

Efecto del acceso a Internet fijo sobre resultados Educativos en Colombia

Valeria Herrera Salazar

26 de agosto de 2017

1. Introducción

Con la llegada de la economía de la información se ha argumentado que las políticas públicas en materia de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC en adelante) tienen un efecto multiplicador en el sistema de educación, mejorando el aprendizaje, permitiendo el acceso de los estudiantes a nuevas habilidades y, disminuyendo el costo asociado con la impartición de conocimiento. Para Colombia, el efecto multiplicador de las TIC en la dimensión educativa, como plataforma de movilidad socioeconómica, deberá ser evaluado en función del efecto casual que estas herramientas tengan en el desempeño escolar de los jóvenes.

Por consiguiente, a lo largo de este trabajo se busca consolidar evidencia sobre el efecto causal del acceso a Internet fijo sobre los resultados educativos. Particularmente, para el periodo 2006-2013, se pretende identificar si es posible afirmar que los estudiantes residentes en municipios con mayor cobertura/calidad en Internet fijo tienen un mejor desempeño escolar, siendo este medido por los resultados en las pruebas Saber 11.

A nivel internacional, el uso de las TIC surge como parte del proceso de liberalización del comercio de los servicios, y en este sentido, la Organización Mundial del Comercio suscribe en 1997 el Acuerdo General sobre el Comercio de Servicios (AGCS), en el cual se unifican una serie de principios “dadas las asimetrías en el grado de desarrollo de las reglamentaciones sobre servicios en los distintos países” (Frederick, 2002). Sin embargo, la integración de las TIC en el desarrollo económico y social fue posteriormente formulada en las Metas de Desarrollo del Milenio (MDM). Siguiendo a Gilhooly (2000), se puede inferir que el uso de las TIC es una estrategia fundamental para superar los inconvenientes relacionados con las condiciones que dificultan el proceso de capacitación de los docentes. En efecto, en este contexto, la tecnología aparece como un mecanismo para acelerar el proceso de formación de niños y jóvenes. En consecuencia, para lograr un adecuado uso de las TIC, sigue Gilhooly, será necesario implementar políticas públicas que favorezcan: i) entrenamiento y administración eficiente de la tecnología por los docentes; ii) ampliación de la cobertura de las TIC a zonas remotas con un desarrollo de infraestructura importante; y iii) elaboración de material de apoyo útil para el uso de las

TIC en el aula.

Bajo esta perspectiva, Marchesi (2009) dice que la presencia de ordenadores y conectividad en las escuelas está reduciendo la brecha digital que se observa en las sociedades latinoamericanas. Con esto, se espera que las TIC, junto con otro tipo de iniciativas sociales y educativas, aceleren el logro de las transformaciones necesarias en la educación. Por otro lado, Vidales (2005) menciona que las evidencias encontradas respecto del uso de las nuevas TIC en la educación indican que son interactivas, flexibles, entretenidas y capaces de transferir información amplia e instantánea, pero aún no logran transformar el aula, y no parecen estar en condiciones de resolver los grandes problemas de la educación en los países en desarrollo.

Esta dinámica de retroalimentación del desarrollo tecnológico y socioeconómico ha permeado las políticas públicas en Colombia desde finales de la década de los noventa. Sin embargo, es claro que la inclusión creciente de nuevas tecnologías requiere de un mayor compromiso y atención gubernamental. Valenzuela (2010), haciendo una breve reseña sobre la política de las TIC, señala que inicialmente, bajo el Decreto de ley 1900 de 1990, se consideraba a las telecomunicaciones como un servicio a cargo del Estado y como tal prevé la administración de sus recursos. A pesar de esto, con la aprobación del AGCS mediante la Ley 671 de 2001, comienza un camino orientado a la implementación de las TIC en un ambiente de libre mercado, libre competencia, libertad de precios y estímulos a la inversión privada.

Así, para 2006, se presenta un cambio institucional sustancial con la privatización de una importante compañía de telecomunicaciones -Telecom-, lo cual exigió plantear un nuevo enfoque para su provisión. El escenario de libre mercado al cual se enfrentan las telecomunicaciones a partir de 2006 requirió entonces de una ampliación de la cobertura, de la cual se vería beneficiada una mayor proporción de la población colombiana. De este modo, surge un nuevo marco institucional que busca asegurar la prestación eficiente de estos servicios, gracias a la expedición de la ley de TIC (Ley 1341 de 2009), que promueve el desarrollo competitivo sectorial con una evidente misión promotora de desarrollo socioeconómico, en especial para zonas vulnerables y apartadas del país. En consecuencia, el mercado de las TIC en Colombia se ha consolidado fuertemente desde entonces, y por esta razón la investigación comienza en este periodo de tiempo.

En este escenario de acelerado despliegue tecnológico y ampliación de cobertura, debe destacarse que las políticas que han permitido la ampliación de la cobertura de Internet no han tenido necesariamente en cuenta los paradigmas educativos y sociales, en donde el aula ha venido perdiendo protagonismo y la posibilidad de acceso a información está presente en todo momento.

Por consiguiente, aunque la ampliación de la cobertura podría suponer un efecto positivo sobre el desempeño académico de los estudiantes, se hace necesario considerar una evaluación plural del acceso al conocimiento que permita ampliar la discusión sobre la aproximación eficiente de la política pública en materia de TIC, al ámbito educativo. Así, es válido plantear la pregunta sobre si es suficiente aumentar la cantidad y calidad de puntos de acceso a Internet en Colombia para obtener mejores resultados educativos.

A partir de lo anterior, la presente investigación se enfoca a la posibilidad de identificar evidencia de una relación causal entre el aumento en el acceso a Internet fijo y los resultados educativos en Colombia en el periodo transcurrido a partir de 2006 y hasta 2013. Específicamente, en dicho periodo, se despliega la fase creciente convexa de la curva de difusión de Internet, debido, entre otros, a la liberalización del mercado. El énfasis en este período permite tener una fotografía de la evolución de la penetración de Internet en diversos espacios geográficos y su impacto sobre los resultados educativos.

Adicionalmente, este estudio se llevará a cabo con datos a nivel municipal sobre niveles de ancho de banda y penetración de Internet, proporcionados por el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (Min TIC), los resultados del examen Saber 11 facilitados por el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES), y otras características municipales que fueron tomadas de diversas fuentes.

El documento encuentra finalmente que en general no hay una relación causal entre el acceso a Internet fijo y los resultados educativos en Colombia. El caso del acceso público muestra cómo este puede afectar negativamente los resultados educativos cuando el análisis se realiza a nivel de colegios.

2. Literatura

Aunque considerar el impacto del Internet en todas las políticas públicas es cada vez más necesario, la literatura es inconclusa cuando busca evaluar su impacto sobre la educación, y específicamente, sobre el desempeño académico de niños y jóvenes. A pesar de este hecho, que será reseñado más adelante, el Grupo de Interés de Banda Ancha de Inglaterra (citado por Hyland, Layte, Lyons, McCoy y Silles, 2015) señala cinco canales por los cuáles el uso de banda ancha puede impactar positivamente la educación:

1. Mejor experiencia de aprendizaje: Permitiendo a las escuelas acceder a contenido educacional innovador, que motiva en el estudiante el deseo de aprender.
2. Cooperación entre instituciones dedicadas a la educación.
3. Despliegue de nuevas potencialidades: Innovaciones en una mayor escala; por ejemplo, permitiendo tener clases en otros idiomas dictadas por nativos.
4. Incremento en la eficiencia de los procesos dentro del área administrativa de soporte al proceso de enseñanza-aprendizaje.
5. Mayor cantidad, calidad y diversidad de material educativo externo.

Como se afirmó revisando un cuerpo de literatura relevante para la presente investigación, aquel que evalúa específicamente el efecto que tiene el acceso a Internet y a Banda Ancha (más que el acceso a computadores) en el desempeño educativo, responde a varios resultados

que permiten afirmar que la literatura no es concluyente.

El estudio de Belo, Ferreira y Telang (2014) es una guía importante para este documento por su diseño experimental. Los autores buscan evaluar si el uso de banda ancha en las escuelas mejora los resultados de los estudiantes en los exámenes nacionales de portugués y matemáticas de noveno grado realizados en Portugal, para lo cual toman un panel de datos recogido entre 2005 y 2009 usando primeras diferencias para eliminar la presencia de sesgo debido a efectos inobservados específicos a cada escuela, como la calidad de los profesores o la comodidad y el tamaño de los salones. A pesar de este control, el desempeño en las pruebas aún puede ser endógeno al uso de banda ancha, para lo cual se instrumentan esta última mediante la distancia de la escuela a la oficina central del Proveedor de Servicios de Internet (ISP, por sus siglas en inglés) más cercana; la lógica de este instrumento es que dicha distancia es una variable proxy de la calidad de la conexión a Internet, y en la medida que la distancia aumenta y por tanto la calidad de la conexión disminuye, el uso de Internet disminuye. Dado que esta distancia es una variable relativamente aleatoria que no depende de características propias de la escuela y no afecta directamente los resultados obtenidos en las pruebas, cumpliría su función como una variable instrumental válida.

En cuanto a los resultados del estudio, Belo, Ferreira y Telang (2014) encuentran que altos niveles de uso de banda ancha en los colegios eran perjudiciales en el desempeño de los estudiantes ya que, en promedio, la banda ancha es responsable por una disminución de 0.78 desviaciones estándar en los resultados obtenidos en las pruebas entre 2005 y 2009, caída que es significativa estadísticamente y que es más pronunciada en la evaluación de matemáticas. Adicionalmente, muestran que aquellos colegios que bloquean el acceso a páginas web que hacen uso intensivo de la banda ancha, como YouTube, se desempeñan relativamente mejor. A esta misma conclusión llegan Vigdor, Ladd y Martínez (2014) quienes, haciendo uso de efectos fijos de estudiantes, concluyen que la introducción de banda ancha en el hogar está asociada con modestos, pero significativos estadísticamente y persistentes impactos negativos (caída del 2,7% de una desviación estándar) en las calificaciones de exámenes de matemáticas de niños de secundaria en Carolina del Norte (EE.UU.) entre los años 2000 y 2005, efectos que igualmente son negativos, aunque no significativos, para los resultados de lectura. Estos autores también sugieren, de acuerdo a los resultados obtenidos, que los impactos negativos de la introducción de banda ancha son mayores para aquellos niños poco privilegiados económicamente, por lo que una política de este tipo podría potencialmente aumentar las brechas en el desempeño.

Por otro lado, Underwood et al. (2005) hacen un detallado estudio sobre, lo que, hasta el momento, se conocía sobre el impacto de las tecnologías de banda ancha en el proceso educativo desde un punto de vista tanto cualitativo como cuantitativo, evaluando la política del gobierno de Gran Bretaña de llevar conectividad de banda ancha a todas las escuelas para 2006. De este estudio, los autores encuentran que existe un impacto positivo en las escuelas secundarias, observándose un mejor desempeño académico y una mayor demanda de servicios de Internet luego de la instalación de banda ancha; este mismo efecto no se evidencia en las escuelas primarias, lo cual puede deberse a que a dicha edad los niños aún están adquiriendo las habilidades para mejorar su aprendizaje académico mediante Internet.

