

EL EFECTO DE LA DEFINICIÓN REGULATORIA DE BANDA ANCHA SOBRE LA DIFUSIÓN Y LA COMPETENCIA DEL MERCADO DE SERVICIOS DE INTERNET FIJO EN COLOMBIA

JULIÁN FELIPE HIDALGO RODRÍGUEZ
ASESOR DE TESIS: JUAN DANIEL OVIEDO ARANGO
UNIVERSIDAD DEL ROSARIO

FEBRERO, 2016.

A partir de la dinámica evolutiva de la economía de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y el establecimiento de estándares mínimos de velocidad en distintos contextos regulatorios a nivel mundial, en particular en Colombia, en el presente artículo se presentan diversas aproximaciones empíricas para evaluar los efectos reales que conlleva el establecimiento de definiciones de servicios de banda ancha en el mercado de Internet fijo. Con base en los datos disponibles para Colombia sobre los planes de servicios de Internet fijo ofrecidos durante el periodo 2006-2012, se estima para los segmentos residencial y corporativo el proceso de difusión logístico modificado y el modelo de interacción estratégica para identificar los impactos generados sobre la masificación del servicio a nivel municipal y sobre las decisiones estratégicas que adoptan los operadores, respectivamente. Respecto a los resultados, se encuentra, por una parte, que las dos medidas regulatorias establecidas en Colombia en 2008 y 2010 presentan efectos significativos y positivos sobre el desplazamiento y el crecimiento de los procesos de difusión a nivel municipal. Por otra parte, se observa sustituibilidad estratégica en las decisiones de oferta de velocidad de descarga por parte de los operadores corporativos mientras que, a partir del análisis de distanciamiento de la velocidad ofrecida respecto al estándar mínimo de banda ancha, se demuestra que los proveedores de servicios residenciales tienden a agrupar sus decisiones de velocidad alrededor de los niveles establecidos por regulación.

JEL: L150; L510; L860

Keywords: Diferenciación de producto; Economía de la regulación; Servicios de la información e Internet.

1. *Introducción*

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC, en adelante) son consideradas, al igual que el servicio de la electricidad, Tecnologías de Propósito General (GPT, por sus siglas en inglés) debido a que sus características permiten evidenciar mejoras de los procesos productivos, disminución de costos de transacción y dinamización de la competencia en un rango amplio de sectores como la educación, la salud, los trámites gubernamentales, el mercado laboral, la investigación y desarrollo, entre otros (Jovanovic y Rousseau, 2005; Cardona et. al 2013; David, 1990; Bresahan y Trajtenberg, 1995; David y Wright, 1990). De esta manera, varios artículos han estimado el efecto agregado que generan las TIC sobre la actividad económica y han identificado la masificación del acceso al servicio y la provisión de alta calidad como los ejes fundamentales sobre los cuales se basa el progreso del sector de las telecomunicaciones (Qiang y Rossotto, 2009; OECD, 201; Corry et al., 2011; Ani et al., 2014; Irawan, 2014). En particular, para el servicio de Internet fijo, el Banco Mundial (2012) resalta la importancia relativa que han adquirido las condiciones de calidad en la medida que la brecha digital, aquella que establece las desigualdades en términos de acceso, conocimiento y uso de las TIC, ha pasado de ser medida en términos de la masificación del servicio a ser calculada de acuerdo con los atributos de calidad asociados con el servicio de Internet.

A partir de la importancia del sector de los servicios de Internet fijo en el crecimiento económico, la cual según Qiang y Rossotto (2009) es mayor para los países en desarrollo, y de la relevancia de las características de calidad para el desarrollo de este mercado en particular, las autoridades regulatorias nacionales y los organismos internacionales expertos y competentes en el tema han diseñado distintos mecanismos regulatorios que buscan fomentar los niveles de calidad ofrecidos por los operadores de servicios de Internet. Al respecto, de conformidad con las características técnicas y de consumo del servicio, las condiciones de calidad en este mercado están usualmente asociadas con los niveles de velocidades de transmisión de datos, especialmente con la velocidad de descarga de información (Hidalgo y Oviedo, 2014).

En este sentido, la definición regulatoria de un mínimo estándar de velocidad, cuya estandarización segmenta los servicios por velocidades en banda ancha (velocidad alta) y banda angosta (velocidad baja), surge como la herramienta para aumentar sistemáticamente los niveles de velocidades de bajada percibidos por los usuarios finales en el mercado de acceso local a Internet. No obstante, la literatura académica no ha identificado ni cuantificado los efectos reales que tiene esta práctica regulatoria en el mercado de Internet fijo. De conformidad con lo anterior, el propósito del presente artículo es plantear una serie de modelos econométricos para evaluar la relevancia de la fijación del estándar de calidad sobre la masificación del servicio y sobre el comportamiento estratégico de los proveedores. En efecto, a partir de la estimación de procesos de difusión tecnológica y la modelación de la interacción estratégica por parte de los operadores, la investigación plantea un conjunto de nuevas herramientas empíricas para realizar evaluaciones regulatorias ex post que sirvan como insumos a las autoridades regulatorias nacionales.

A nivel internacional, no existe una definición única de los mercados de Internet fijo de banda ancha debido, principalmente, a las distintas caracterizaciones que se le pueden otorgar a este tipo de servicios, las cuales pueden estar relacionadas con la infraestructura usada para ofrecer el servicio, la velocidad de acceso a Internet o con el conjunto de aplicaciones disponibles en la red.

En relación a lo anterior, por un lado, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2012) y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT, 2014) determinan que los servicios de Internet de banda ancha son aquellos que presentan velocidades de descarga mayores o iguales a 256 kbit/s. Esta definición ha sido adoptada como punto de referencia por varios países a nivel internacional como India, Sudáfrica, Chile, Costa Rica, entre otros. Por otro lado, existen casos relacionados con países como Colombia, Estados Unidos, Canadá, Bélgica, Suiza, España, Finlandia y Suiza en donde el estándar mínimo de banda ancha está establecido para niveles de velocidad de descarga superiores a 1 Mbit/s (Cullen International, 2014)¹.

Asimismo, existen casos particulares en donde se ha evaluado la posibilidad de incrementar los estándares mínimos de banda ancha. En Estados Unidos, la sección 706 de la Ley de Telecomunicaciones de 1996, estipula que la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, por sus siglas en inglés) tiene el deber de revisar anualmente las condiciones del mercado de Internet y decidir si el servicio es ofrecido a los usuarios de manera correcta y oportuna, teniendo como base el criterio de banda ancha, cuya característica de alta calidad permite originar y recibir servicios relacionados con voz, datos, gráficos y video. Ante este escenario, durante los primeros meses de 2015, la FCC determinó que el despliegue de servicios de Internet en el país, especialmente en el área rural, evidenciaba un rezago significativo respecto a los avances tecnológicos y de calidades en el tema. De esta manera, con base en un análisis exhaustivo de mercado, la FCC (2015) indica que de acuerdo con los progresos en tecnología, las ofertas de planes realizadas por los proveedores de servicios de Internet y la demanda de los consumidores, el estándar de Internet de banda ancha cambia de 4 a 25 Mbit/s para la velocidad de descarga y pasa de 1 a 3 Mbit/s para la velocidad de subida.

De manera similar, en el 2011 la Comisión Canadiense de Telecomunicaciones y Radio-Televisión (CRTC, por sus siglas en inglés) por medio de la decisión regulatoria CRTC 2011-291, reconoce, a partir de una consulta pública realizada para los *stakeholders* y los consumidores del mercado de Internet, el interés del mercado por establecer objetivos específicos de velocidad de transmisión de datos, el cual junto con los avances tecnológicos son suficientes criterios para definir en el largo plazo un estándar mínimo de velocidad de Internet. Así, la CRTC (2011) determina que para finales del 2015 el mínimo nivel de velocidad de descarga de datos de banda ancha debe aumentar de 1.5 Mbit/s a 5 Mbit/s.

Adicionalmente, para el caso de Colombia existen dos medidas regulatorias, diseñadas por la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) por medio de un proyecto regulatorio iniciado a finales de 2006, que establecen el mínimo estándar de velocidad ofrecido a los suscriptores de Internet fijo de banda ancha.

Primero, por medio de la resolución CRT 1740 de 2007, la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones (ahora CRC) decreta que los servicios de Internet de banda ancha están caracterizados por ofertas de planes que suministren una velocidad mínima de descarga de 512 Kbit/s y una velocidad mínima de subida de 256 Kbit/s. Complementariamente, dando continuidad al proyecto regulatorio de 2006, la CRC mediante la resolución CRC 2352 de 2010 resuelve considerar para efectos comerciales que las conexiones de banda ancha son aquellas

¹Estos países representan el conjunto de casos regulatorios en donde la definición de banda ancha ha estado sujeta a las características de velocidad de transmisión de datos. En contraste, de acuerdo con el conjunto de herramientas para la reglamentación de las TIC publicado en línea por la UIT, países como Australia, Alemania, Korea, entre otros, han establecido metas a largo plazo que tienen en cuenta criterios de mínimos de velocidad de descarga y de número de abonados de Internet para sus respectivos países.

que presentan una velocidad efectiva de descarga y subida de 1024 Kbit/s y 512 Kbit/s, respectivamente.

