entre 21 km/h y 30 km/h	70993	0.28	0.45	0.00	1.00
Mas de 30 km/h	70993	0.05	0.21	0.00	1.00
Velocidad de circulación	70993	73.05	9.50	59.00	166.00
Exceso de velocidad	70993	19.77	5.51	10.00	106.00
Importe de la multa	70993	6.19	1.87	5.00	12.00
Multa cancelada	70993	0.45	0.50	0.00	1.00
Tipo de cancelación: convenida	32288	0.08	0.27	0.00	1.00
Reiteración	70993	0.28	0.45	0.00	1.00
Reiteración luego de la cancelacion	32288	0.08	0.27	0.00	1.00
Número de reiteraciones	70993	0.53	1.35	0.00	45.00
Titular del vehículo es hombre	57249	0.69	0.46	0.00	1.00
Multa en horario nocturno	70993	0.30	0.46	0.00	1.00

Fuente: SUCIVE (Sistema Único de Cobro de Ingresos Vehiculares, Uruguay)

Notas: Estadísticos descriptivos calculados para el periodo comprendido entre el 28 de diciembre de 2018 y el 28 de noviembre de 2019. La unidad de medida del importe de la multa es la Unidad Reajutable (UR). No contamos con el dato del sexo del titular del vehículo para 13.744 vehículos que cometieron al menos una infracción en el periodo analizado.

12 Anexo 4

Tabla A4 – Número de conductores por exceso de velocidad e importe de la multa

Exceso de velocidad	Importe de la multa			Total
	5	8	12	
10	3	0	0	3
11	1	1	0	2
12	1	0	0	1
14	6,936	0	0	6,936
15	7,802	0	0	7,802
16	6,023	0	0	6,023
17	8,111	0	1	8,112
18	7,607	0	0	7,607
19	6,094	0	0	6,094
20	4,790	3	0	4,793
21	0	4,449	0	4,449
22	0	3,472	0	3,472
23	0	2,854	0	2,854
24	0	2,315	0	2,315
25	0	1,869	0	1,869
26	0	1,546	0	1,546
27	1	1,257	0	1,258
28	0	1,001	1	1,002
29	0	801	0	801
30	0	662	0	662
31	0	0	613	613
32	0	0	486	486
33	0	0	359	359
34	0	0	297	297
35	0	0	267	267
36	0	5	208	213
37	0	4	184	188
38	0	2	137	139
39	0	2	120	122
40	0	1	107	108
41	0	1	74	75
42	0	1	73	74
43	0	1	52	53
44	0	0	47	47
45	0	0	53	53
46	0	0	39	39
47	0	0	30	30
48	0	0	26	26
49	0	0	30	30
50	0	0	17	17
51	0	0	24	24
52	0	0	12	12
53	0	0	19	19
54	0	0	16	16
55	0	0	11	11
56	0	0	8	8
57	0	0	9	9
58	0	0	8	8
59	0	0	7	7
60	0	0	5	5
61	0	0	7	7
62	0	0	2	2
63	0	0	5	5
65	0	0	4	4
68	0	0	1	1
69	0	0	2	2
70	0	0	2	2
71	0	0	2	2
72	0	0	1	1
74	0	0	2	2
75	0	0	2	2
77	0	0	2	2
78	0	0	2	2
79	0	0	1	1
88	0	0	1	1
106	0	0	1	1
Total	47,369	20,247	3,377	70,993