Para el caso de Brasil, Sprietsma (2012), con el uso de un pseudo-panel obtenido mediante datos de corte transversal repetidos, concluye que el uso del computador y de Internet como herramienta pedagógica por parte de los profesores tiene un efecto positivo y significativo en el desempeño de las pruebas de matemáticas y lectura, 0.089 y 0.184 desviaciones estándar respectivamente.

Finalmente, vale la pena reseñar dos trabajos que no encuentran resultados significativos. Goolsbee y Guryan (2006) encuentran que el programa E-Rate, implementado desde 1998 en escuelas públicas de California (EE.UU.) y que busca subsidiar la inversión en acceso a Internet, no tuvo efectos significativos en el desempeño de los estudiantes medido por una variedad de resultados en exámenes, aunque sí logró que hubiera un 68% más de aulas por profesor conectadas a Internet de las que hubiera habido en ausencia del programa; aunque tampoco encuentran evidencia para ello, los autores señalan que los efectos sobre el desempeño podrían observarse con cierto rezago en el tiempo. Cristia, Czerwolo y Garofalo (2014) por su parte evalúan el programa Huascarán en Perú, que dotaba de hardware, software y priorización en el acceso a Internet a algunas escuelas públicas de secundaria; usando una metodología de diferencias en diferencias, los autores no encuentran efectos significativos de un mayor acceso a tecnología sobre la repetición de cursos, la deserción o la matriculación inicial.

3. Datos y Estadísticas

Los datos más desagregados para realizar los análisis asociados con la respuesta a la pregunta de investigación que motiva este trabajo contendrían: información individualizada de cada estudiante, el tiempo de acceso a Internet diferenciado por el uso, las características del hogar, de los padres –educación y salario–, además de información de la escuela a la que asiste. Adicionalmente, la información relevante debería contener un conjunto completo de variables socio-demográficas.

Aunque para el presente trabajo no se cuenta con este tipo de información, la agregación a nivel municipal de la información permite el fácil acceso a variables de contexto socioeconómico. Igualmente, el nivel de agregación de esta investigación permite explotar el ejercicio desde la perspectiva de la oferta -el acceso a Internet-. En efecto, la calidad de los datos, extraídos del Min TIC, permite contextualizar el mercado de acceso a Internet fijo, tanto en sus dimensiones de calidad y asequibilidad, y así, poder ver sus efectos sobre los resultados del examen Saber 11.

Por otra parte, la riqueza de la información disponible para las variables asociadas con la provisión del servicio de Internet fijo, facilita el despliegue de procedimientos que permiten evaluar cómo la difusión tecnológica ha afectado el desempeño académico desde la perspectiva generalista de política pública.

3.1. Bases de Datos

Esta sección presenta algunas estadísticas para las variables de interés en Internet, resultados educativos, al igual que estadísticas correspondientes a las variables de control que se consideran necesarias para el análisis del modelo. En particular, se usan datos anuales para Colombia del 2006 al 2013 a nivel municipal. La información fue recolectada de tres diferentes fuentes, el Ministerio de Tecnología de la Información y las Telecomunicaciones (MinTIC), el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación ICFES y el panel de datos presentado por el Centro de Estudios sobre el Desarrollo Económico (CEDE) de la Universidad de los Andes.

Con respecto a la información del MinTIC se agregaron a nivel municipal los datos autoreportados por cada operador sobre cada contrato ofrecido de acceso a Internet fijo en Colombia. Las características tenidas en cuenta son:

- calidad de cada contrato, medido como la velocidad de bajada en Kilobits por segundo (kbps)
- cantidad de suscriptores que tomaron el contrato
- operador oferente
- municipio y departamento donde fueron ofrecidos
- tecnología usada para ofrecer el servicio, i.e. Cable, xDSL, Wireless, satelital, etc.
- tarifa a la que se ofreció el servicio
- segmento al que se ofreció el contrato

Como es posible observar, la base de datos no solo permite ver los contratos, es decir la oferta de Internet fijo en Colombia para cada año, sino también la demanda que efectivamente aceptó el servicio bajo ciertas condiciones.

Para crear las variables de interés promedio a nivel municipal la velocidad en Kbps ponderado por la cantidad de suscriptores que aceptaron el contrato, la cual representará en adelante la calidad del servicio, desde la perspectiva de la oferta. También se promedió la tecnología prestada por cada operador categorizada por la capacidad y calidad del Internet, para crear un índice de tecnología.

Por otro lado, con el objetivo del documento en mente es indispensable un referente en resultados educativos, para esto se emplean los resultados del examen Saber 11 presentados por el ICFES, los cuales permiten una buena aproximación para la comparación entre municipios. Gracias a la heterogeneidad de los resultados es necesario estandarizarlos por año y tema.

Para el caso de los controles necesarios según la literatura, la fuente principal es el panel de datos municipal del CEDE de la Universidad de los Andes. Entre las principales variables

están las relacionadas con geografía de cada municipio, con la capacidad de demanda del municipio, con la calidad de la educación y con el servicio de Internet.

3.2. Estadísticas descriptivas

En cuanto a las variables educativas, es importante hacer hincapié en la necesidad de incorporar efectos fijos de tiempo debido a los diferentes cambios en política por parte del ICFES en la medición de los resultados y recolección de los mismos. En la tabla 1 se muestran las estadísticas descriptivas de los puntajes de las áreas de conocimiento seleccionadas para realizar este estudio.

Tabla 1: Estadísticas puntajes estandarizados

<i>Estadísticas</i>	<i>Lenguaje</i>	<i>Matemáticas</i>	<i>Química</i>
<i>Conteo</i>	8860	8860	8860
<i>Min</i>	-10.5	-6.92	-9.70
<i>Max</i>	8.46	7.44	9.39
<i>p25</i>	-0.61	-0.63	-0.64
<i>p50</i>	0.05	-0.04	-0.02
<i>p75</i>	0.64	0.59	0.60

Entre los resultados que llaman la atención se encuentra el área de lenguaje, ya que presenta las cotas mayores y menores de la distribución total de los resultados, 10.5 desviaciones estándar por debajo de la media y 8.46 desviaciones estándar por encima. Esta dispersión podría sugerir que este componente del examen tiene mayor heterogeneidad entre municipios y/o años, considerando que estos son resultados de toda la muestra. Le sigue a este componente Química, el cual tiene sus cotas máxima y mínima alrededor de 9.5 desviaciones estándar. Matemáticas con cotas cercanas a 7 desviaciones estándar.

Es notable comparar los resultados de los percentiles, cuyos resultados son muy similares para todos los temas - aproximadamente 0.6 desviaciones estándar por debajo de la media para el percentil 25 y 0.6 por encima para el percentil 75.

Dado que los datos de Internet tienen tan variadas características y el objeto de estudio son los estudiantes, se van a tener en cuenta diferentes muestras del servicio de Internet. De hecho, gracias a las características de la base de datos de Internet es posible tener acceso a contratos ofrecidos a diferentes segmentos: corporativo, residencial y público (Compartel). Las muestras serán aquella que incluyen los tres segmentos (**total**), otra la que sólo tiene en cuenta el segmento residencial (**residencial**), y finalmente sólo el segmento público (**público**). Las causas de la necesidad de realizar esta distinción son el objeto de estudio de este documento, los estudiantes en sus diferentes contextos de aprendizaje y algunas pruebas de robustez sobre los resultados del análisis.

La tabla 2 presenta las estadísticas descriptivas de la muestra **total** según diferentes pe-

periodos regulatorios que tuvieron algún efecto significativo sobre el servicio de Internet. En cada año de corte, 2007 y 2010, se realizaron cambios sobre los indicadores de calidad para los servicios de Internet ¹. El cambio sobre la calidad se vió reflejado en la velocidad de bajada y subida mínima para medir banda ancha, para el 2007 se fijó como límite inferior 512 Kbps para la velocidad de bajada y de 256 Kbps de subida. Para el 2010 cambiaron los límites inferiores nuevamente para medir banda ancha, 1024 Kbps para la velocidad de bajada y 512 Kbps de bajada de banda ancha.

Para mejorar la precisión del análisis se modifican algunas variables escogidas para Internet. Como los datos de penetración en etapas iniciales son tan bajos y generan problemas de escala, se multiplicaron por 100 habitantes y para medir la capacidad de oferta se creó una variable que promedia la cantidad de contratos que ofrece una empresa en cada municipio (Contratos por Operador).

La variable penetración es una medida muy cercana a la de suscriptores por simple definición, ver ecuación (1). No obstante, el comportamiento tan cercano entre las variables *suscriptores* y *penetración*, cuando se controla por la población la desviación estándar es mucho menor en comparación. Es por esta razón que se determinó soportar el análisis sólo en la penetración por 100 habitantes, dado que el crecimiento a lo largo de los años es bastante alto y se observa distribuciones radicalmente diferentes.

$$penetración = \frac{suscriptores}{población\ total} \quad (1)$$

Saltan a la vista los cambios de distribución a lo largo de los periodos de tiempo determinados. La media de la penetración durante el periodo 2005-2007 son 34 conexiones por 10,000 habitantes mientras que para los siguientes periodos son 204 conexiones y 504 conexiones, para el 2008-2010 y 2011-2013 respectivamente. También es notorio el crecimiento para cada variable, los contratos por operador pasan de 2.7 a 13.03 en el último periodo, la velocidad de bajada promedio también es considerablemente mayor conforme aumentaba el tiempo, pasa de 195 Kbps en el periodo inicial a 378 Kbps en el periodo 2008-2010, y finalmente alcanza un promedio de 1,175 Kbps en el último periodo considerado. Estos aumentos en la velocidad están muy cercanos a los cambios regulatorios determinados por la Comisión de Regulación de Comunicaciones en materia de estándares mínimos de calidad de Banda Ancha en Colombia.

La diferencia entre municipios refleja rezagos importantes entre las principales ciudades y el resto de país, principalmente por los resultados tan dispares al comparar el mínimo y máximo, que a su vez también representa la relevancia de tener en cuenta en el análisis a desarrollar la separación por tamaño del municipio. Para el caso del periodo de 2011-2013, el máximo de penetración está alrededor de 12,019 conexiones por cada 10,000 habitantes, en comparación con los percentiles 25, 50 y 75; los cuales representan 17, 46 y 572 conexiones por 10,000 habitantes respectivamente. Este fenómeno también es evidente en la velocidad de bajada o la cantidad de contratos por operador promedio.