Posteriormente, en el 2014 ante la publicación de la agenda regulatoria de la CRC, varios *stakeholders* del mercado de servicios de Internet fijo en Colombia solicitaron revisar la definición de banda ancha de 2010 con el fin de otorgarles a los usuarios instrumentos idóneos para usar y aprovechar las TIC de manera eficiente y para ajustar las condiciones regulatorias a las dinámicas coyunturales de la oferta y la demanda del mercado. En referencia a esto, la CRC (2014) indica que si bien el tope mínimo de velocidad de descarga es del orden de 1 Mbit/s, la velocidad promedio a 2013 para las conexiones residenciales en Colombia era de 2.8 Mbit/s. Además, la autoridad regulatoria de comunicaciones, determina que en comparación de los estándares definidos por organizaciones internacionales, la regulación en Colombia presenta topes mínimos mucho más altos y en consecuencia no es necesario volver a retomar las medidas regulatorias asociadas con la definición de mínimos estándares de calidad en el mercado de acceso local de servicios de Internet fijo.

En relación con la respuesta de la CRC (2014), por un lado, la revisión de las políticas y medidas regulatorias del mercado de telecomunicaciones en Colombia realizada por la OCDE en 2014, determina que la definición de banda ancha no tiene efectos determinantes en términos comparativos, debido a que, a finales de 2011, el 48 % de las conexiones a Internet presentaban velocidades de descarga de 2 Mbit/s y 10 Mbit/s para Colombia y Europa, respectivamente. Adicionalmente, el organismo internacional indica que Colombia se ubica, en términos de velocidades de conexiones de Internet, en el rango más bajo de los países de la OCDE.

Por otro lado, el análisis del mercado de banda ancha realizado por el Banco Mundial en 2012, asocia para cada rango de velocidades de transmisión de datos de Internet el conjunto de aplicaciones y servicios disponibles. De esta manera, se encuentra que de 51 aplicaciones y servicios disponibles para el rango de velocidad comprendido entre 500 Kbit/s y 10 Gbit/s, los consumidores de Colombia, con una velocidad promedio de 2.8 Mbit/s, solamente tienen acceso al 27 % de la oferta disponible de aplicaciones y servicios de Internet, demostrando así la brecha digital aún existente en este aspecto.

La debilidad argumentativa y metodológica identificada en las respuestas de la CRC (2014) y las inconsistencias de sus determinaciones frente a los análisis comparativos de la OCDE (2014) y el Banco Mundial (2012), junto con la falta de soportes empíricos evidenciados en los procesos regulatorios de los casos de banda ancha en Estados Unidos y Canadá, son el punto de partida del objetivo principal del presente trabajo. De esta manera, con el fin de identificar los beneficios asociados con el establecimiento de estándares mínimos de velocidad en el mercado de Internet fijo, se propone una aproximación empírica para cuantificar los efectos de este tipo de medidas regulatorias en Colombia.

Siguiendo la aproximación conceptual propuesta por el Banco Mundial (2012), en la cual el mercado de Internet debe ser analizado como un ecosistema de componentes de demanda y oferta mutuamente dependientes para lograr promover el desarrollo de políticas regulatorias coherentes e integradas, el análisis empírico desarrollado en este documento busca señalar el impacto de la definición de mínimo de velocidad sobre la difusión municipal del servicio de Internet (componente de demanda) y sobre los niveles de velocidad ofrecidos por los operadores de Internet fijo en Colombia (componente de oferta).

Adicionalmente, en relación a la autoevaluación del desempeño de las políticas regulatorias establecidas por la CRC, la OCDE en el 2015 determina que la autoridad regulatoria no presenta un exhaustivo análisis ex post de las decisiones regulatorias y recomienda realizar evaluaciones pertinentes e integradas del *stock* de regulaciones en materia de telecomunicaciones.

A partir de lo anterior, este trabajo presenta varias contribuciones. Primero, cuantifica los beneficios generados por las medidas regulatorias asociadas con el establecimiento de mínimos estándar de velocidades de conexión a Internet. Segundo, provee a las autoridades regulatorias en temas de telecomunicaciones un conjunto de herramientas empíricas que le sirvan para realizar evaluaciones ex post de las políticas regulatorias y en particular, ofrece métodos empíricos robustos a la CRC para seguir las recomendaciones de la OCDE (2015). Por último, con el fin de discriminar el análisis entre segmentos de demanda, los procedimientos empíricos son realizados para el sector corporativo y residencial por separado, obteniendo así resultados diferenciadores.

Con base en la información reportada por cada operador municipal sobre los planes de acceso ofrecidos a los consumidores de servicios de Internet fijo en Colombia, se realiza una evaluación econométrica de los efectos generados por el establecimiento de las definiciones de banda ancha decretadas por las resoluciones 1740 y 2352. Para ello, primero, siguiendo los planteamientos de Gruber y Koutrompis (2013), se realiza la estimación de curvas de difusión tecnológicas modificadas en dos etapas, en donde se evalúa el impacto que generan las regulaciones sobre el desplazamiento y el crecimiento de los procesos de difusión del servicio de Internet fijo en los municipios de Colombia. Segundo, se realiza la estimación del modelo de interacción estratégica propuesto por Brueckner y Luo (2014) utilizando la capacidad tecnológica asociada con la infraestructura instalada de cada operador como variable instrumental para solucionar los potenciales problemas de endogeneidad. Teniendo en cuenta el objetivo del artículo, el análisis desarrollado determina que las dos medidas regulatorias establecidas en Colombia en 2008 y 2010 presentan efectos significativos y positivos sobre el desplazamiento y el crecimiento de los procesos de difusión a nivel municipal, los cuales a su vez tienen mayor potencial teórico de cobertura en los departamentos pertenecientes a la región Andina. Adicionalmente, se encuentra evidencia de la existencia de sustituibilidad estratégica en las decisiones de oferta de velocidad de descarga por parte de los operadores corporativos mientras que, a partir del análisis de distanciamiento de la velocidad ofrecida respecto al estándar mínimo de banda ancha, se observa que los proveedores de servicios residenciales tienden a agrupar sus decisiones de velocidad alrededor de los niveles de velocidad establecidos por regulación.

El resto del documento se divide de la siguiente manera. En la segunda sección se realiza una revisión de literatura acerca de los aspectos teóricos detrás del establecimiento de estándares mínimos de calidad y luego se reseña las aproximaciones empíricas usadas para identificar los determinantes de la difusión de servicios de Internet y los modelos econométricos empleados para estimar los efectos de interacción estratégica. Posteriormente, en la tercera sección se describen los datos correspondientes a la oferta de planes de servicios de Internet fijo en Colombia y también se establecen los procedimientos realizados para consolidar la base de datos desde la perspectiva de la demanda y la oferta. Por su parte, en la cuarta y quinta sección, se determina la estrategia empírica y se muestran los resultados principales de los modelos de difusión e interacción estratégica, respectivamente. Finalmente, la última sección presenta las conclusiones principales del artículo.

2. *Revisión de literatura*

2.1. *Regulación de mínimo estándar de calidad*

En la literatura académica se encuentran una serie de artículos relacionando los efectos directos que generan las prácticas regulatorias en los resultados y estructuras competitivas de los mercados. Así, por una parte, la regulación económica de mercados diferenciados verticalmente ha sido tema de interés a partir de los trabajos teóricos realizados por Spence (1975) y Sheshinski (1976), mientras que por otra parte y complementariamente, los artículos de Leland (1979), Shapiro (1983) y Bockstael (1984) son considerados el punto de partida teórico en el campo de investigación de los efectos del establecimiento de estándares mínimos de calidad (MQS, por sus siglas en inglés).

A diferencia de los resultados obtenidos por Bockstael (1984), en donde el autor demuestra que tanto los consumidores como los productores no pueden obtener ganancias en bienestar a través de la percepción preliminar de la calidad por parte de la demanda, los otros dos trabajos encuentran resultados a favor de la implementación de la regulación. Por un lado, Leland (1979) evalúa el establecimiento de MQS a partir de un modelo de equilibrio parcial de mercado con información asimétrica, en donde los vendedores poseen mayor información acerca de los niveles de calidad ofrecidos que los consumidores. Como resultado, el autor encuentra que las prácticas regulatorias de estándares de calidad tienden a generar mayor beneficio en aquellos mercados en donde existe una mayor sensibilidad a la variación de calidad, hay una baja elasticidad precio de la demanda, los costos marginales de la provisión de calidad son bajos y las preferencias de los consumidores tienen baja disponibilidad a pagar por un servicio o producto de baja calidad.

Por otro lado, el artículo de Shapiro (1983) presenta un modelo de equilibrio precio-calidad en donde los compradores no tienen la posibilidad de observar los atributos de calidad previamente al momento de la compra. Si bien el artículo relaciona la calidad con la reputación de cada oferente, se extraen importantes conclusiones acerca de los efectos del establecimiento de estándares mínimos de calidad. De manera específica, el autor determina que se generan aumentos en bienestar a partir de la mayor habilidad de los consumidores para evaluar la calidad de los productos, es decir mayor información, los cuales deben ser contrastados con los costos causados por los estándares de calidad. Adicionalmente, de conformidad con el análisis de Shapiro (1983), los MQS deben ser estrictos, en la medida que disminuye los sobreprecios que establecen los oferentes de productos de alta calidad y en consecuencia aumenta el bienestar de los consumidores.

A partir de estos trabajos, Ronnen (1991) investiga las consecuencias que conlleva el establecimiento de un MQS en una industria caracterizada por la interdependencia entre los costos fijos y los atributos de calidad del producto. Dentro del marco de análisis de un modelo de competencia monopolística de dos etapas, en el cual durante la primera etapa cada firma decide simultáneamente la entrada al mercado y los niveles de inversión en desarrollo de calidad mientras que en la segunda etapa compiten en precios, el artículo demuestra que los oferentes de alta calidad, aquellos que sin la regulación ofrecen productos con calidades más altas que el estándar, tienden a aumentar los atributos de calidad de los productos para mitigar las presiones competitivas en precios generadas por el establecimiento del estándar mínimo.