13 Anexo 5

Tabla A5 – Análisis formal de continuidad de características predeterminadas

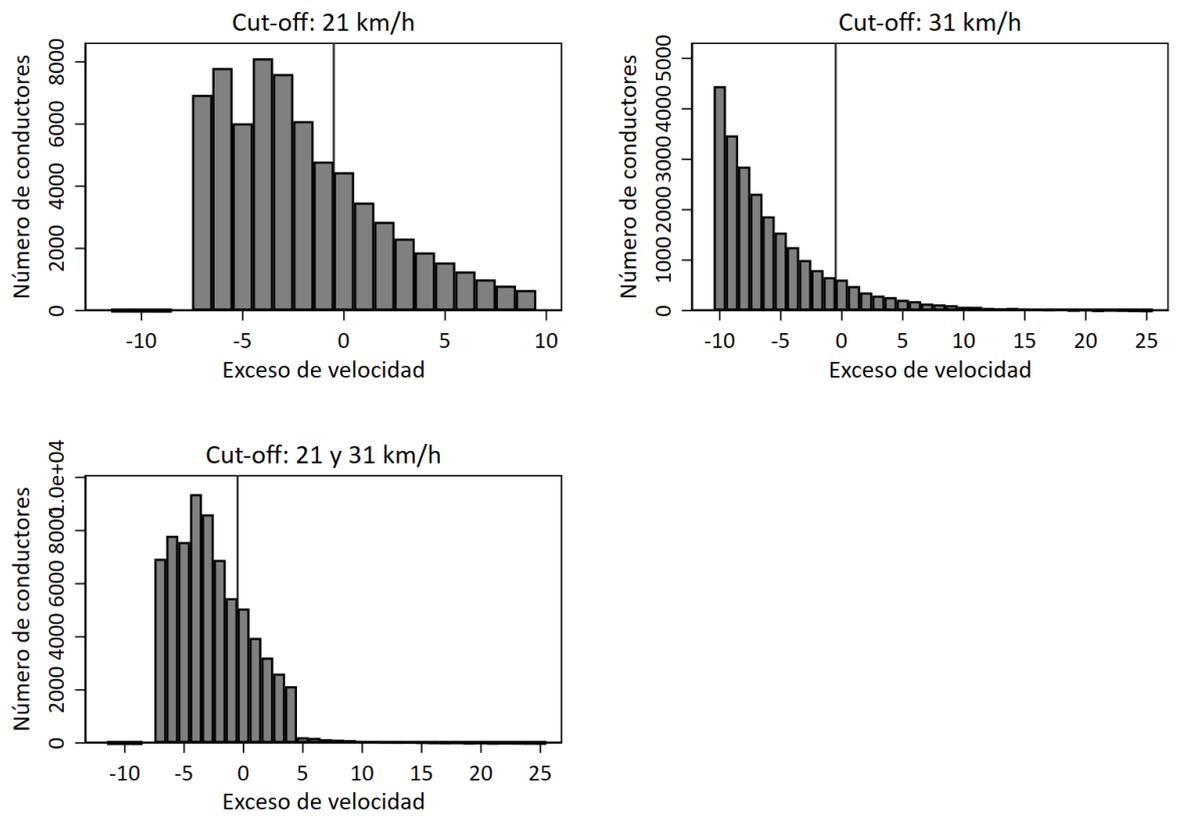
	MSE - Optimal <i>bandwidth</i>	Estimador RD	P- value	Intervalo de confianza		# Obs
<i>Cut-off: 21 km/h</i>						
Titular del vehículo es hombre	5.13	0.00	0.90	-0.03	0.03	39607
Multa en horario nocturno	1.99	0.09	0.00	0.05	0.08	12714
El año del modelo del vehículo es menor a 5 años	3.66	0.00	0.62	-0.02	0.04	31584
El año del modelo del vehículo es menor a 10 años	4.30	0.01	0.57	-0.02	0.04	41565
Multa cancelada	3.04	0.03	0.11	-0.01	0.08	31584
<i>Cut-off: 31 km/h</i>						
Titular del vehículo es hombre	3.19	0.02	0.60	-0.07	0.12	3439
Multa en horario nocturno	3.55	-0.02	0.91	-0.09	0.08	4220
El año del modelo del vehículo es menor a 5 años	4.12	-0.02	0.65	-0.09	0.06	5745
El año del modelo del vehículo es menor a 10 años	3.87	0.01	0.74	-0.07	0.09	4220
Multa cancelada	2.83	-0.13	0.00	-0.26	-0.05	2921
<i>Cut-off: 21 y 31 km/h</i>						
Titular del vehículo es hombre	5.31	0.00	0.72	-0.02	0.03	44497
Multa en horario nocturno	3.47	0.07	0.00	0.05	0.11	35804
El año del modelo del vehículo es menor a 5 años	4.00	0.00	0.80	-0.03	0.03	47310
El año del modelo del vehículo es menor a 10 años	5.08	0.01	0.54	-0.02	0.03	55092
Multa cancelada	3.57	0.01	0.75	-0.03	0.04	35804

Fuente: SUCIVE (Sistema Único de Cobro de Ingresos Vehiculares, Uruguay)

Notas: La variabilidad de observaciones utilizadas en cada estimación se corresponde a dos factores, en primer lugar, al *bandwidth* seleccionado, el cual se encuentra presentado para cada variables en la columna MSE - *Optimal bandwidth* y, en segundo lugar, el número de observaciones disponibles para cada variable. Para todas las variables con excepción de Titular del vehículo es hombre, contamos con 70,933 observaciones, sin embargo, no contamos con el dato del sexo del titular del vehículo para 13.744 vehículos que cometieron al menos una infracción en el periodo analizado.