¹Resolución N° 1740 de 2007 (Comisión de Regulación de Telecomunicaciones) y Resolución N° 2352 de 2010 (Comisión de Regulación de Telecomunicaciones)

Tabla 2: Estadísticas descriptivas Internet por periodos regulatorios

2005-2007								
	<i>Conteo</i>	<i>Media</i>	<i>SD</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>p25</i>	<i>p50</i>	<i>p75</i>
<i>Penetración x 100 hab</i>	2207	0.34	1.02	0	16.80	0.04	0.10	0.20
<i>Contratos por Operador</i>	2207	2.70	2.82	1	25.46	1.25	1.67	2.50
<i>Velocidad de bajada</i>	2207	194.98	129.71	4	1,114.91	104.00	175.27	290.67
<i>Índice de oferta</i>	2207	1.41	0.71	1	5.5	1	1	1.61
<i>Tarifa</i>	2207	147,886	204,528	0	1'987,497	0	87,083	201,602
2008-2010								
	<i>Conteo</i>	<i>Media</i>	<i>SD</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>p25</i>	<i>p50</i>	<i>p75</i>
<i>Penetración x 100 hab</i>	2220	2.04	4.94	0	62.62	0.18	0.40	1.14
<i>Contratos por Operador</i>	2220	4.91	5.05	1	45.29	1.96	2.87	5.23
<i>Velocidad de bajada</i>	2220	377.77	257.49	46.39	2,780.71	203.75	314.34	464.00
<i>Índice de oferta</i>	2220	1.50	0.72	0.89	4.23	1	1	2.00
<i>Tarifa</i>	2220	178,432	165,006	0	1'719,355	73,458	132,225	229,139
2011-2013								
	<i>Conteo</i>	<i>Media</i>	<i>SD</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>p25</i>	<i>p50</i>	<i>p75</i>
<i>Penetración x 100 hab</i>	4239	5.40	11.36	0	120.19	0.17	0.46	5.72
<i>Contratos por Operador</i>	4239	13.03	22.28	1	365.18	1.92	3.57	15.43
<i>Velocidad de bajada</i>	4239	1,175.20	1,619.24	19.00	34,793.85	409.60	838.96	1396.04
<i>Índice de oferta</i>	4239	2.04	1.00	0	6	1.06	1.83	2.78
<i>Tarifa</i>	4239	133,373	224,993	0	3'572,247	9,271	52,240	160,334

Nota: Datos de Internet incluyen todos los segmentos a los cuales se les prestó el servicio: residencial, público y corporativo

También se debe hacer una acotación sobre el cero de la variable suscriptores en el mínimo. Como la base analiza un periodo de alta expansión geográfica del acceso a Internet, existen municipios que al comienzo de la base no tenían cobertura y, por ende, su penetración es igual a cero.

Por las razones expuestas anteriormente, se analiza la evolución de las mismas variables a través de los años. En cada una de las figuras a continuación se muestra la media, mediana y el rango inter- cuartil para cada año para las variables descritas en la tabla anterior.

La figura 1 muestra el progreso de la penetración por 100 habitantes durante los años 2006 a 2013.

A partir de la figura anterior, se infiere que el crecimiento de la penetración de Internet fijo ha sido importante en Colombia. En ocho años aumentó la capacidad de acceso representado por la media y los percentiles 75, a pesar de esto la mediana nos muestra que el avance real en todo el país no ha sido realmente significativo. Lo cual se ve también en la creciente brecha en el rango intercuartil, acompañado por la pronunciada diferencia entre la media y mediana. La consecuencia directa de esto es el rezago de la mayoría de municipios, donde a pesar del fomento al acceso a partir de políticas públicas, existen limitantes significativas de topología o capacidad de pago de la población para acceder efectivamente al servicio de Internet.

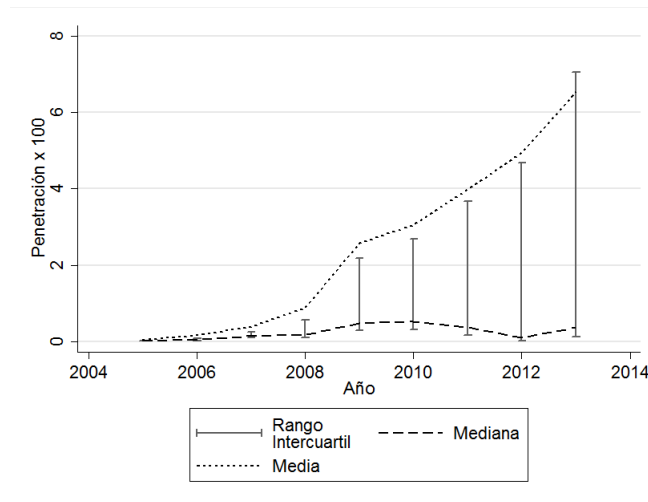


Figura 1: Estadísticas Penetración

Estos resultados también se reflejan en la figura 2, la cual muestra la cantidad de contratos ofrecidos por operador a nivel municipal. La oferta es muy baja en general, y a pesar de complejos esfuerzos de política se hacen evidentes los pocos incentivos que tienen los operadores para desplegar infraestructura o desplegar menús de contratos más diversos en cada municipio. Un posible resultado de esto, exclusivamente para el análisis, es la necesidad de separar aquellos municipios con altos niveles de acceso -desde la oferta y la demanda- de aquellos con bajos niveles.

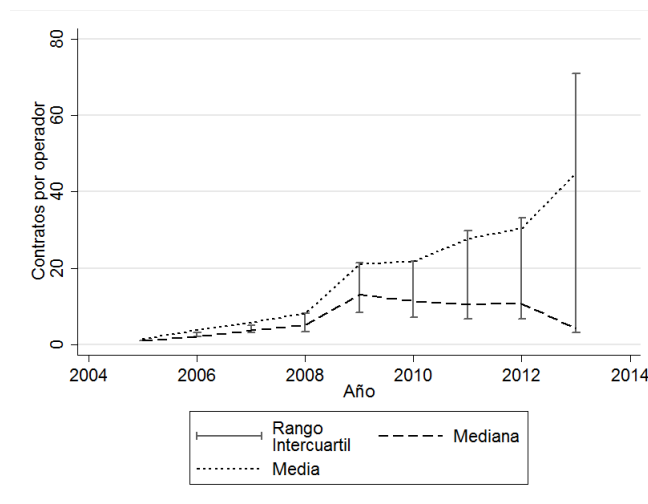


Figura 2: Estadísticas Contratos por operador

Contrario a esto, la calidad del acceso si presenta movimientos más ecuanímenes entre municipios. La figura 3 tiene el mismo formato que las dos gráficas anteriores, pero muestra estadísticas de velocidad ponderada por suscriptores.

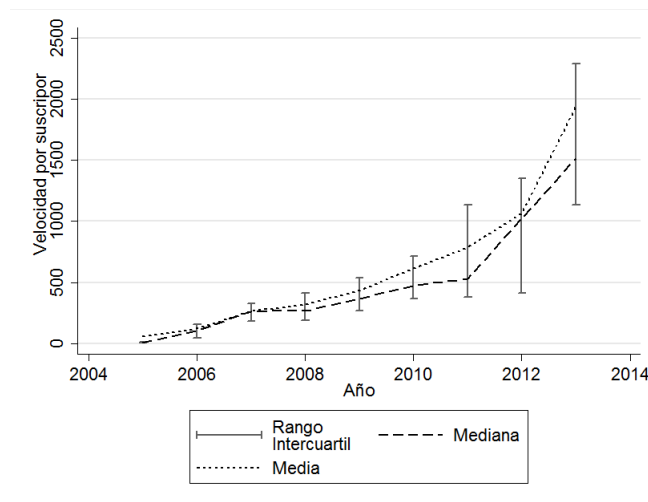


Figura 3: Estadísticas Velocidad promedio ponderada

El progreso de calidad, a pesar de la baja penetración en el país, ha sido constante y creciente. Aunque la comparación de la situación colombiana con estándares internacionales resulta en una baja calidad, ha habido avances significativos en la materia. En efecto, si bien en 2011 el promedio de velocidad fue menor a 1000 Kbps, en los últimos años de estudio el aumento es radical, superando los 2000 Kbps en el 2013 en la media.

Por último, se presentan las estadísticas descriptivas de los controles definidos para el ejercicio. La tabla 3 muestra los controles educativos y geográficos escogidos: La motivación para la utilización de cada uno de los controles descritos en la tabla es el resultado de la revisión de literatura desarrollada en secciones previas:

- La variable alumnos por docentes captura la “atención” promedio que recibirá cada alumno.
- Los controles geográficos de cada municipio para controlar por desarrollo, tamaño y dificultad de acceso de cualquier mercado que desee incursionar a un municipio. Por tanto, la distancia a capital y la inclinación miden posibilidad de acceso de la oferta educativa o de Internet
- El control índice de ruralidad busca ver cómo el porcentaje rural en cada municipio puede afectar en la adopción de nuevas tecnologías o en la calidad de la educación, es decir, cómo estas zonas adoptan mejor este tipo de mercados.
- Por último, el PIB municipal y el NBI son medidas de aproximación de ingreso y calidad de vida dentro de cada municipio.

Tabla 3: Controles

<i>Estadísticas</i>	<i>Alumnos por docente</i>	<i>Distancia a capital</i>	<i>Inclinación</i>	<i>Índice de ruralidad</i>	<i>PIB municipal</i>	<i>NBI por municipio</i>
<i>Conteo</i>	8951	8465	8465	8949	8976	8945
<i>Media</i>	22.0	119.8	121451.8	0.57	594.0	0.5
<i>SD</i>	4.1	97.2	137470.6	0.24	5184.5	0.2
<i>Min</i>	1	0.001	0.001	0	0.001	0.05
<i>Max</i>	61.2	600	1488039	1	162258	1
<i>p25</i>	19.7	54	14900	0.42	50.5	0.3
<i>p50</i>	22.0	98	76265	0.61	103.1	0.4
<i>p75</i>	24.4	155	186320	0.77	258.9	0.6

4. Metodología

El interés general en los efectos del acceso a Internet sobre los resultados educativos tiene un problema de medición, particularmente por no poder controlar el uso que tienen los alumnos y otros tantos sesgos, a los cuales se hará referencia en adelante. Así mismo, el problema de endogeneidad entre el acceso a Internet y el desempeño educativo conlleva a la necesidad de implementar un análisis econométrico a partir del enfoque de variables instrumentales.

La metodología para analizar el impacto del acceso a Internet fijo en los resultados promedio del examen Saber 11 para las áreas de conocimiento seleccionadas se basa en la aproximación lineal de la forma:

$$y_{mt} = \beta_0 + \beta_1 P_{mt} + \beta_2 W_m + \beta_3 W_{mt} + \theta_m + \theta_t + \varepsilon_{mt} \quad (2)$$

Donde y_{mt} representa el desempeño promedio en cada municipio de Colombia, el acceso a Internet fijo está presentado por P_{mt} . Por tanto, β_1 es el parámetro de interés, que representaría como un cambio en la demanda del servicio de Internet tiene efecto en sus resultados del examen Saber 11 en promedio dentro de cada municipio.

También se incluyen algunos controles a nivel municipal, para intentar reconocer algunas características que pueden afectar los resultados como ingresos promedio por municipio, calidad de la educación, características geográficas que determinan las características de los mercados, las cuales afectan principalmente la penetración del servicio de Internet en cualquier hogar y así poder explicar algunas diferencias en acceso y calidad del servicio. Por último, se incluyen efectos fijos de tiempo y municipio; y errores a nivel municipal.

Como se propuso al principio del documento, el objetivo es poder observar el efecto causal del Internet fijo sobre los resultados educativos a nivel municipal. Junto a esta tarea es posible que cada una de las variables explique parte del comportamiento de la otra. Por tanto, es probable que una medición a través de una regresión de mínimos cuadrados ordinarios no

permita obtener el efecto adecuado, ya que el error de esta puede estar correlacionado con la variable explicativa de interés.