De esta manera, a partir del aumento uniforme de los niveles de calidad, tanto para productores de baja y alta calidad, y la intensificación de la competencia en precios, causada principalmente por la restricción implícita que genera la regulación sobre el rango de diferenciación vertical, el autor obtiene como resultado una mejora del bienestar de los consumidores, mayor cobertura en el mercado y una mayor selección de productos de alta calidad por parte de los agentes económicos.

De acuerdo con Ronnen (1991), una de las preocupaciones inherentes a la regulación de calidad está relacionada con la posibilidad de que algunos consumidores salgan del mercado como resultado del incremento en precios, ocasionado por el aumento de costos o la pérdida de competitividad en el mercado ante la eventual salida de firmas de baja calidad, y la reducción de variedad de producto. En contraste, el artículo sostiene que en el caso cuando las decisiones de calidad están relacionadas con costos fijos y las firmas compiten en precios, un estándar de calidad apropiado incrementa la participación de los consumidores y el consumo de mayores niveles de calidad en el mercado en general.

De manera similar, en el artículo de Crampes y Hollander (1995) los autores demuestran que bajo la ausencia de costos hundidos, los productores de baja calidad se benefician directamente del establecimiento de un MQS, mientras que los oferentes de productos de alta calidad se ven perjudicados. Con relación a los consumidores, los investigadores concluyen que el bienestar del consumidor mejora en la medida que el establecimiento del estándar reduce la brecha de calidad entre los dos tipos de productores.

Teniendo como base este marco teórico, se han realizado una serie de modificaciones adicionales a los modelos iniciales y se han encontrado diversos resultados acerca del impacto sobre el bienestar social. Por una parte, son varios los trabajos que han asociado los MQS con efectos negativos y en consecuencia no consideran que sea apropiada su implementación (Chambers y Weiss, 1992; Scarpa, 1998; Maxwell, 1998; Garella, 2006). En general estos artículos han caracterizado la distorsión en actividades de innovación, investigación y desarrollo como la principal debilidad de este tipo de herramienta regulatoria. Así, Maxwell (1998) mediante un modelo de competencia duopólica, determina que el establecimiento de MQS distorsiona y reduce los incentivos que tienen las firmas para innovar, debido a que la dinámica del modelo permite anticipar las acciones regulatorias, y de esta manera este efecto conlleva una pérdida significativa de bienestar social.

Complementariamente, Garella (2006) realiza un modelo de Hotelling extendido en cuatro etapas, en donde primero el ente regulador decide sobre el establecimiento del MQS igual al nivel más bajo de calidad ofrecida; segundo, la firma de calidad alta decide los niveles de inversión en investigación y desarrollo; tercero y cuarto, las firmas compiten simultáneamente en calidad y precios, respectivamente. Como resultado, la investigación encuentra que debido a la fijación del MQS, la firma de alta calidad invierte menos en R&D en comparación con el contexto sin intervención.

Por otra parte, distintos artículos de investigación determinan que el ajuste de competencia generado por el MQS permite encontrar impactos positivos sobre el bienestar social y en particular sobre el excedente de los consumidores (Boom, 1995; Ecchia y Lambertini, 1997; Garella y Petrakis, 2008; Baltzer, 2012).

A diferencia de los anteriores artículos, el modelo de competencia duopolística a la Mussa y Rosen (1978) planteado en el artículo de Ecchia y Lambertini (1997) está caracterizado por la endogeneidad de la selección del estándar de calidad y por el posible surgimiento de actividades

de colusión como consecuencia de la disminución de precios y diferenciación vertical bajo el contexto regulatorio. En general, los autores demuestran que la selección endógena del estándar aumenta el bienestar social, en la medida que las ganancias en excedente percibidas por los consumidores y los oferentes de baja calidad compensan las pérdidas sufridas por los agentes demandantes y oferentes de productos de alta calidad. En adición, la investigación demuestra que la presencia de la regulación de calidad genera un entorno menos adecuado para el surgimiento de colusión entre las firmas.

Respecto de la asimetría de información, el trabajo de Garella (2008) presenta un modelo de diferenciación vertical y horizontal con información imperfecta y más de dos firmas. De manera precisa, el documento demuestra que el establecimiento de MQS cambia la percepción de las características de calidad e incrementa los retornos que perciben las firmas de las inversiones realizadas para mejorar la calidad. Además, el autor justifica el uso de estándares cuando una parte de los consumidores en el mercado no pueden evaluar con claridad los atributos de calidad de los productos.

En relación con la comparación entre los efectos de regulación de estándares e imposición de etiquetas de calidad, el artículo de Baltzer (2012) demuestra analíticamente que la mitigación total de las asimetrías de información, lograda mediante las etiquetas, no es la mejor solución en mercados con competencia imperfecta. Principalmente, al autor identifica que bajo información perfecta, las firmas adquieren poder de mercado para diferenciar con mayor agresividad la variedad del producto y así disminuir al máximo las presiones competitivas en precios. En contraste, los MQS, cuya imposición reduce parcialmente las asimetrías de información, previene que las empresas exploten su poder de mercado.

Si bien los distintos trabajos realizados al respecto presentan diversos resultados a favor y en contra de la práctica regulatoria de MQS, a partir de la revisión de literatura resulta razonable argumentar que las diferentes conclusiones dependen fundamentalmente de los supuestos y estructuras de modelos involucradas en cada investigación. En este sentido, los trabajos de Kuhn (2007) y Cellini y Lamantia (2007) caracterizan la multiplicidad de resultados, los cuales dependen de los parámetros, las preferencias y estructura de costos utilizada en los análisis.

Con el objetivo de extender el marco teórico existente, el trabajo de Kuhn (2007) presenta un modelo de duopolio de diferenciación vertical con mercado no cubierto en el cual, además de la utilidad generada por los atributos de calidad, las preferencias de los consumidores están en función de un beneficio adicional independiente de la calidad. De esta manera, dependiendo de la comparación entre la disposición a pagar por calidad y el beneficio independiente, el autor presenta un mercado en el cual los productores de baja calidad pueden presentar dominancia, en participación de mercado, sobre los de alta calidad.

Así, la investigación demuestra que el establecimiento de estándares de calidad puede generar impactos negativos (positivos) sobre el excedente del consumidor y la industria si los productores de baja (alta) calidad son dominantes en el mercado. En particular, el artículo de Kuhn (2007) reconoce el potencial que conlleva la regulación por medio de MQS pero restringe su uso solamente a estructuras de mercado en donde los consumidores le dan mayor importancia a los atributos de calidad que a otras características no reguladas del producto.

Recientemente, Cellini y Lamantia (2015) presenta un análisis de las propiedades de la estabilidad del equilibrio en un modelo dinámico, en donde dos firmas compiten en calidad, el precio está regulado y asociado con los atributos de calidad y el mercado está regulado por el establecimiento de MQS. De manera específica, a partir de los resultados obtenidos en estudios

de economía experimental, los autores plantean un modelo en donde las firmas maximizan los beneficios en una secuencia de problemas de un sólo periodo y la calidad presenta las características de una variable rígida.

El objetivo principal del artículo es el de analizar la dinámica de ajuste de los niveles de calidad ofrecidos en el mercado antes, durante y luego del establecimiento del estándar mínimo de calidad. Así, desde la perspectiva de política pública, Cellini y Lamantia (2015) encuentran que condicional a los parámetros del modelo y las funciones de costo, las dinámicas transicionales producidas por el MQS afectan los niveles de equilibrio y pueden generar inestabilidad global y comportamientos caóticos. Si bien los autores no consolidan un resultado directo del MQS para cada una de las modificaciones del modelo (más de dos firmas, información asimétrica, entre otras), se apartan de la literatura que evalúa los efectos estáticos e inmediatos de la actividad regulatoria sobre la competencia en precios y exploran a título innovador el proceso de ajuste de los atributos de calidad durante el mediano y largo plazo.

2.2. Modelos de difusión tecnológica

En general, la literatura académica que evalúa los determinantes de los procesos de difusión en los mercados de telecomunicaciones ha estado caracterizada por dos aproximaciones empíricas: por un lado, varios artículos han modelado los procesos de difusión mediante el uso de técnicas econométricas relacionadas con regresiones lineales simples, cuyas especificaciones varían de acuerdo con diferentes limitaciones de datos y metodológicas; por otro lado, existe un campo amplio de literatura que asocia el patrón de difusión con curvas de crecimiento en forma de S, cuya especificación está caracterizada particularmente por la presencia de un punto de inflexión, el nivel de saturación de mercado y la velocidad de difusión tecnológica (Franses, 1998).

En relación con los estudios que investigan los determinantes de la difusión del servicio de Internet fijo mediante modelos de regresión lineal de corte transversal, se encuentra extensa literatura académica relacionada. De esta manera, se identifican como antecedentes los trabajos realizados por Hargittai (1999) y Norris (2000). Primero, Hargittai (1999) realiza una regresión a nivel de países de la OCDE para determinar cómo el número per cápita de computadores conectados a la red depende del promedio de un conjunto de variables explicativas, dentro de las cuales se encuentra principalmente el ingreso, niveles educativos de los países, políticas e infraestructura de telecomunicaciones.