14 Anexo 6

Figura A1 - Distribución de exceso de velocidad



15 Anexo 7

Demostración anexo 1 - Obtención de k^{max}

$$k^{max}(\Delta) = \frac{\Delta^3 \phi\left(\frac{\Delta}{2}\right)}{2\left(\Phi\left(\frac{3\Delta}{2}\right) - \Phi\left(\frac{\Delta}{2}\right)\right)}$$

Para los tres *cut-off* analizados $\Delta = 1$, siendo Δ la distancia entre los valores de la *running variable*, exceso de velocidad. A su vez, $\phi(\Delta)$ es la función de densidad estándar de una normal y $\Phi(\Delta)$ es la función de densidad acumulada (cdf). Siguiendo las recomendaciones de Frandsen (2017) tomamos la función normal.

$$k^{max}(\Delta) = \frac{1^3 \phi\left(\frac{1}{2}\right)}{2\left(\Phi\left(\frac{3 * 1}{2}\right) - \Phi\left(\frac{1}{2}\right)\right)} = \frac{0,3521}{2(0,9332 - 0,6915)} = \frac{0,3521}{2(0,2417)} = 0,7284$$

$$k^{max}(\Delta) = 0,73$$

16 Referencias bibliográficas

- Becker, G. S. (1968). Crime and Punishment: An Economic Approach. *Journal of Political Economy*, 76(2), 169-217. <https://doi.org/10.1086/259394>
- Cattaneo, M. D., Idrobo, N., & Titiunik, R. (2020). *A Practical Introduction to Regression Discontinuity Designs: Foundations*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108684606>
- Cattaneo, M. D., Keele, L., Titiunik, R., & Vazquez-Bare, G. (2016). Interpreting Regression Discontinuity Designs with Multiple Cutoffs. *The Journal of Politics*, 78(4), 1229-1248. <https://doi.org/10.1086/686802>
- Cattaneo, M., Idrobo, N., & Titiunik, R. (2018). *A Practical Introduction to Regression Discontinuity Designs: Volume II*. <https://www.cambridge.org/core/elements/practical-introduction-to-regression-discontinuity-designs/F04907129D5C1B823E3DB19C31CAB905>
- Chalfin and McCrary—2017—Criminal Deterrence A Review of the Literature.pdf*. (s. f.).
- Elvik, R., & Christensen, P. (2007). The deterrent effect of increasing fixed penalties for traffic offences: The Norwegian experience. *Journal of Safety Research*, 38(6), 689-695. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2007.09.007>
- Frandsen Brigham R. (2017). Party Bias in Union Representation Elections: Testing for Manipulation in the Regression Discontinuity Design when the Running Variable is Discrete. En *Regression Discontinuity Designs* (Vol. 38, pp. 281-315). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/S0731-905320170000038012>
- Gehrsitz, M. (2017). Speeding, Punishment, and Recidivism: Evidence from a Regression Discontinuity Design. *The Journal of Law and Economics*, 60(3), 497-528. <https://doi.org/10.1086/694844>
- Gelman, A., & Imbens, G. (2019). Why High-Order Polynomials Should Not Be Used in Regression Discontinuity Designs. *Journal of Business & Economic Statistics*, 37(3), 447-456. <https://doi.org/10.1080/07350015.2017.1366909>
- Goldenbeld, C. (2017). *Increasing traffic fines*.
- Goncalvez, F., & Mello, S. (2017). *Does the Punishment Fit the Crime? Speeding Fines and Recidivism*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3064406>
- Hansen, B. (2015). Punishment and Deterrence: Evidence from Drunk Driving. *American Economic Review*, 105(4), 1581-1617. <https://doi.org/10.1257/aer.20130189>
- Jou, R., & Chen, K. (2014). Highway drivers' willingness to pay for speeding violations in Taiwan. *Journal of Advanced Transportation*, 48. <https://doi.org/10.1002/atr.219>
- Killias, M., Villettaz, P., & Nunweiler-Hardegger, S. (2016). Higher Fines—Fewer Traffic Offences? A Multi-Site Observational Study. *European Journal on Criminal Policy and Research*, 22(4), 619-634. <https://doi.org/10.1007/s10610-016-9301-6>
- Lawpool Sri, S., Li, J., & Braver, E. R. (2007). Do Speeding Tickets Reduce the Likelihood of Receiving Subsequent Speeding Tickets? A Longitudinal Study of Speeding Violators in Maryland. *Traffic Injury Prevention*, 8(1), 26-34. <https://doi.org/10.1080/15389580601009764>
- McCrary, J. (2008). Manipulation of the running variable in the regression discontinuity design: A density test. *Journal of Econometrics*, 142(2), 698-714. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2007.05.005>

Organización mundial de la Salud. (2017). *Control de la velocidad*.
https://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/road_traffic/managing-speed/es/

Zaal. (1994). *Traffic Law Enforcement: A review of the literature*.