Este documento construye, entonces, un índice de tecnología categórico a nivel municipal, como variable instrumental, y así poder explicar el acceso a Internet fijo a ese nivel de agregación.

Sobre la probabilidad de sesgo que puede estar ligada al error en esta medición, es posible llegar a algunas conclusiones basadas en la literatura sobre el tema. En general, las relaciones entre las dos variables, educación e Internet tienden a reforzarse positivamente. Particularmente gracias a efectos ingreso, es decir, ya que la educación de los estudiantes está sujeta a la capacidad de pago de sus tutores, esto implica también mayor capacidad de adquisición de bienes y por tanto mayor acceso a Internet. Por otro lado, mayor acceso a Internet tiene posibles implicaciones sobre la calidad de vida de los estudiantes, lo cual repercute en el desempeño académico.

A pesar de esto hay algunos elementos difíciles de medir que tienden a contrarrestar el real efecto del acceso a Internet fijo sobre resultados educativos, como los usos que le dan los integrantes del hogar a la navegación en Internet.

Desde la perspectiva de los posibles efectos que puede tener la educación sobre el acceso a Internet, la literatura reconoce, en términos generales, un carácter positivo. Por ejemplo, en el documento de Whitacre and Mills (2010) las decisiones de los hogares entre no tener acceso a Internet, acceso dial-up o acceso de banda ancha dependen de factores del hogar, como educación, ingreso y/o niveles de infraestructura. Parte de los resultados de esta investigación son: (i) mayores niveles de educación e ingresos disminuyen la probabilidad de tener acceso a Internet banda angosta y mayor probabilidad de tener banda ancha, (ii) también describen relaciones significativas de cómo el acceso a Internet en el trabajo tiene un efecto positivo sobre el acceso en el hogar y, (iii) una pareja casada o con hijos tiene una mayor probabilidad de tener acceso banda ancha, bastante correlacionado con los resultados de Horrigan (2005).

En el documento realizado por Srinuan (2013), el autor encontró que la mayor barrera para tener acceso a banda ancha es la disponibilidad de infraestructura, que tradujeron en gran parte en ingresos (donde el costo es mayor para los ingresos bajos, ya que este acceso implica gastos en computador u otros dispositivos). Además, observan como elementos como la educación, edad y género son relevantes para la decisión de acceder a banda ancha.

Ambos estudios resultan ilustrativos a la hora de concluir sobre las potencialidades de los efectos que puede tener la educación sobre la decisión de acceso al servicio de Internet fijo. La posibilidad de mayores niveles de educación de los miembros del hogar y/o mejor calidad de la educación de los estudiantes puede estar correlacionado directamente con la necesidad de mayor capacidad de acceso a bienes que no son de primera necesidad, como el servicio de Internet fijo.

Por otro lado, mayores niveles educativos se pueden reflejar en trabajos con mayor necesidad de estar conectados con la red. Hoy en día es muy probable encontrar una correlación

positiva entre trabajos mejor remunerados y la necesidad del acceso a Internet.

Es así como nace la necesidad de usar una variable instrumental para poder limpiar el sesgo, y por tanto la endogeneidad que existe entre el acceso a Internet fijo y el error de la aproximación por mínimos cuadrados ordinarios. Dado que el objetivo es intentar buscar el efecto causal sobre el desempeño académico, el uso de una variable instrumental es beneficioso para poder tener estimaciones consistentes.

4.1. Variable Instrumental: Índice de Tecnología del Internet fijo

A partir de la metodología de análisis seleccionada, es necesario encontrar un Instrumento que cumpla con las siguientes condiciones:

1. El instrumento debe estar correlacionado con las variables explicativas endógenas. Para este caso, la penetración por 100 habitantes en cada municipio
2. El instrumento no debería estar correlacionado con el término de error en la ecuación explicativa.

Según estas condiciones la mejor de las posibilidades dentro la base de datos obtenida es el índice de oferta, que se espera logre responder a las condiciones exigidas para llevar a cabo este análisis.

Desde que se incluyó en la Ley colombiana² el principio de neutralidad tecnológica hubo un cambio de estrategias inclusivas para aumentar el suministro de redes que soportan el acceso a Internet en cada uno de los municipios colombianos. De hecho, desde este cambio regulatorio, la diversidad de la oferta, en cuanto a infraestructura asociada, permite tener una mayor heterogeneidad que favorece la capacidad de medición del índice en el tiempo.

Es decir, el principio de neutralidad tecnológica, como medio que facilita el despliegue de diversas tecnologías para apalancar un mismo servicio, permitió la introducción de un gran abanico de tecnologías en cada municipio que es explotado con el índice propuesto como variable instrumental.

Construcción Índice de tecnología de la oferta

Los operadores de Internet han proveído el servicio de Internet fijo sujeto a diferentes tipos de contratos que involucran tecnologías tanto inalámbricas o alámbricas. Respecto a la infraestructura asociada las tecnologías alámbricas se destacan la Fibra Óptica, el Cable y el estándar xDSL. Mientras tanto, dentro de las tecnologías inalámbricas se destacan el WiMAX, el Wi-Fi, la Radio Microondas y la tecnología satelital.

²Ley 1341 de 2009

La tabla 4 muestra las categorías asignadas, siendo 1 la categoría con menor capacidad y calidad hasta 5, aumentando según mejora el acceso.

Tabla 4: Tecnología categórica

<i>Tecnología</i>	<i>Categoría asignada</i>
Satelital	1
Inalámbricas	2
xDSL	3
Radio microondas (WIFI, WIMAX)	4
Cable	5
Fibra óptica	6

Siguiendo el objeto de este documento, es preciso aclarar que cada uno de los conjuntos de tecnologías tiene implícitas ciertas características que están relacionadas con la infraestructura necesaria de despliegue, lo cual se ve reflejado no solo en el costo que debe incurrir el operador, así como los usuarios, sino también en la calidad del servicio de acceso a Internet.

Como se explicó en la descripción de los datos, la decisión de agrupar cada una de estas tecnologías presentes según su capacidad de emisión de calidad del servicio, en conjunto con el costo particular para el operador, ver tabla (4), permite crear un índice tecnológico para cada municipio. Esta clasificación se basa en la metodología desarrollada por Hidalgo y Oviedo (2016), en el contexto de estimación de funciones de demanda de acceso a Internet en Colombia, influenciada por decisiones regulatorias en materia de estándares mínimos de calidad.

Así se propone un índice que refleja la calidad ofrecida del servicio en cada municipio según los niveles de capacidad tecnológica de los proveedores. No obstante, la correlación entre la velocidad teórica, asociada a cada tecnología, y la velocidad fáctica en cada municipio no debe ser necesariamente positiva. En otras palabras, el Internet que es transmitido por Fibra Óptica puede prestar los mayores niveles de velocidad de bajada y de subida, pero dependiendo de las características de la demanda las velocidades pueden variar.

A continuación, se detallan los criterios tenidos en cuenta para la construcción del índice. Prestar el servicio a través de Fibra Óptica (categoría 6) permite mejor calidad, ya que admite enviar gran cantidad de datos a una gran distancia sin necesidad de un repetidor para recuperar la intensidad, mucho mayor a las que otras tecnologías de cable convencionales. Existen características físicas, principalmente distancia, a las cuales esta tecnología es mucho menos sensible, aunque puede variar en velocidades.

Seguido se encuentra el cable coaxial (categoría 5), entre sus principales ventajas se encuentra la capacidad de prestar la calidad efectiva que contrató el abonado, permite pocas pérdidas de velocidad y velocidades superiores a el resto de las categorías, como ADSL o Satelital. Además, esta tecnología admite usar la infraestructura ya habilitada para prestar servicio de Telefonía o Televisión; lo cual representa menores costos para el operador.

El siguiente caso lo representa el Internet prestado a través de Radio Microondas (categoría 4), el cual incluye Wi-Fi y WiMax. Cada una de estas tecnologías tiene como ventaja la posible prestación del servicio en lugares remotos, ya que permite el acceso de última milla, que suele ser el más costoso, a través de ondas.

Después son todas las tecnologías xDSL (categoría 3), las cuales proveen Internet de banda ancha sobre circuitos locales de cable de cobre, se encuentran entre la conexión del cliente y el primer nodo de red. Es decir, son tecnologías punto a punto. Las ventajas para el operador son: primero, logra descongestionar la red ya que el flujo se separa en el origen entre la señal telefónica y la de Internet. Segundo, es posible prestar el servicio sólo a aquel que lo requiera sin afectar las redes centrales. Por tanto, depende de la red ya dispuesta para el acceso a telefonía.

Las últimas dos tecnologías son Inalámbricas (categoría 2) y Satelitales (categoría 1), aunque se separaron por una razón de calidad, ambas pertenecen a la misma categoría, al igual que la tecnología de radio microondas.

Las tecnologías aquí categorizadas como inalámbricas se refieren a aquellas llamadas microondas terrestres, las cuales se utilizan por medio de parabólicas, y aunque tienen una gran cobertura, el gran problema es que el emisor y receptor deben estar perfectamente alineados, por esto se les denomina punto a punto en distancias cortas.

Las satelitales se recomiendan para lugares con bajo nivel de acceso o muy distantes de zonas pobladas. Los satélites hacen enlaces con estaciones terrestres, repite las señales que se envían desde tierra, en este punto la señal pierde capacidad y, por tanto, esta tecnología es aquella que tiene menor calidad de servicio.

Este índice logra reflejar en una sola variable las características principales de la oferta de Internet fijo en Colombia. La variable se construye como un promedio simple a nivel municipal y por año según la clasificación que obtuvo cada contrato ofrecido, lo que muestra en general la capacidad de los oferentes en cada municipio de inmersión dentro del mercado.

Validez del Instrumento

Como resultado de enmarcar el instrumento sólo desde la perspectiva de la oferta es posible inferir que esta variable está supremamente relacionada con la penetración, pero no está relacionada con los resultados académicos, en tanto que no es parte de una decisión del hogar.

Un posible problema que puede tener implícito el índice es que bajos niveles de la variable pueden deberse a varios escenarios: la demanda de Internet fijo de alta calidad es baja o es muy costoso llevar mejores tecnologías al municipio. Es decir, la demanda genera incentivos para atraer o no la inclusión de nuevas tecnologías, además esta decisión depende también del costo que implica para los oferentes llevarlas a nuevos municipios.

Ambas posibilidades son la enumeración de los incentivos que tienen los operadores para llevar mejores tecnologías a ciertos municipios, por tanto, es necesario tener controles como

distancia a capital, tamaño del municipio o un proxy de ingresos a nivel municipal.

Ya que el difícil acceso al mercado municipal, por diferentes vías, también es posible inferir que otro tipo de mercados se vean afectados por este tipo de dificultades, como el de educación. Razón por la cual se controla por la capacidad del municipio para acceder a cualquier servicio con el producto interno bruto de cada municipio. También se incluyen las variables distancia a la capital del departamento y una aproximación de la pendiente, medida por la ecuación 3:

$$\text{Inclinación} = \text{distancia} * \text{altura} \quad (3)$$

Es importante controlar por estas variables porque, como se relata en Kolko (2010), los proveedores del acceso a banda ancha encuentran mayores costos de extender el servicio en lugares más pendientes, y menores incentivos en demandas más lejanas a los puntos de concentración de la demanda, como las capitales al departamento.