Segundo, Norris en el año 2000 realiza una regresión de corte transversal a nivel de país, en la que evalúa cómo varía el número de personas conectadas a la red respecto a variables económicas, sociales y de desarrollo político. Los resultados de los dos artículos muestran que el entorno regulatorio y el ingreso per cápita son los dos factores que mayor influencia presentan sobre la adopción del servicio de Internet. Además, Norris (2000) determina, por medio de variables dummy de región, que los factores sociales y culturales también son importantes a la hora de determinar las diferencias en adopción entre países.

Una serie de artículos realizados para países de la OCDE determinan que la densidad poblacional, los planes de desarrollo nacional, la competencia tecnológica y los costos asociados con el despliegue de infraestructuras son factores claves en la masificación del servicio de Internet (Kim, Bauer y Wildman, 2003; Cava-Ferreruela y Alabau-Muñoz, 2006). De manera similar, a partir de los datos a nivel país de la UIT se han encontrado que adicional a los

anteriores factores, el precio, la velocidad y el contenido de Internet presentan incidencia relevante en la adopción del servicio a nivel de país (García-Murillo, 2005; Lee y Brown, 2008).

Complementariamente, existen otros análisis que utilizan técnicas de panel de datos para corregir por la heterogeneidad no observada de las unidades de análisis. En este sentido, para países europeos y de la OCDE se ha encontrado que la competencia intra plataformas tecnológicas, el precio de la desagregación del bucle local y los efectos de redes son importantes factores de la difusión del servicio de banda ancha (Distaso et al., 2006; Lee y Lee, 2010). Adicionalmente, el estudio de Lin y Wu (2013) identifica los determinantes de los servicios del Internet fijo de banda ancha mediante el uso conjunto de un modelo de difusión Gompertz y técnicas dinámicas de panel de datos, que utilizan la metodología propuesta por Arellano-Bond para solucionar problemas de endogeneidad. Al respecto, el artículo encuentra que el contenido de Internet, en adición a los factores de competencia, también es un factor importante en la adopción de los servicios de banda ancha.

Respecto a la comparación entre grupos de países, a partir de modelos múltiples de regresión lineal, Gulati y Yater (2012) determinan la brecha digital existente entre países desarrollados y en desarrollo. En particular, la difusión de banda ancha, medida como el número de líneas de suscriptores por cada cien habitantes, está influenciada por distintos factores dependiendo del grupo de países bajo análisis. Por un lado, la masificación de banda ancha en los países tecnológicamente desarrollados está determinada por mayores inversiones financieras en TIC, mayor niveles de urbanización y de educación y mejores prácticas eficientes gubernamentales. Por otro lado, el efecto asociado con las inversiones en TIC es mayor para los países en desarrollo, en comparación con los países desarrollados, y además los autores señalan que mayor competitividad también es un factor incidente en la difusión del servicio en este grupo de países. Además, en relación con la actividad regulatoria, los autores encuentran que la presencia de una autoridad nacional regulatoria en temas de telecomunicaciones tiene un efecto negativo sobre la difusión de banda ancha en países en desarrollo.

Más recientemente, el artículo de Haucap et al. (2014) realiza un análisis empírico en el cual evalúa, por medio de un modelo de regresión lineal de datos panel, el efecto de la diversidad de las tarifas de los servicios de banda ancha sobre la penetración del Internet en 91 países. Con el fin de solucionar el problema de endogeneidad, los autores utilizan como variable instrumental la capacidad instalada de redes de infraestructura y el rezago del logaritmo de penetración. Así, los resultados indican que la diversidad tarifaria, variable proxy de la diferenciación del producto, y los menores precios a nivel nacional son los determinantes más importantes en comparación de los factores de competencia entre operadores con diferentes tecnologías.

En relación a la implementación de medidas regulatorias, el artículo de Bouckaert (2010) analiza empíricamente la incidencia que tienen diferentes formas de regulación sobre la evolución de la penetración de Internet de banda ancha en los países de la OCDE. Básicamente, los autores caracterizan tres tipos de competencia que fueron creadas a través de actividades regulatorias y están relacionadas principalmente con la competencia entre infraestructuras tecnológicas. De manera específica, la aproximación empírica diferencia tres tipos de competencia entre operadores de servicios de Internet: competencia inter-plataforma, competencia intra-plataforma basada en las infraestructuras y la competencia intra-plataforma basada en los servicios. De esta manera, los autores, por medio de un modelo de regresión lineal con efectos aleatorios por país, encuentran que la competencia entre plataformas tecnológicas ha

sido uno de los grandes determinantes de la difusión de penetración en el mercado de Internet.

En cuanto a las aproximaciones empíricas que modelan la evolución de la adopción de los servicios de Internet mediante modelos de difusión, en general se encuentran resultados similares respecto al primer grupo de literatura académica. Así, en el artículo de Dauvin y Grzybowski (2014) se realiza la estimación de los determinantes de la difusión de banda ancha mediante el uso de un modelo de regresión lineal y una aproximación de curva de difusión logística. A partir de la base de datos regionales para la Unión Europea (NUTS 1) se encuentra que la competencia inter-plataforma es un factor clave en la difusión. En particular, los autores demuestran que a nivel de países existe una relación negativa y significativa entre la participación de mercado de la tecnología DSL y el despliegue de servicios de banda ancha. En contraste, el estudio también muestra que mayor uso de la infraestructura de cable módem permite una mayor difusión del mercado.

Por otra parte, Turk y Trkman (2012) estima, para los países europeos miembros de la OCDE, a partir de un modelo de difusión Bass el número potencial de usuarios, el coeficiente de innovación y el coeficiente de imitación del mercado de Internet de banda ancha. Principalmente, los autores encuentran que las tendencias de masificación del servicio de Internet no reflejan que los países vayan a conseguir una penetración del 100 % en el corto y mediano plazo.

En el artículo de Robertson et al. (2007) se indica que el valor informacional a nivel desagregado de un individuo puede llegar a ser un factor explicativo importante a la hora de evaluar el proceso de difusión agregado del servicio de banda ancha. Con este objetivo, los autores por medio de la estimación de un modelo de difusión gompertz, segmentado de acuerdo a diferentes niveles de ingreso del hogar, evalúan el impacto que tiene el ingreso del hogar sobre el acceso al servicio de Internet y encuentran principalmente que en las etapas tempranas de la difusión del servicio, los hogares con mayores ingresos son los más propensos a adquirir los servicios. Al igual que el artículo de Robertson et al. (2007), el presente análisis de la difusión de servicios de Internet municipal en Colombia realiza un procedimiento segmentado de acuerdo con la naturaleza de la demanda.

Por otra parte, el trabajo de Kiiski y Pohjola (2002) analiza los principales factores que determinan la difusión del servicio de Internet entre distintos países. En este sentido, a partir de un modelo gompertz de curva de difusión, los autores determinan que el ingreso per cápita y los costos asociados con el acceso al Internet son los factores principales que explican el crecimiento del número de computadores per cápita conectados.

En relación con la evaluación de las políticas regulatorias, el estudio de Verboven y Gruber (2001) analiza, mediante un modelo logístico de difusión tecnológica, los efectos de las políticas regulatorias en el mercado global de telecomunicaciones móviles sobre la masificación y el desempeño competitivo del mercado. En general, encuentran que la introducción de la competencia mediante distintas medidas regulatorias genera efectos inmediatos sobre la difusión del mercado. Además, se determina que el establecimiento de un estándar tecnológico único acelera la expansión de tecnologías analógicas y digitales.

En la misma línea de análisis, en el trabajo de Gruber y Koutrompis (2013), los autores evalúan el efecto que tienen distintas medidas regulatorias sobre el incremento de usuarios en el sector de las telecomunicaciones utilizando la misma aproximación empírica de Verboven y Gruber (2001). En particular, el artículo analiza la importancia que tienen los distintos niveles de regulación de la desagregación del bucle local (LLU, por sus siglas en inglés) sobre

la adopción del servicio de Internet de Banda Ancha en un grupo de 167 mercados durante un periodo de 11 años. En concreto, el objetivo del trabajo de Gruber y Koutrompis (2013) es el de establecer qué tipo de mecanismo regulatorio es el más influyente en el proceso de masificación de los servicios de telecomunicaciones.

De acuerdo con lo anterior, los autores determinan que las variables regulatorias de los distintos niveles de desagregación del bucle local tienen un efecto positivo y significativo sobre el desplazamiento de los procesos de difusión, y además demuestran que el efecto generado por la desagregación parcial es mayor y más duradero que el efecto inducido por la desagregación total del bucle local.

A nivel de Colombia, no hay mucha literatura asociada con la evaluación de los determinantes de los procesos de difusión en el sector de las telecomunicaciones. Incluso, no existe un artículo que relacione los modelos de difusión tecnológica con el mercado de acceso y uso de los servicios de Internet fijo. No obstante, para el mercado de la telefonía móvil, el artículo de Gamboa y Otero (2009), con el fin de estimar y pronosticar el proceso evolutivo de la difusión en Colombia, realiza por medio de una prueba de bondad estadística la selección entre un modelo de difusión logístico y Gompertz y encuentra los niveles de saturación teórica de este mercado.

Adicionalmente, Hidalgo y Oviedo (2014) realiza la estimación de la demanda estructural de los servicios municipales de Internet fijo en Colombia. A partir de la instrumentalización de los precios, por medio de las velocidades de bajada e índices de competencia estructural IHH, los autores encuentran que el número de contratos por operador, variable proxy de la diferenciación de producto, es un factor relevante en la expansión del servicio en Colombia. En adición, los autores definen un grupo de variables que controlan, al igual que en el presente análisis, el establecimiento de estándares mínimos de velocidad y encuentran que para el mercado de Internet de banda ancha las medidas regulatorias tienen un impacto positivo sobre la masificación, mientras que para el mercado de banda angosta el efecto regulatorio es negativo.