Esta es la razón porque estos escenarios pueden restarle validez al instrumento y, por tanto, afectar la endogeneidad con la variable de interés, resultados del examen Saber 11, y la necesidad de controlar por acceso a mercados y capacidad de reacción de la demanda.

Por último, este documento más adelante intenta responder a la pregunta de la debilidad, validez y robustez del instrumento con las diferentes pruebas que se han creado para ayudar a responder a estas incógnitas.

5. Resultados

En esta sección se presentarán, en primer lugar, los resultados de evaluar la pertinencia del uso de la variable instrumental propuesta, índice de tecnología de la oferta. Así mismo, se expondrán y analizarán las estimaciones obtenidas por el método escogido para evaluar el impacto que los resultados del acceso a Internet tienen sobre las pruebas de Saber 11 (las variables de interés) en los años 2006 a 2013.

Para realizar un ejercicio robusto, y aprovechando la calidad de los datos de Internet, se crearon cortes sobre la muestra de esta base para analizar no sólo el mercado de Internet sobre el municipio, sino también los segmentos: residencial y el público. Además, se realiza todas las estimaciones con errores robustos agrupados por municipio.

Todas las regresiones presentadas se corrieron con los siguientes controles: alumnos por docentes, distancia a la capital del departamento al que pertenece el municipio, inclinación del municipio, índice de ruralidad, PIB a nivel municipal y NBI por municipio.

Mínimos Cuadrados Ordinarios

Las pruebas realizadas a las estimaciones del modelo MCO, con efectos fijos de tiempo y

de municipio, permiten concluir a primera vista que la correlación entre las variables de interés es positiva y significativa. Lo anterior derivado de los resultados de la regresión para cada prueba presentada en la (tabla 5)

Tabla 5: MCO

	<i>Lenguaje</i>	<i>Matemáticas</i>	<i>Química</i>
	<i>Total</i>		
<i>Penetración x 100 hab</i>	0.008*** (0.001)	0.005*** (0.001)	0.008*** (0.001)
<i>Controles</i>	SI	SI	SI
<i>EF tiempo</i>	SI	SI	SI
<i>EF municipio</i>	SI	SI	SI
<i>R</i> ²	0.697	0.629	0.655
<i>N</i>	8411	8411	8411
	<i>Residencial</i>		
<i>Penetración x 100 hab</i>	0.009*** (0.001)	0.005*** (0.001)	0.009*** (0.001)
<i>Controles</i>	SI	SI	SI
<i>EF tiempo</i>	SI	SI	SI
<i>EF municipio</i>	SI	SI	SI
<i>R</i> ²	0.697	0.629	0.655
<i>N</i>	8411	8411	8411
	<i>Público</i>		
<i>Penetración x 100 hab</i>	-0.109** (0.038)	-0.108* (0.051)	-0.151*** (0.039)
<i>Controles</i>	SI	SI	SI
<i>EF tiempo</i>	SI	SI	SI
<i>EF municipio</i>	SI	SI	SI
<i>R</i> ²	0.696	0.629	0.655
<i>N</i>	8411	8411	8411

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

Errores robustos agrupados a nivel municipal

Las estimaciones de mínimos cuadrados ordinarios dejan apreciar una correlación positiva y homogénea para el caso de la muestra total de acceso a Internet; es decir, aquella que cubre los segmentos residencial, público y corporativo; y para el acceso residencial. Por el contrario, para el acceso público es posible ver un efecto negativo y significativo dentro de cada municipio.

Sobresale cómo, a pesar de los diferentes tipos de pruebas, lo relevante parece ser el tipo de acceso en cada municipio. En promedio un aumento de una conexión por cada 100 habitantes aumenta el resultado en las pruebas en 0.007 desviaciones estándar, si la conexión pertenece a cualquier segmento o si es netamente residencial. Sin embargo, si la conexión es pública caerá en 0.109 desviaciones estándar con respecto a la media, y mayor aún para química que podría llegar a verse afectado en 0.151 desviaciones en promedio para cada municipio.

A lo largo del documento se ha observado que, a pesar de los efectos ambiguos en la práctica, que relacionan acceso a Internet y resultados educativos, la mayoría espera obtener un efecto positivo. Por tanto, estas primeras conclusiones parecen ser coherentes con la intuición inicial, a pesar de los resultados de conexiones públicas en cada municipio.

Dado que la razón de estos primeros hallazgos sea el sesgo en la relación entre las variables de interés, como se detalla en acápites anteriores, los siguientes resultados pretenden corregir este sesgo a través de la variable instrumental propuesta -Índice de tecnología-.

Variable Instrumental

Del proyecto inicial del uso de la variable instrumental planteada, surge la necesidad de analizar que tanto explica el índice de tecnología de la oferta a la penetración. La intuición inicial al respecto es un efecto positivo, y claro significativo, dado que el ingreso de una nueva tecnología es una estrategia de inclusión por parte de la oferta para posteriormente aumentar la demanda. Este análisis es además necesario para la metodología escogida, ya que esta primera etapa logra evidenciar la validez del instrumento.

Los resultados se encuentran en la tabla 6. En primer lugar y con el fin de evitar posibles problemas de multicolinealidad no se incluyó el análisis la variable de tarifa, por la alta correlación que presenta con la variable velocidad y con el índice de oferta. Segundo, se escogió el modelo que mayor bondad de ajuste presenta para la evaluación de impacto de cada intervención.

Tabla 6: Primera etapa

	<i>Penetración x 100 hab</i>		
	<i>Total</i>	<i>Residencial</i>	<i>Público</i>
<i>índice de oferta</i>	0.667*** (0.185)	0.182* (0.086)	0.077*** (0.006)
<i>log(alumnos x docente)</i>	1.586* (0.786)	1.475* (0.705)	0.0003 (0.019)
<i>log(distancia a capital)</i>	71.586** (22.470)	68.111*** (20.387)	1.039** (0.337)
<i>log(inclinación)</i>	-45.007** (14.354)	-42.872** (13.023)	-0.619** (0.215)
<i>log(PIB mun)</i>	6.179*** 0.266	5.973*** (0.245)	-0.188*** (0.006)
<i>NBI</i>	-23.345*** (4.715)	-20.554*** (4.252)	-1.848*** (0.071)
<i>Índice de ruralidad</i>	30.104 (16.295)	29.388* (14.758)	0.330 (0.243)
<i>EF tiempo</i>	SI	SI	SI
<i>EF municipio</i>	SI	SI	SI
<i>R²</i>	0.675	0.666	0.510
<i>N</i>	8463	8463	8463

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

Errores robustos agrupados a nivel municipal

La primera etapa se puede ver en tabla 6, la cual incluye tanto las variables explicativas de la penetración, como efectos fijos por año y municipio, este modelo presenta un coeficiente múltiple de determinación alrededor de 0.675.

En el modelo estimado se evidencia que de las variables explicativas elegidas como determinantes de la penetración por cada 100 habitantes son significativas entre el 95 a 99 por ciento, y en menor medida el logaritmo de alumnos por docente y el índice de ruralidad.

Para el caso que nos compete, el índice de oferta tiene los resultados esperados, es significativo y, por tanto, es un instrumento que está altamente correlacionado con la variable explicativa endógena (penetración por 100 habitantes). Particularmente, se puede observar una caída en el coeficiente para el segmento público y una disminución del grado de significancia en el segmento residencial, puede ser indicio de tener un instrumento débil para el segmento residencial.

Así las cosas, es preciso entrar a revisar los signos de los coeficientes estimados en cada modelo y poder concluir si son coherentes con la hipótesis esperada. El análisis que se presente a continuación se realiza simultáneamente para los tres modelos.

En primer lugar, se observa que la variable instrumental tiene un efecto positivo sobre la penetración, lo que es un resultado esperado. Como ya se ha descrito anteriormente, dado que el *índice de oferta* es la capacidad de la oferta de prestar cierta calidad de tecnología es de esperarse que afecte positivamente la variable endógena, ya que esto implica que la demanda de este bien debería aumentar si se presentan mejoras en la calidad del servicio. Esto es justamente lo que se ve reflejado en los resultados de esta primera etapa.

De este resultado podría concluirse que el aumento en 1 punto del índice de oferta, es decir con la inclusión de una tecnología más avanzada en cualquier segmento, es posible generar un aumento en 66 conexiones por cada 10,000 habitantes en promedio en cada municipio. Para el caso en que se inserte una nueva tecnología para la prestación del servicio residencial el aumento disminuye a 18 conexiones por cada 10,000 habitantes y, es aún menor, si la conexión es pública 7 conexiones por cada 10,000 habitantes.

Una vez analizada la bondad de ajuste de los modelos propuestos en su primera etapa (tabla 6), es pertinente entrar a evaluar el objetivo principal de esta tesis, esto es, el impacto del acceso al servicio de Internet sobre los resultados educativos a nivel agregado.

Tras realizar la estimación de la segunda etapa para la prueba de lenguaje, matemáticas y química, se encontró que para el periodo 2006-2013, no hubo en general un impacto del acceso a Internet sobre los resultados de las diferentes pruebas. Lo anterior podría estar altamente correlacionado con los diferentes resultados que se han encontrado en los diferentes documentos sobre la relación entre el acceso a Internet y la educación.

Especialmente se hace referencia al documento de Kremer et al (2013), donde se comparan los diferentes resultados que se han encontrado en evaluaciones de impacto que examinan cómo en países desarrollados la inclusión de diferentes programas relacionados con educación han afectado los resultados académicos. Todas las comparaciones en términos de resultados

educativos se realizan en desviaciones estándar, con un intervalo de 90% de confianza. Para el caso colombiano, los programas donde se analiza el acceso a computadores con asistencia no tiene mejoras significativas en los resultados, los autores se aventuran a decir que las razones de estos resultados se deben a que los programas no se adaptan a los niveles de conocimiento de cada estudiante y el uso de los computadores no están vinculado al currículo escolar.

En este ejercicio se encontró que la penetración en cada municipio por cada 100 habitantes no generó, en promedio, ningún efecto en los resultados estandarizados para ninguno de los segmentos en cuestión: total, residencial o público. Por tanto, el ejercicio está muy cercano a los resultados encontrados en documentos anteriores al respecto del tema (ver tabla 7).