El presente documento tienen como base metodológica los modelos propuestos en los artículos de Verboven y Gruber (2001) y Gruber y Koutrompis (2013), debido a que logran establecer la relación existente entre medidas regulatorias y el proceso de masificación del mercado mediante un modelo de difusión logístico. Así mismo, en línea con los estudios de investigación realizados por Hidalgo y Oviedo (2014) y Haucap et al. (2014), se utiliza como representación de la diferenciación de producto del mercado una medida de diversidad de planes, la cual para el presente análisis está relacionada con el número de contratos que ofrece cada operador de servicios de Internet fijo.

2.3. Modelos de interacción estratégica

En relación con los modelos de interacción estratégica no se encuentra mucha literatura asociada con los desarrollos empíricos en este tema. Usualmente, los modelos de interacción estratégica han estado relacionados con la aproximación del comportamiento de los gobiernos locales, en particular en temas de competencia tributaria. En este contexto, la interacción ocurre debido a que las decisiones de política pública que debe tomar un gobierno local están fuertemente influenciadas por las acciones que tomen los gobiernos vecinos (Brueckner, 1998; Case et al., 1993; Brueckner, 2003; Revelli, 2005). El modelo propuesto por Case et al. (1993)

estima la interacción estratégica entre niveles de gasto que realizan a nivel estatal en Estados Unidos y encuentra evidencia de la complementariedad estratégica en este tipo de decisiones.

En el caso del sector de la salud el artículo de Yu et al. (2013) investiga, por medio de un modelo espacial, la existencia de efectos estratégicos en la decisión de gasto en salud de cada provincia en China. El resultado del artículo demuestra la hipótesis de externalidad de gastos públicos, la cual establece que hay sustitución estratégica entre los gastos provinciales en la medida que una región se ve beneficiada de los mayores gastos de sus regiones vecinas.

Adicionalmente, las decisiones estratégicas entre individuos se han analizado empíricamente desde el marco conceptual de efectos par, en donde las decisiones de una persona están influenciadas por las determinaciones que ha adoptado su contexto social inmediato (Manski, 1993; Dietz, 2002; Dujardin et al., 2009).

En contraste, el enfoque conceptual de esta sección del documento se relaciona directamente con la literatura académica de organización industrial, la cual se concentra en el análisis de las decisiones estratégicas de las firmas. Al respecto, los artículos de Grabowski y Baxter (1973) y Cockburn y Henderson (1994) estiman las funciones de mejor respuesta de inversión en investigación y desarrollo (R&D) en la industria farmacéutica. El artículo de Cockburn y Henderson (1994) prueba aspectos característicos de la teoría de juegos en el campo de investigación farmacéutico. Principalmente, los autores encuentran que los efectos de la interacción estratégica entre firmas existe en la medida que las decisiones sobre inversión en investigación son interdependientes. En relación con la metodología, estos primeros trabajos de investigación industrial no tienen en cuenta los potenciales problemas derivados de la endogeneidad entre variables de decisión.

Adicionalmente, en la investigación realizada por Pinkse et al. (2002) utilizan una aproximación no paramétrica para determinar las funciones de reacción de los precios de los proveedores mayoristas de gasolina. En particular, los autores analizan la competencia en precios entre firmas que están diferenciadas horizontalmente y encuentran, instrumentando el vector de precios cruzados y propios con variables de distancia entre firmas, que los mercados mayoristas de gasolina están altamente concentrados, en la medida que para una empresa en particular solamente es relevante las decisiones estratégicas que adoptan sus vecinos más cercanos. En contraste, los artículos de Kalnins (2003) y Henrickson (2012) utilizan métodos de econometría espacial para estimar las funciones de reacción en las industrias de los restaurantes de comidas rápidas y los equipos deportivos, respectivamente. Al respecto, Kalnins (2003) evalúa el grado de sustituibilidad entre las hamburguesas vendidas por distintas franquicias y cadenas de comidas rápidas. En particular, el estudio encuentra que no hay correlación entre los precios establecidos por establecimientos de distintas cadenas de comidas rápidas, mientras que si encuentra correlación espacial en precios entre las decisiones de restaurantes de las mismas cadenas.

Complementariamente, en la literatura académica de mercadeo se encuentran varios artículos en los cuales se realizan estimaciones de la interacción estratégica en precios de las empresas (Lazzarini et al., 2007; Reimer, 2004; Cotterill et al., 2000; Vickner y Davies, 1999). El caso del artículo de Lazzarini et al. (2007) evalúa los beneficios teóricos que obtienen las empresas al anticipar las reacciones que tienen sus competidores frente a las decisiones propias. De esta manera, para el mercado de seguros de automóviles en Brasil, los autores estiman, usando las técnicas de panel de datos dinámico propuesto por Arellano y Bond (2003), un conjunto de ecuaciones que relacionan las variaciones en precio propio con las variaciones de precios de

cada uno de sus competidores y encuentran principalmente, que las firmas obtienen beneficios cuando toman en cuenta dentro de sus proceso maximizador las estrategias alternativas que sus competidores adoptan frente a sus decisiones de precios.

Finalmente, el artículo de Brueckner y Luo (2014) caracteriza empíricamente, con base en un modelo teórico de diferenciación de producto, las funciones de reacción en calidad dentro de la industria de aerolíneas en Estados Unidos. Básicamente, el objetivo principal del artículo de Brueckner y Luo (2014) es el de analizar la interacción estratégica de las decisiones de calidad del mercado de aerolíneas. En particular, los autores asocian las características de calidades de este mercado con la frecuencia de viajes que cada aerolínea realiza en una ruta específica. De esta manera, a partir de una aproximación de variables instrumentales, en la cual usan variables dummy características de cada aerolínea como instrumento, los autores estiman las funciones de reacción en calidad del mercado de aerolíneas. A partir de esta especificación, los investigadores encuentran, principalmente, la presencia de complementariedad estratégica entre decisiones de calidad. Adicionalmente, el artículo de Brueckner y Luo (2014) estudia el efecto que tiene el contacto multimercado sobre la presión competitiva mutua que ejercen las aerolíneas. Ante esto, los resultados no sugieren la presencia de un efecto determinante de esta variable.

El presente documento tiene un manejo conceptual y metodológico similar al utilizado en el presente documento, con la diferencia que las industrias bajo análisis son distintas y el alcance informacional del mercado de servicios de Internet en Colombia permite usar con mayor rigurosidad la estrategia empírica de variables instrumentales.

3. Descripción de datos

De conformidad con el numeral 26 del artículo 37 del Decreto 1130 de 1999, la autoridad regulatoria en Colombia tiene la función de recolectar y mantener actualizado el sistema de información de los operadores y concesionarios de los servicios y actividades de telecomunicaciones. En este sentido, mediante distintas resoluciones emitidas por la CRT (ahora CRC)² se dictan los lineamientos informacionales relacionados con los reportes de uso y enlaces de conectividad a Internet en Colombia, en los que se determina, en particular para el mercado de Internet fijo, que los proveedores de servicios tienen la obligación de reportar con frecuencia trimestral los indicadores característicos de las ofertas de planes realizadas a los usuarios finales en cada municipio de Colombia.

Bajo este contexto, el presente artículo utiliza la información reportada trimestralmente, semestral para antes de 2009, por el Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC, en adelante) para el periodo comprendido entre el segundo trimestre de 2006 y el primer trimestre de 2012. Al respecto, los periodos de tiempo fueron seleccionados teniendo en cuenta dos criterios: Primero, el rango de periodos contiene las dos regulaciones relacionadas con la definición de estándares mínimos de velocidad y segundo, debido a restricciones informacionales relacionadas principalmente con atributos tarifarios y de calidad, este periodo consolida la información de manera completa para cada oferta de plan en Colombia.

De manera específica, la unidad de observación y análisis de la base de datos es el plan ofrecido por un operador en cada municipio, el cual presenta características de mercado y técnicas asociadas con (i) el municipio en el cual se está ofreciendo el servicio, (ii) el segmento

²Resolución CRT 087 de 2004 y resoluciones CRT 063, 065 y 066 de 2008.

de demanda para el cual el servicio está diseñado (corporativo o residencial), (iii) la tecnología mediante la cual se ofrece el servicio de Internet, (iv) el número efectivo de consumidores que se suscribieron al plan, (v) el cargo mensual asociado con la prestación del servicio de Internet fijo y (vi) los niveles de velocidad de transferencia de datos ofrecidos en el plan. En relación con los niveles de velocidad de conexión a Internet, debido a la restricción de datos de velocidad de subida, se atribuyen las propiedades de calidad únicamente a la velocidad de descarga.

Respecto de los aspectos tecnológicos, en el contexto colombiano los proveedores de servicios de Internet han ofrecido distintos planes de Internet fijo asociados con tecnologías tanto alámbricas como inalámbricas. La infraestructura relacionada con tecnologías alámbricas está caracterizada por la presencia de redes DSL, Clear Channel, Cable y Fibra Óptica; mientras que de igual manera se encuentran servicios de Internet prestados por distintas tecnologías disponibles inalámbricas, a saber: WiMAX, Wi-Fi, Radio Microondas, satelital, entre otras.