Tabla 7: Segunda etapa

	<i>Lenguaje</i>	<i>Matemáticas</i>	<i>Química</i>
	<i>Total</i>		
<i>Penetración x 100 hab</i>	0.032 (0.023)	-0.044 (0.030)	0.037 (0.024)
<i>Controles</i>	SI	SI	SI
<i>EF tiempo</i>	SI	SI	SI
<i>EF municipio</i>	SI	SI	SI
<i>F Kleibergen-Paap</i>		12.06	
<i>N</i>		8411	
	<i>Residencial</i>		
<i>Penetración x 100 hab</i>	0.008 (0.045)	-0.011 (0.054)	0.062 (0.056)
<i>Controles</i>	SI	SI	SI
<i>EF tiempo</i>	SI	SI	SI
<i>EF municipio</i>	SI	SI	SI
<i>F Kleibergen-Paap</i>		3.69	
<i>N</i>		8411	
	<i>Público</i>		
<i>Penetración x 100 hab</i>	-0.126 (0.149)	-0.119 (0.181)	-0.276 (0.156)
<i>Controles</i>	SI	SI	SI
<i>EF tiempo</i>	SI	SI	SI
<i>EF municipio</i>	SI	SI	SI
<i>F Kleibergen-Paap</i>		161.80	
<i>N</i>		8411	
	* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001		
	<i>Errores robustos agrupados a nivel municipal</i>		

En cuanto a la debilidad del instrumento, se puede concluir después de ver la estadística F de Kleibergen-Paap, opción válida para el análisis ya que el análisis se encuentra bajo el supuesto

de errores robustos, es mayor a 10 para el caso del segmento Total y Público, por tanto, pasa el criterio de regla general propuesta por Staiger y Stock (1997). Para el segmento Residencial se puede ver que el instrumento es débil.

Por otra parte, es importante resaltar que los coeficientes, aunque no son significativos, tiene un comportamiento muy similar entre los resultados del segmento residencial y el total, y muy cercanos a los resultados que muestra Kremer et al (2013): alrededor de 0.1 con un intervalo de confianza que se mueve ente 0.3 y -0.05. Los resultados del público, en contraste, superan el límite inferior del rango descrito por los autores en su documento.

Gracias a estos resultados en el segmento residencial, es necesario considerar el instrumento cómo débil y realizar el mismo ejercicio con otro método. En consecuencia, se presenta a continuación el resultado del mismo ejercicio realizado anteriormente, pero con estimadores LIML. (ver tabla 8). El objetivo de este ejercicio es determinar si los estimadores son robustos a diferentes metodologías y así poder minimizar las preocupaciones resultantes del bajo resultado de la F para el segmento residencial.

Como es evidente los resultados no cambian mucho, es más los cambios más significativos se evidencian en el segmento residencial -justamente donde se presentaban los problemas de un instrumento débil-. Sin embargo, las diferencias son mínimas con respecto al tamaño del coeficiente, se mantiene la no significancia y los signos de cada uno. Por tanto, es posible concluir que el instrumento logra ser robusto bajo esta prueba.

Análisis de sensibilidad

Adicionalmente, se presenta un análisis gráfico de sensibilidad para concluir si el instrumento propuesto, bajo supuestos menos fuertes sobre la relación entre los resultados académicos y el índice de tecnología de oferta, logra cumplir con las condiciones de exogeneidad. Por tanto, el objetivo general es ver cómo el estimador de la variable instrumentada -penetración por cada 100 habitantes- se comporta relajando el supuesto de exogeneidad³.

Este trabajo está basado en la investigación de Conley et al (2012), donde presentan cuatro estrategias para realizar este ejercicio. Para este caso en particular se utiliza aquel dónde sólo se especifican el conjunto de valores que puede tener la relación entre el instrumento y los resultados académicos (refiérase al documento: γ), donde se espera que sus valores sean lo suficientemente cercanos a cero. Esto es contrastado con los valores estimados que toma β -y su intervalo de confianza-, el parámetro de tratamiento de interés, sujeto a los valores de γ .

En general, los resultados son consistentes con los resultados que se obtuvieron inicialmente en la segunda etapa y los estimadores LIML. No se encuentra un efecto significativo del tratamiento, sin importar que tan distante sea γ de cero. Esto, justamente, trae consigo un buen resultado con respecto al instrumento, bajo esta prueba el instrumento logra cumplir con la restricción de exclusión para el segmento total (ver figura 4)⁴.

³Todas las estimaciones son realizadas con errores robustos agregados a nivel municipal

⁴El análisis para el resto de los segmentos se presenta en el apéndice de este documento

Tabla 8: LIML

	<i>Lenguaje</i>	<i>Matemáticas</i>	<i>Química</i>
	<i>Total</i>		
<i>Penetración x 100 hab</i>	0.031 (0.022)	-0.042 (0.029)	0.036 (0.023)
<i>Controles</i>	SI	SI	SI
<i>EF tiempo</i>	SI	SI	SI
<i>EF municipio</i>	SI	SI	SI
<i>F Kleibergen-Paap</i>		12.06	
<i>N</i>		8411	
	<i>Residencial</i>		
<i>Penetración x 100 hab</i>	0.008 (0.038)	-0.009 (0.046)	0.055 (0.047)
<i>Controles</i>	SI	SI	SI
<i>EF tiempo</i>	SI	SI	SI
<i>EF municipio</i>	SI	SI	SI
<i>F Kleibergen-Paap</i>		3.69	
<i>N</i>		8411	
	<i>Público</i>		
<i>Penetración x 100 hab</i>	-0.126 (0.148)	-0.119 (0.180)	-0.275 (0.155)
<i>Controles</i>	SI	SI	SI
<i>EF tiempo</i>	SI	SI	SI
<i>EF municipio</i>	SI	SI	SI
<i>F Kleibergen-Paap</i>		161.7993	
<i>N</i>		8411	

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

Errores robustos agrupados a nivel municipal

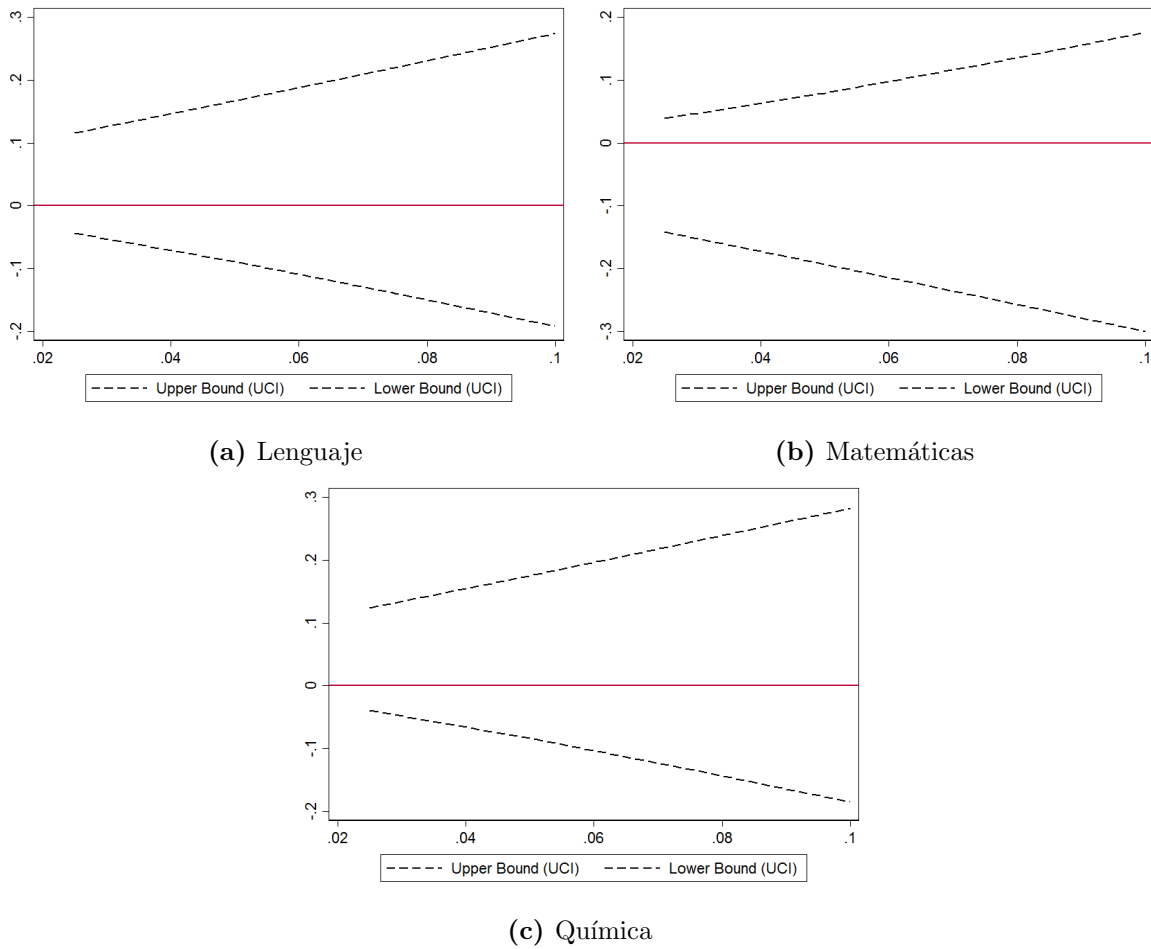


Figura 4: Análisis de sensibilidad para el segmento TOTAL

Complementariamente, con el fin de enriquecer los resultados obtenidos hasta el momento se desarrollan ejercicios de interés para la literatura que relaciona el despliegue tecnológico con el desempeño educativo. En primer lugar, se realizó un corte por periodo de tiempo para cada una de las muestras antes detalladas, por segmento total, residencial y público a nivel municipal. Segundo, en función de aprovechar la información que se encuentra en el ICFES, se realiza un análisis según la naturaleza del colegio, oficial y no oficial.

Efectos heterogéneos por periodos de tiempo

Inicialmente, se determinaron los periodos de tiempo 2006 a 2009 y 2010 a 2013, por la regulación que se dio en el año 2009, donde se cambia el mínimo de medición de banda ancha y, para el caso de esta investigación, la nueva medición de banda ancha sería 1024 Kb/s para la velocidad de bajada.

En la tabla 9 se puede ver los resultados tras realizar el corte de la muestra a nivel municipal por periodos. En este caso es posible ver que a pesar de los intentos iniciales de despliegue

del servicio en Colombia y el aumento acelerado de la demanda en un primer momento del tiempo, no hay ninguna afectación real respecto a los resultados académicos.

Es posible concluir que, a pesar del cambio regulatorio, no hubo un impacto relevante ni antes ni después en los resultados académicos. Particularmente, el segmento que mayor impacto tuvo sobre los resultados fue el público, con efectos para matemáticas y química negativos y significativos en el primer periodo de tiempo e iguales a cero en el segundo.

Para la prueba de lenguaje el efecto es mayor en el primer periodo de tiempo, a pesar de ser negativo en los segmentos total y público, y no significativos. Es de resaltar que para todos los cortes de tiempo y segmento el instrumento parece ser válido.