De conformidad con la naturaleza técnica de algunos tipos de tecnologías y con la baja representatividad relativa a nivel de usuarios en Colombia ³, en el presente trabajo, con el fin de enfocar los análisis técnicos y evitando incurrir en errores conceptuales, se agrupan los servicios prestados por distintas infraestructuras. De esta manera, el servicio de WiMAX se analiza junto con la tecnología de Radio-Microondas; el servicio alámbrico de Clear Channel se consolida en el mismo grupo de la infraestructura DSL; y los servicios de Wi-Fi y otras tecnologías inalámbricas se agrupan en un conjunto representativo de tecnologías inalámbricas⁴.

A partir de la caracterización de cada uno de los grupos tecnológicos disponibles en el mercado de servicios de acceso a Internet dedicado en Colombia (ver Apéndice 1 para una descripción detallada), se puede definir un ordenamiento de capacidad tecnológica de cada tipo de infraestructura, de manera que se demuestren los alcances técnicos que tiene cada tecnología para ofrecer en promedio conexiones de alta calidad. En este sentido, el cuadro A1 clasifica en un rango de 1 a 6 las tecnologías mencionadas anteriormente:

Tecnología	Clasificación
Fibra Óptica	6
Cable	5
Radio-Microondas	4
DSL	3
Inalámbricas	2
Satelital	1

Cuadro 1—: Categorización de las tecnologías de prestación del servicio de Internet fijo

De esta manera, se observa que la infraestructura que ofrece mayor capacidad tecnológica a los proveedores de servicios de Internet es la fibra óptica, seguida por la red de cable, la cual tiene componentes tecnológicos mixtos entre la fibra óptica y cable coaxial. En tercer

³Para 2014, el MinTIC determina que los servicios prestados mediante DSL y Cable representan a nivel de usuario el 46% y 49% de los planes ofrecidos, respectivamente.

⁴La tecnología de Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas (WiMAX por su denotación en inglés) es un tipo de estándar de tecnología Radio Microondas. Por su parte, la tecnología Clear Channel, en su configuración alámbrica, se utiliza para ofrecer servicios corporativos mediante las redes HDSL.

lugar, se encuentra la tecnología inalámbrica de Radio-Microondas que dada su capacidad y confiabilidad en la prestación de servicios es considerada una tecnología alternativa de la infraestructura de fibra óptica (BIS Shrapnel, 2001). La tecnología DSL, cuya desventaja en términos de distancia entre suscriptores e instalaciones de conmutación hace que ofrezca menores niveles de velocidad, se encuentra clasificada con el número 3, seguida de las tecnologías inalámbricas y finalmente de la tecnología satelital.

De conformidad con el objetivo del presente análisis, a partir del reporte de la información suministrada por los operadores de servicios de Internet dedicado, se consolidan dos conjuntos informacionales que permiten evaluar por separado los efectos de la regulación de mínimos estándares de velocidad sobre los componentes de oferta y demanda.

3.1. Información municipal de los servicios de Internet fijo

En línea con los aspectos metodológicos propuestos por Hidalgo y Oviedo (2014) y teniendo en cuenta que el mercado relevante de los servicios de Internet dedicado tiene un alcance local, se realiza la consolidación de la base de datos a nivel municipal con el objetivo de caracterizar la información desde la perspectiva de la demanda por parte de los suscriptores.

En este sentido, se crea un contrato característico a nivel municipal, el cual reúne de manera agregada y representativa la información de cada plan ofrecido. De manera específica, la unidad de análisis se convierte en el contrato municipal, cuyas especificaciones están relacionadas con el número de suscriptores agregados y el promedio de los atributos tarifarios y de velocidades de descarga, ponderado por el número de suscriptores asociados a cada plan individual.

Complementariamente, a partir de la información disponible por contrato y por operador, se consolidan distintas variables representativas de la estructura de oferta de los mercados municipales. Primero, se construye la variable representativa de diversidad tecnológica, la cual muestra la variedad de infraestructuras que tienen disponibles los proveedores para ofrecer los servicios de Internet fijo a nivel municipal. Segundo, como una medida de aproximación de la diferenciación de producto, se construye el indicador municipal de contratos ofrecidos por operador.

Tercero, mediante la construcción de distintos índices de concentración Herfindahl-Hirschman (IHH, en adelante) se caracteriza la situación estructural competitiva en cada municipio. De esta manera, el IHH de suscriptores-Operador denota la concentración de los suscriptores entre los diferentes operadores municipales. De manera similar, el IHH de Contratos-Operador representa el grado de concentración de la oferta de planes de Internet fijo entre los proveedores de servicios. Finalmente, el IHH de suscriptores-Contratos es la medida que caracteriza la revelación de preferencias de los consumidores por planes de Internet particulares.

Adicionalmente, se complementa la información con los datos de población y PIB municipal los cuales son utilizados para controlar por aspectos socio-económicos relacionados con el efecto escala y el efecto ingreso, respectivamente. Al respecto, como variable proxy del PIB municipal se utiliza el indicador de importancia económica municipal realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, en adelante) en el 2013, para calcular la participación de los municipios en el respectivo PIB departamental ⁵

⁵Con el propósito de consolidar la estructura de los datos con frecuencia trimestral, sin pérdida de generalidad se realiza el aumento de frecuencia de los datos de PIB y población mediante la distribución trimestral equitativa de la tasa de crecimiento calculada entre periodos para cada variable.

De conformidad con los objetivos del artículo, el cuadro 2 presenta las estadísticas descriptivas de la información a nivel municipal discriminada entre segmentos de demanda.

	Promedio ^a	Desv. Est	Mín	Máx
<i>Segmento Agregado (Obs=9903)</i>				
Tarifa ^b	0.77	0.47	0.17	79.89
Suscriptores	4068.31	37603.02	1.00	1097454.00
Velocidad Descarga (Mbit\s)	1.54	0.67	0.02	30.72
Contratos/Operador	14.49	4.79	1.00	25.33
Diversidad Tecnológica	5.31	1.09	1.00	6.00
IHH Suscriptores-Operador	0.52	0.22	0.20	1.00
IHH Contratos-Operador	0.23	0.16	0.07	1.00
IHH Suscriptores-Contratos	0.16	0.09	0.06	1.00
PIB ^c	708.02	4999.86	0.00	119301.10
Población	73095.48	357571.20	1005.25	7493556.00
<i>Segmento Residencial (Obs=6307)</i>				
Tarifa ^b	0.56	0.27	0.17	33.05
Suscriptores	5567.78	40743.24	1.00	956966.00
Velocidad Descarga (Mbit\s)	1.45	0.61	0.01	4.69
Contratos/Operador	8.50	2.49	1.00	18.00
Diversidad Tecnológica	3.37	0.90	1.00	5.00
<i>Segmento Corporativo (Obs=9649)</i>				
Tarifa ^b	2.18	1.67	0.17	87.74
Suscriptores	535.97	5098.78	1.00	140488.00
Velocidad Descarga (Mbit\s)	2.15	1.16	0.02	30.72
Contratos/Operador	11.04	4.34	1.00	17.79
Diversidad Tecnológica	5.21	1.24	1.00	6.00

Notas. (a) Todos los promedios están ponderados por el número de suscriptores totales en cada municipio, excepto para la variable de suscriptores, PIB y población. (b) Las cifras están en términos de cien mil pesos. (c) Miles de millones de pesos.

Cuadro 2—: Estadísticas descriptivas - información de contratos a nivel municipal

Primero, sin diferenciar según la demanda, se encuentra que en promedio en cada municipio se ofrecen planes de Internet fijo con un cargo mensual de 77 mil pesos, los cuales ofrecen a su vez velocidades de descarga de 1.5 Mbit\s. Además, se encuentra que en promedio cada municipio de Colombia durante el periodo de 2006 a 2012, presenta aproximadamente 4000

suscriptores a los servicios de Internet dedicado, los cuales representan una tasa de penetración municipal del 6 %, y tiene disponible un total de 5 tecnologías para suministrar el servicio.

En relación con la estructura del mercado municipal, se observa que en promedio cada operador del mercado ofrece una diversidad de 14 contratos, los cuales están concentrados hipotéticamente en cinco operadores, de acuerdo con el IHH de contratos-operador. En adición, a partir del IHH de suscriptores-operador se encuentra que los consumidores están en promedio distribuidos hipotéticamente entre dos operadores y además revelan preferencias sobre 6 contratos en particular.

Segundo, a partir del análisis comparativo entre segmentos de demanda, se observa que en promedio la tarifa mensual de los contratos de Internet ofrecidos a los usuarios corporativos es 4 veces mayor en relación a los planes residenciales. Sin embargo, esta diferencia tarifaria no es del todo atribuida a diferencias de calidades de los servicios, en la medida que el segmento corporativo en promedio ofrece aproximadamente un 50 % más de velocidad de descarga que el segmento residencial.

La principal explicación detrás de este hecho estadístico es la presencia de la tecnología satelital en los planes empresariales, cuyas características tecnológicas hacen que los servicios sean en promedio más costosos y ofrezcan menos velocidad de descarga (Apéndice 1). Por último y en relación con lo anterior, de acuerdo con las observaciones totales disponibles para cada segmento, es evidente la mayor presencia a nivel municipal de usuarios corporativos en todos los periodos de la muestra, debido a que la tecnología satelital es la única infraestructura que puede ofrecer servicios en municipios alejados de las respectivas capitales departamentales.

3.2. Características de la oferta de los operadores de servicios de Internet fijo

A partir del régimen de divulgación del mercado de servicios de Internet fijo en Colombia, es posible consolidar la información para caracterizar el mercado desde la perspectiva de los operadores.