Tabla 9: Efectos heterogéneos por años

	<i>2006-2009</i>			<i>2010-2013</i>		
	<i>Total</i>					
	<i>Lenguaje</i>	<i>Matemáticas</i>	<i>Química</i>	<i>Lenguaje</i>	<i>Matemáticas</i>	<i>Química</i>
<i>Penetración x 100 hab</i>	-0.018 (0.037)	-0.050 (0.043)	-0.007 (0.036)	-0.006 (0.024)	0.061* (0.029)	0.015 (0.025)
<i>Controles</i>	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<i>EF tiempo</i>	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<i>EF municipio</i>	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<i>F Kleibergen-Paap</i>		18.72			32.22	
<i>N</i>		4206			4205	
	<i>Residencial</i>					
	<i>Lenguaje</i>	<i>Matemáticas</i>	<i>Química</i>	<i>Lenguaje</i>	<i>Matemáticas</i>	<i>Química</i>
<i>Penetración x 100 hab</i>	0.025 (0.023)	0.018 (0.029)	0.029 (0.025)	0.000 (0.001)	-0.001 (0.001)	0.001 (0.001)
<i>Controles</i>	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<i>EF tiempo</i>	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<i>EF municipio</i>	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<i>F Kleibergen-Paap</i>		0.02			0.00	
<i>N</i>		4206			4205	
	<i>Público</i>					
	<i>Lenguaje</i>	<i>Matemáticas</i>	<i>Química</i>	<i>Lenguaje</i>	<i>Matemáticas</i>	<i>Química</i>
<i>Penetración x 100 hab</i>	-0.316 (0.18)	-0.449* (0.219)	-0.502** (0.19)	-0.09 (0.201)	-0.15 (0.227)	-0.20 (0.205)
<i>Controles</i>	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<i>EF tiempo</i>	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<i>EF municipio</i>	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<i>F Kleibergen-Paap</i>		38.71			101.06	
<i>N</i>		4206			4205	

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

Errores robustos agrupados a nivel municipal

Efectos heterogéneos por naturaleza del colegio

En este segundo ejercicio se realizó un repeated cross section. Donde se unió la base del ICFES, ya no a nivel municipal sino a nivel colegio para mantener características como natu-

raleza del colegio y número de niños que presentaron, con la base a nivel municipal de Internet (los controles también se presentan a nivel municipal). El análisis siguiente busca reproducir el efecto del acceso *público* de Internet fijo sobre los colegios en Colombia, por esta razón sólo se procederá a realizar el análisis con el acceso público a Internet fijo.

En este caso, por ser un modelo completamente nuevo se procede a revisar detalladamente cómo se comporta el instrumento. En primer lugar, se presenta la primera etapa donde se comparan cómo el instrumento explica la variable de tratamiento no sólo en toda la muestra sino también aplicando los cortes de muestra por naturaleza. En segundo lugar, se presenta la segunda etapa en la muestra sin segmentar. Y, por último, la segunda etapa para aquellos colegios oficiales y no oficiales.

La primera etapa se puede ver en la tabla 10. Los resultados son significativos al 99 % y tienen el signo esperado para segmento público. Esto en principio puede señalar que el instrumento es confiable para este segmento.

Tabla 10: Primera etapa: efectos heterogéneos por naturaleza del colegio

	<i>Todos Colegios</i>	<i>Oficial</i>	<i>No oficial</i>
	<i>Público</i>		
	<i>Penetración x 100 hab</i>		
<i>Índice de tecnología</i>	0.075*** (0.002)	0.067*** (0.003)	0.081*** (0.003)
<i>N</i>	71896	28238	43096
	* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001		
	<i>Errores robustos agrupados a nivel municipal</i>		

Para el caso del acceso a Internet público el efecto es negativo y significativo en cualquiera de las pruebas analizadas, sin embargo, para lenguaje el impacto es mucho menor que matemáticas o química, que de hecho son bastante similares. Inicialmente esto puede estar relacionado con el bajo efecto que la política pública está teniendo sobre la educación o, posiblemente, con los bajos incentivos que tienen los estudiantes para acceder a Internet fijo público en el país.

Sobre los resultados estadísticos la estadística F Kleibergen-Paap es bastante alta, lo que repercute directamente en la no debilidad del instrumento.

Los resultados del análisis según el tipo de colegio se presentan en la tabla 12. Para el segmento público parece que el efecto es negativo en cualquiera de las tres áreas de conocimiento de la prueba SABER 11, sin importar la naturaleza del colegio. Aun así, en los colegios oficiales el efecto causal de la penetración por cada 100 habitantes disminuye. Igualmente, es importante hacer hincapié en el hecho que el efecto es mucho mayor para las pruebas de matemáticas y química, y en menor medida en las pruebas de lenguaje -como se entreveía en el ejercicio anterior-. Los resultados parecen estar muy cercanos a aquellos encontrados por Belo, Ferreira y Telang (2014) donde encuentran, retomando lo escrito anteriormente, que hubo una dismi-

Tabla 11: 2SLS a nivel Colegios

	<i>Lenguaje</i>	<i>Matemáticas</i>	<i>Química</i>
	<i>Público</i>		
<i>Penetración x 100 hab</i>	-0.067*** (0.014)	-0.546*** (0.023)	-0.467*** (0.019)
<i>Controles</i>	SI	SI	SI
<i>EF tiempo</i>	SI	SI	SI
<i>EF municipio</i>	SI	SI	SI
<i>F Kleibergen-Paap</i>		1556.82	
<i>N</i>		71896	

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

Errores robustos agrupados a nivel municipal

nución de 0.78 desviaciones estándar en las pruebas entre 2005 y 2009, estos comaprados con los resultados aquí observados, una disminución que varía entre 0.12 a 0.691.

Adicionalmente, al realizar la comparación de lenguaje, matemáticas y química entre colegios oficiales y no oficiales se encuentra que el efecto es mucho menor para los colegios oficiales, probablemente porque el acceso a los servicios de Internet público es mucho más directo y constante, en todo caso, el efecto sigue siendo negativo.

Tabla 12: 2SLS efectos heterogéneos según naturaleza del colegio

	<i>Público</i>					
	<i>Lenguaje</i>	<i>Matemáticas</i>	<i>Química</i>	<i>Lenguaje</i>	<i>Matemáticas</i>	<i>Química</i>
<i>Penetración x 100 hab</i>	-0.122*** (0.023)	-0.691*** (0.042)	-0.584*** (0.032)	-0.055** (0.019)	-0.465*** (0.029)	-0.385*** (0.024)
<i>Controles</i>	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<i>EF tiempo</i>	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<i>EF municipio</i>	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<i>F Kleibergen-Paap</i>		504.70			914.37	
<i>N</i>		28238			43096	

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

Errores robustos agrupados a nivel municipal

6. Conclusiones

La evidencia que se mostró anteriormente demuestra que, en efecto, a pesar de las políticas públicas que sostienen el crecimiento exponencial en cuanto a acceso a Internet, no se está viendo el impacto positivo que se espera constantemente en la educación colombiana.

Comparativamente, los resultados de este documento son bastante cercanos a otros documentos que han tratado el tema desde otras perspectivas, no sólo en Colombia sino también en otros lugares del mundo. Por ejemplo, en Kremer et al (2013) este resultado parece estar conforme con otras evaluaciones de impacto aquí en el país.

Cuando el ejercicio se lleva a nivel colegios se debe resaltar el efecto negativo que tiene el acceso público en las pruebas educativas, sin importar cuál es la naturaleza del colegio -oficial o privado-. En este caso vale la pena recordar que la mayoría del acceso a Internet en colegios públicos en municipios pequeños se realizó a través del programa COMPARTEL, lo que podría estar evidenciando, muy someramente, un problema de aplicación de este programa.

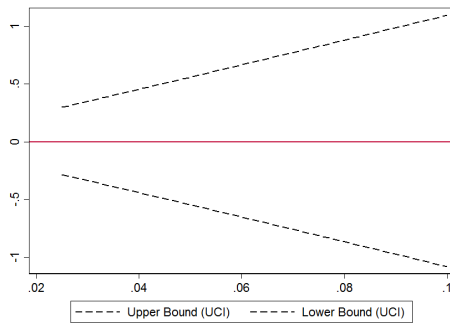
En el caso de Brasil, Belo, Ferreira y Telang (2014) encuentran que el acceso a Internet tiene un efecto negativo de 0.78 desviaciones estándar en el desempeño en la prueba de matemáticas, muy cercano a los resultados aquí encontrados cuando se realiza el estudio a nivel colegios, que se encuentra alrededor de 0.5 desviaciones para matemáticas.

Estos resultados, al estar muy coordinados con otras investigaciones en el tema aquí en Colombia, logra poner en tela de juicio la política pública de acceso en Colombia y cómo esta se ha llevado a cabo en los últimos años en términos de educación. Y parte de lo que se pretende esbozar en este documento, y como lo recalca Gilhooly (2000), es necesario que se relacione el aumento de la cobertura con la utilidad del material que se entrega en el aula.

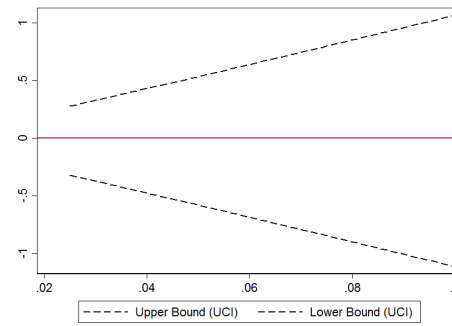
Además de estas conclusiones generales, también es importante resaltar los resultados de los diferentes análisis con respecto al instrumento propuesto. Este cumple, en la mayoría de los ejercicios, con gran parte de las exigencias teóricas que debe tener una variable para ser un buen instrumento.

Apéndice A Análisis de sensibilidad Residencial y Público. Nivel municipal

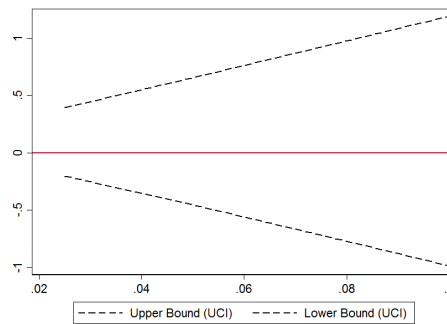
Los resultados para el segmento Residencial y Público continúan siendo consistentes con los resultados obtenidos en la primera fase, no diferentes de cero.



(a) Lenguaje

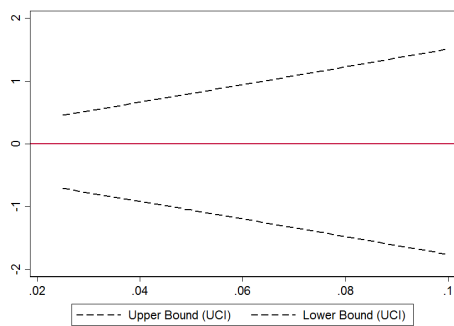


(b) Matemáticas

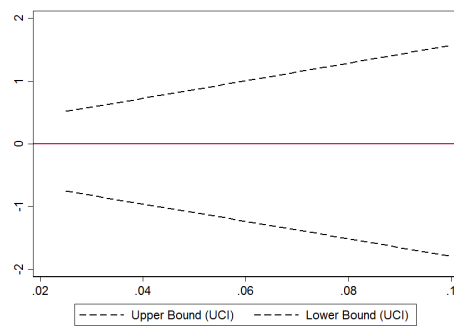


(c) Química

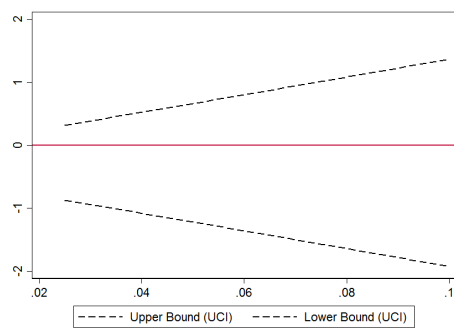
Figura 5: Análisis de sensibilidad para el segmento RESIDENCIAL



(a) Lenguaje



(b) Matemáticas



(c) Química

Figura 6: Análisis de sensibilidad para el segmento PÚBLICO

Apéndice B Análisis de sensibilidad Total, por años

Dado que los resultados no varían mucho a través de los años o pruebas se presentan solamente los resultados para el segmento Total cuando se analizan efectos heterogéneos por años.

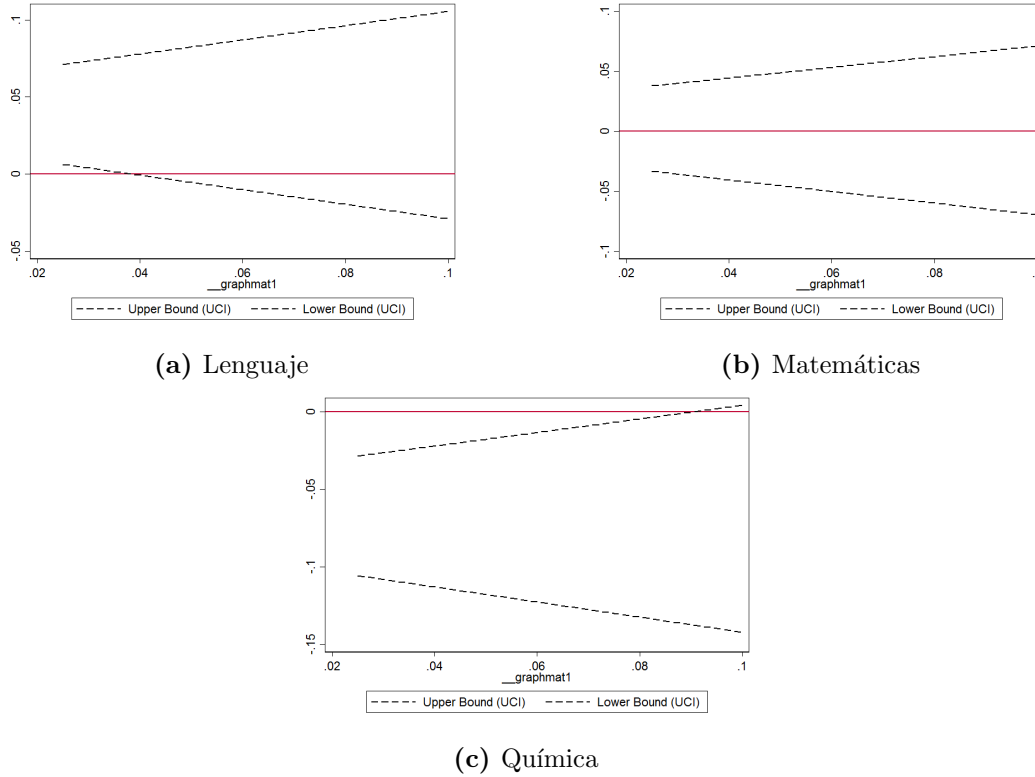
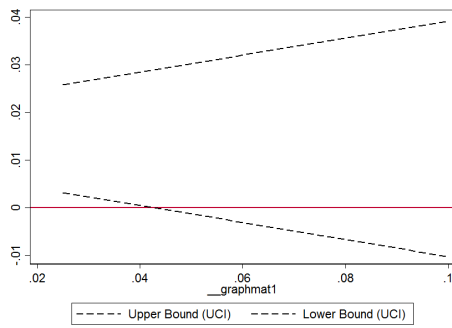
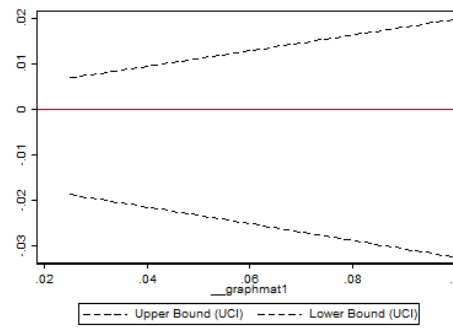


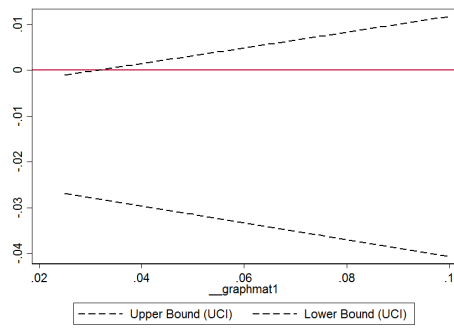
Figura 7: Análisis de sensibilidad para el segmento TOTAL años 2006-2009



(a) Lenguaje



(b) Matemáticas



(c) Química

Figura 8: Análisis de sensibilidad para el segmento TOTAL años 2010-2013

7. Bibliografía

Angrist, J., y Lavy, V. (2002). New evidence on classroom computers and pupil learning. *The Economic Journal*, 112(482), 735-765.

Attewell, P., y Battle, J. (1999). Home computers and school performance . *The information Society*.

Barrera-Osorio, F., y Linden, L. L. (2009). The Use and Misuse of Computers in Education. (T. W. Bank, Ed.) *Policy Research Working Paper*, 4836(29).

Belo, R., Ferreira, P., y Telang, R. (2014). The Effects of Broadband in Schools: Impact on Student Performance. *Management Science*, 60(2), 265-282.

Bulman, G. y Fairlie F.W. (2016). Chapter 5 - Technology and Education: Computers, Software, and the Internet. En E.A. Hanushek, S. Machin & L. Woessmann (Ed.), *Handbook of the Economics of Education Volume 5* (pp. 239-280). Oxford: Elsevier.

Casey, A. L. (2012). Home computer use and academic performance of nine-year-olds. *Oxford Review of Education*, 38(5), 617-634.

Cristia, J., Czerwonko, A. y Garofalo, P. (2014). Does technology in schools affect repetition, dropout and enrollment? Evidence from Peru. *Journal of Applied Economics*, 17, 89-112. DeBell, M. (2006). Computer and Internet use by students in 2003: Statistical analysis report. U.S. Department of Education.

Departamento Nacional de Planeación. (2014-2018). Plan Nacional de Desarrollo. Todos por un nuevo país. Bogotá D.C. DNP. (2014-2018). Plan Nacional de Desarrollo. Todos por un nuevo país. Bogotá D.C.: Departamento Nacional de Planeación.

Frederick, P., Candia, C. & Castrillo, I. (2002). Educación y comercio en tiempos de globalización. Santiago: Ediciones Lom.

Goolsbee, A., y Guryan, J. (2006). The Impact of Internet Subsidies in Public Schools. *The Review of Economics and Statistics*, 88(2), 336-347.

Hausman, J. A. (1978). Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*.

Hedges, L. V. (2000). Computer use and its relation to academic achievement in mathematics, readings, and writing. NAEP Validity Studies, American Institutes for Research.

Hidalgo Rodríguez, J. F y Oviedo Arango J.D. (2016). El efecto de la definición regulatoria de banda ancha sobre la difusión y la competencia del mercado de servicios de Internet fijo en Colombia. Universidad del Rosario.

- Horrigan, J. B. (2005). Broadband adoption at home in the United States: Growing but slowing. 33rd Annual Telecommunications Policy Research Conference.
- Hunley, S. A.-H. (2005). Adolescent computer use and academic achievement. *Adolescence*, 40(158), 307.
- Hyland, M., Layte, R., Lyons, S., McCoy, S., y Silles, M. (2015). Are Classroom Internet use and academic performance higher after government broadband subsidies to primary schools? *The Economic and Social Review*, 46(3), 399-428.
- Jackson, M. (2008). *Social and Economic Networks*. Princeton University Press.
- Kerawella, L. (2002). Children's Computer Use at Home and at School: context and continuity. *British Educational Research Journal*.
- Kolko, J. (2012). Broadband and local growth. *Journal of Urban Economics*, 71(1).
- Kremer, M. R. (2009). Incentives to learn. *Review of Economics and Statistics*.
- Leuven, E. L. (2007). The effect of extra funding for disadvantaged pupils on achievement. *The review of Economics and Statistics*, 89(4), 721-736.
- Machin, S. M. (2007). New technology in schools: Is there a payoff? *The Economic Journal*, 117(522), 1145-1167.
- Malamud, O., y Pop-Eleches, C. (2010). Home Computer Use and the Development of Human Capital. NBER, Working Paper No. 15814.
- Marchesi, A. (2009). Preámbulo. En R. Carneiro, J.C. Toscano & T. Díaz. (Ed.), *Los desafíos de las TIC para el cambio educativo* (pp. 7-9). Madrid: Fundación Santillana.
- Martínez, R. y Heredia, Y. (2010). Tecnología educativa en el salón de clase: estudio retrospectivo de su impacto en el desempeño académico de estudiantes universitarios del área de Informática. *Revista mexicana de investigación educativa*, 15(45), 371-390.
- Rodríguez Orgales, C., Sánchez Torres, F., y Márquez Zúñiga, J. (2011). Impacto del Programa "Computadores para Educar." en la deserción estudiantil, el logro escolar y el ingreso a la educación superior. *Documentos CEDE*, 15(ISSN 1657-791).
- Silva, N. B. (2012). The Impact of Internet Access at Home and/or School on Students Academic Performance in Brazil. *Social Science Research Network*.
- Sprietsma, M. (2012). Computers as pedagogical tools in Brazil: a pseudo-panel analysis. *Education Economics*, 20(1), 19-32.
- Srinuan, C. (2013). Analysis of fixed broadband access and use in Thailand: Drivers and

barriers. *Telecommunications Policy*, 37.

Staiger, D. (1997). Instrumental variables regressions with weak instruments. *Econometrica*, 65, 557-586.

Tamin, R. M., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Abrami, P. C., y Schmid, R. F. (2011). What Forty Years of Research Says About the Impact of Technology on Learning: A Second-Order Meta-Analysis and Validation Study. *Review of Educational Research*, 81(1), 4-28.

Townsend, A. M. (2001). The Internet and the rise of the new network cities. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28, 39-58.

Underwood, J., Banyard, P., Bird, K., Dilon, G., Hayes, M., Selwood, I., . . . Twining, P. (2005). The impact of broadband in schools. Beta ICT Research. Beta ICT Research.

Valenzuela, L. F. (2011). La estrategia y la política sectorial de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones. Documentos CID No. 3.

Vigdor, J., Ladd, H. F. y Martinez, E. (2014). Scaling the Digital Divide: Home Computer Technology And Student Achievement. *Economic Inquiry*, 52(3), 1103-1119.

Whitacre, B. E. (2010). A need for speed? Rural Internet connectivity and the no Access/dial-up/ high-speed decision. *Applied Economics*, 42, 1889-1905.

World Economic Forum. (2014). The Global Information Technology Report. Benat Bilbao-Osorio, Soumitra Dutta y Bruno Lanvin.