En este sentido, se realiza la consolidación de un contrato representativo para cada operador-municipio teniendo como referencia las variables propias asociadas con la tarifa, la velocidad de descarga, la tecnología y el número de contratos ofrecidos. Al respecto, cada una de estas variables representativas, excepto el número de contratos, es calculada como el promedio ponderado por el número de suscriptores efectivos que aceptaron cada plan individual. Además, cabe mencionar que la consolidación de la tecnología predominante a nivel de operador se obtiene mediante la categorización de las infraestructuras anteriormente mencionadas (Cuadro A1).

Adicionalmente, se construyen variables que contextualizan las características propias de cada operador con la dinámica competitiva de cada municipio. Así, a partir del número de suscriptores y contratos ofrecidos, se consolidan las variables de participación de mercado en términos de suscriptores y contratos, las cuales posicionan a cada operador respecto a sus competidores locales. Asimismo, como una medida de aproximación de la economía de alcance asociada con cada operador, se construye una variable proxy de cobertura nacional que indica el número de municipios en los que simultáneamente el operador está prestando el servicio.

Complementariamente, de acuerdo con la organización industrial de este mercado, la cual se caracteriza principalmente por la presencia de efectos de diferenciación de producto, se incluye

para cada operador-municipio la información correspondiente a las características individuales de cada competidor. Así, siguiendo la metodología de Brueckner y Luo (2014) para evaluar la interacción estratégica en los servicios de aerolíneas, la base final resultante está estructurada de manera que cada par de competidores municipales en determinado periodo tienen asociadas dos observaciones, una para cada operador.

De manera general, el ejercicio metodológico se basa en un análisis de permutaciones de operadores-municipio y resulta en la expansión de la base de operadores. En consecuencia, en un municipio con n operadores, la base final del análisis tendrá un total de $(n!/(n-r)!)$ observaciones, en donde r representa la comparación doble que se debe tener en cuenta de cada par de competidores.

Finalmente, de acuerdo con la configuración de la base de datos de operadores-municipio, en la cual se tienen en cuenta las presiones competitivas que ejerce cada competidor, se crea la variable de contacto multimercado mediante el cálculo del número de municipios en los que, para cada periodo, una pareja de operadores de servicios de Internet están compitiendo simultáneamente. El Cuadro 3 presenta las estadísticas descriptivas asociadas con la base resultante de interacción estratégica a nivel de operador.

De conformidad con las estadísticas a nivel agregado, primero se encuentra que los operadores-municipio se enfrentan a competidores que ofrecen en promedio planes con aproximadamente 500 Kbit/s más de velocidad de descarga. Segundo, es directo observar que en promedio un operador-municipio tiene cobertura a nivel nacional en aproximadamente el doble de municipio que sus competidores, hecho que marca una diferencia notable en términos de economías de alcance.

Tercero, el Cuadro 3 muestra que en promedio un operador ofrece 40 contratos en un municipio, lo cuales equivalen al 20% de los contratos ofrecidos durante un periodo. De manera similar, un proveedor de servicio de Internet fijo tiene una relación contractual en promedio con 6000 suscriptores, los cuales representan cerca del 17% del mercado municipal total.

Cuarto, se puede observar que en promedio una pareja de competidores se encuentran a nivel nacional compitiendo simultáneamente en 28 municipios. Por último, los indicadores de capacidad tecnológica indican que en promedio un operador-municipio se enfrenta contra un competidor que en términos de infraestructura tecnológica tiene mayor capacidad para ofrecer servicios de alta calidad.

En términos comparativos entre segmentos de demanda, se encuentra que los operadores en cada municipio ofrecen en promedio niveles de velocidad de descarga mayor que sus competidores en el segmento residencial y menor en el corporativo. Adicionalmente, se observa que en promedio en la demanda residencial no hay una diferencia significativa entre la cobertura municipal mientras que los operadores corporativos si tienen mayor cobertura que sus competidores.

Continuando con la comparación, es directo observar que en promedio los operadores-municipio del segmento residencial tienen mayor participación de mercado en términos de usuarios y contratos en relación con los operadores corporativos. En contraste, a partir de las estadísticas descriptivas se encuentra que en el sector corporativo hay más presión competitiva generada por un mayor contacto multimercado entre operadores y además que en este sector los competidores en promedio tienen un mayor alcance tecnológico para ofrecer mejores niveles de velocidad de descarga.

	Promedio ^a	Desv. Est	Mín	Máx
<i>Segmento Agregado (Obs=73054)</i>				
Velocidad Operador (Mbit\s)	1.62	0.77	0.02	49.15
Velocidad Competidor (Mbit\s)	2.18	2.72	0.02	49.15
Cobertura Municipal	128.95	126.80	1.00	428.00
Cobertura Municipal Competidor	73.22	94.66	1.00	428.00
Contratos	39.69	23.59	1.00	110.00
Part. Contratos	0.20	0.14	0.00	0.96
Suscriptores	6050.05	34650.17	1.00	512457.00
Part. Suscriptores	0.17	0.28	0.00	1.00
Multimercado	28.28	29.44	1.00	155.00
Tecnología Operador	3.75	0.90	1.00	6.00
Tecnología Competidor	4.11	1.41	1.00	6.00
<i>Segmento Residencial (Obs=15982)</i>				
Velocidad Operador (Mbit\s)	1.48	0.70	0.02	6.50
Velocidad Competidor (Mbit\s)	1.14	0.74	0.02	6.50
Cobertura Municipal	66.01	60.06	1.00	238.00
Cobertura Municipal Competidor	61.91	64.79	1.00	238.00
Contratos	12.93	7.32	1.00	41.00
Part. Contratos	0.26	0.16	0.01	0.92
Suscriptores	9322.94	36990.26	1.00	420903.00
Part. Suscriptores	0.26	0.28	0.00	1.00
Multimercado	18.47	16.57	1.00	53.00
Tecnología Operador	3.81	0.91	2.00	6.00
Tecnología Competidor	3.65	1.03	2.00	6.00
<i>Segmento Corporativo (Obs=63190)</i>				
Velocidad Operador (Mbit\s)	2.38	1.36	0.02	49.15
Velocidad Competidor (Mbit\s)	2.43	2.71	0.02	49.15
Cobertura Municipal	124.98	117.56	1.00	422.00
Cobertura Municipal Competidor	68.28	91.81	1.00	422.00
Contratos	24.97	16.55	1.00	83.00
Part. Contratos	0.16	0.13	0.00	0.95
Suscriptores	870.74	5516.62	1.00	91554.00
Part. Suscriptores	0.17	0.30	0.00	1.00
Multimercado	24.99	27.54	1.00	143.00
Tecnología Operador	3.38	0.79	1.00	6.00
Tecnología Competidor	4.22	1.42	1.00	6.00

Notas.(a) Todos los promedios están ponderados por el número de suscriptores totales de cada operador-municipio, excepto para la variable de suscriptores.

Cuadro 3—: Estadísticas descriptivas de la información a nivel de operador-municipio.

4. Modelo de difusión tecnológica

4.1. Estrategia Empírica

La difusión tecnológica es el proceso por el cual una innovación es adoptada gradualmente por los consumidores hasta conseguir saturar la demanda del mercado y en general, en el sector de las telecomunicaciones ha sido representada con curvas de crecimiento en forma de S cuya especificación se ajusta a la evolución de la penetración en estos mercados. De manera específica, estas curvas están caracterizadas particularmente por la estimación de un punto de inflexión, que indica cambio en la dinámica del crecimiento de adaptación del servicio, del nivel de saturación y la determinación de la velocidad de difusión.

En línea con los modelos empíricos de los artículos de Gruber y Koutrompis (2013), Gruber y Verboven (2001) y Bouckaert et al. (2010), en este trabajo se estima la difusión del acceso de los servicios de Internet a partir de un modelo logístico modificado.

En este sentido, la siguiente ecuación denota el modelo logístico, en donde y_{it} es el número de suscriptores de Internet durante el periodo t y y_i^* denota el número total de usuarios potenciales en el municipio i .

$$(1) \quad \frac{y_{it}}{y_i^*} = \frac{1}{1 + \exp(-a_{it} - b_{it}t)}$$

Respecto a la especificación del modelo, a_{it} representa la variable de desplazamiento, cuyo valor determina la ubicación de la difusión de cada municipio en cada periodo de tiempo. Esta variable caracteriza el desplazamiento de la función de difusión sin afectar la curvatura de la función de crecimiento. Por otra parte, la variable b_{it} denota la medida del crecimiento de la difusión en el mercado, es decir, indica la velocidad de difusión de cada municipio. En este orden de ideas, municipios con un valor más alto de b_{it} presentan una tasa de crecimiento de los usuarios de Internet más alta.

Siguiendo los lineamientos de Gruber y Koutrompis (2013) y Gruber y Verboven (2001), se realiza una transformación logarítmica para linealizar el modelo de difusión, obteniendo la siguiente expresión:

$$(2) \quad \log\left(\frac{y_{it}}{y_i^* - y_{it}}\right) = a_{it} + b_{it}t$$

La variable dependiente denota el logaritmo del número total de suscriptores relativos al número de potenciales suscriptores que aún no han adquirido el servicio. Es directo observar del modelo que el nivel de adopción del servicio evoluciona linealmente a través del tiempo. Adicionalmente, las siguientes ecuaciones determinan la forma funcional que adopta las respectivas variables de desplazamiento y crecimiento en el modelo:

$$(3) \quad a_{it} = \alpha_i^0 + X_{it}\alpha$$

$$(4) \quad b_{it} = \beta_i^0 + Y_{it}\beta$$

En donde los parámetros α_i^0 y β_i^0 son efectos de ubicación y crecimiento característicos de cada municipio. Los vectores X_{it} y Y_{it} denotan un conjunto de variables que afectan el desplazamiento y el crecimiento de los procesos de difusión. De esta manera, sustituyendo las especificaciones de cada variable dentro del modelo logístico transformado se obtiene el modelo a estimar, el cual determina el proceso de difusión del acceso a Internet de Banda Ancha de cada municipio en Colombia.

$$(5) \quad \log\left(\frac{y_{it}}{y_i^* - y_{it}}\right) = a_{it} + b_{it} = \alpha_i^0 + X_{it}\alpha + (\beta_i^0 + Y_{it}\beta)t$$

En relación con el número potencial de suscriptores, Gruber y Verboven (2001) asumen que y_i^* evoluciona proporcionalmente al total de la población de cada país de la siguiente manera: $y_i^* = \gamma_i POP_{it}$. En donde γ_i denota la proporción de personas que eventualmente se suscribirían a servicios de telecomunicaciones en cada unidad de análisis.

Para lograr estimar este parámetro, Gruber y Verboven (2001) agrupan los datos de todos los países y calculan un γ_{it} común para todas las unidades de análisis. Sin embargo, esta aproximación no tiene en cuenta la heterogeneidad de las distintas unidades de análisis municipales del presente trabajo.

Por otra parte, Dekimpe et al. (1998) definen de manera explícita el número potencial de usuarios utilizando como criterios distintos parámetros industriales conocidos. Así, para estos autores, el número potencial usuarios es igual al porcentaje de personas alfabetizados viviendo en una zona urbana y cuyo ingreso les permite acceder a un servicio telefónico básico. De manera similar, la aproximación empírica de Gruber y Verboven (2001) estima este parámetro γ_i con base en información de urbanización y desarrollo económico de cada país.

En contraste, de acuerdo con las limitaciones de datos sobre número de hogares a nivel municipal en Colombia, en el presente trabajo se realiza un procedimiento en dos etapas para lograr estimar el modelo (5). Primero, se estima el número potencial de usuarios y_i^* para cada municipio, siguiendo las metodologías propuestas por Franses (1994) y Nguimkeu (2014) para la elección adecuada del modelo de difusión. Posteriormente, a partir de los valores de saturación teóricos calculados para cada municipio, se realiza la estimación de la metodología de Gruber y Verboven (2001).

4.2. Primera etapa: Estimación niveles de saturación teórica

En la literatura académica usualmente se han modelado las curvas de adopción tecnológica mediante dos modelos característicos, a saber: la curva de difusión logística y la curva de difusión gompertz. Si bien ambas modelaciones empíricas presentan similitudes numéricas y gráficas, existen diferencias en relación a la simetría de las curvas que distinguen las dos metodologías y pueden generar diferencias significativas. De acuerdo con Chu et al. (2009) y Yamakawa et al. (2013), realizar desarrollos empíricos e inferencias estadísticas sin tener en cuenta estos aspectos diferenciadores puede llevar a resultados erróneos.

Respecto a la selección entre modelos que describen los procesos de difusión tecnológica, Franses (1994) propone un método econométrico basado en una regresión lineal auxiliar para poder seleccionar de manera apropiada entre la curva Gompertz o la curva logística. En este

sentido, de conformidad con Gompertz (1825), el modelo que describe la curva de crecimiento está determinado por la siguiente expresión:

$$y_t = y^* \exp[-a \exp(-bt)]$$

De manera similar, el modelo logístico propuesto por Pearl y Reed (1920) está representado de la siguiente manera:

$$y_t = \frac{y^*}{1 + a \exp(-bt)}$$

En general, y^* representa el nivel de saturación del modelo de difusión, y_t denota la serie de tiempo de interés, a es el parámetro asociado a la ubicación del proceso de difusión, mientras que b caracteriza la velocidad de difusión. A partir de estas dos representaciones analíticas, Franses (1994) realiza una transformación a cada modelo para poder compararlos directamente. Primero, mediante la aplicación de logaritmo natural y el uso del operador de diferencias, se puede reescribir la curva de gompertz de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \log[\Delta \log(y_t)] &= \log(a) + \log[\exp(b) - 1] - bt \\ &= d - bt \end{aligned}$$

En donde d es una función no lineal de los parámetros de ubicación y velocidad de difusión y se puede observar que la ecuación describe un comportamiento lineal con respecto al tiempo. Segundo, adicional al procedimiento anterior, por medio de una aproximación de Taylor de primer orden, Franses (1994) demuestra que el modelo de crecimiento logístico puede ser denotado de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \log[\Delta \log(y_t)] &\approx \log(a) + \log[\exp(b) - 1] - bt + [\log(y_t) - \log(y^*)] \\ &\approx d - bt + [\log(y_t) - \log(y^*)] \end{aligned}$$

A partir de esta especificación se puede observar que, a diferencia del modelo gompertz, la difusión logística tiene un componente adicional que representa una dependencia no lineal del tiempo. En este sentido, Franses (1994) propone realizar la estimación lineal del siguiente modelo anidado auxiliar:

$$(6) \quad \log(\Delta \log(y_t)) = \delta + \phi_1 t + \phi_2 t^2 + \phi_3 t^3 + \dots$$

Básicamente, la regresión lineal descrita por los parámetros δ y ϕ_1 caracteriza propiamente la curva de difusión gompertz (modelo restringido), mientras que el modelo no restringido describe la aproximación logística ⁶. De manera específica, con el fin de elegir entre los dos

⁶Sin pérdida de generalidad se pueden agregar más coeficientes asociados con la no linealidad de la tendencia para obtener resultados con mayor precisión. En el presente trabajo, se sigue el procedimiento usado por Gamboa y Otero (2009).

modelos se realiza la prueba de hipótesis sobre la significancia estadística de los coeficientes asociados con los parámetros $\phi_2, \phi_3, \dots, \phi_6$.

A partir de este planteamiento empírico y considerando el objetivo de seleccionar el modelo adecuado para estimar los procesos de difusión, y en particular los niveles de saturación, de los suscriptores a nivel municipal de Internet dedicado en Colombia se realiza la estimación de la regresión (6) teniendo en cuenta las tendencias t^2, t^3, t^4, t^5 y t^6 . En consecuencia, el resultado de la prueba muestra que el estadístico F, asociado con la significancia conjunta de los parámetros ϕ_2, ϕ_3, \dots , es igual a 187 (valor-p 0.00), a 99 (valor-p 0.00) y a 47 (valor-p 0.00) para el modelo agregado, residencial y corporativo, respectivamente. Por lo tanto, la prueba de Franses (1994) determina que el modelo adecuado para la estimación de la primera etapa de los determinantes de los procesos de difusión del mercado de servicios de Internet a nivel municipal es la aproximación logística.

Sin embargo, Franses (1994) señala que la transformación $\Delta \log(y_t)$ puede tomar valores negativos y la transformación logarítmica adicional no sería apropiada. Al respecto, el autor sugiere imputar datos interpolados o alternativamente considerar estas observaciones como omitidas para lograr la estimación de la prueba. Sin embargo, dependiendo de la base de datos, esta estrategia puede implicar pérdida importante de información y el consiguiente cuestionamiento de la prueba estadística.

Ante este potencial problema, el artículo de Nguimkeu (2014) presenta una forma alternativa de evaluar la pertinencia de los distintos modelos de difusión tecnológica. De manera específica, a partir de transformaciones de los modelos base, el autor determina que las ecuaciones diferenciales representativas de las curvas logística y gompertz son denotadas por los modelos (7) y (8), respectivamente ⁷.

$$(7) \quad \frac{h'(t)}{h(t)} = \frac{b[y^* - h(t)]}{y^*}$$

$$(8) \quad \frac{g'(t)}{g(t)} = b[\log(y^*) - \log(g(t))]$$

En donde la notación $x(t)$ representa la serie de tiempo de interés y $\frac{x'(t)}{x(t)}$ denota la tasa de crecimiento intertemporal para cada modelo. Así, de conformidad con los lineamientos de Davidson y Mackinnon (1981), el autor plantea un modelo anidado lineal que representa, según los parámetros de cada curva, cada una de las especificaciones de difusión. Adicionalmente, se realiza la diferenciación del modelo anidado con el fin de evitar regresiones espúreas. De esta manera, la prueba de Nguimkeu(2014) está basada en la regresión (9).

$$(9) \quad \Delta \left(\frac{y_t - y_{t-1}}{y_{t-1}} \right) = \mu + \gamma \Delta \log(y_{t-1}) + \theta \Delta y_{t-1} + \epsilon_t$$

⁷Cabe mencionar que la ecuación que describe la transformación del modelo logístico no necesariamente es igual a la presentada en el modelo propuesto por Nguimkeu(2014). A través de comunicación directa con el investigador, se reconoce la existencia de un error de editorial en el artículo publicado y confirma la veracidad de los cálculos presentados en este documento. Independientemente de este asunto, la modificación no altera en lo absoluto el resto del análisis presentado en Nguimkeu(2014) debido a que la prueba se basa en una especificación en forma reducida.

En este sentido, la prueba consiste en verificar la significancia estadística de θ y γ para determinar el modelo de difusión pertinente. El caso particular en el cual $\theta = 0$ indica que el modelo correcto de estimación es la curva gompertz. En contraste, si se cumple la condición $\gamma = 0$, entonces la especificación correcta es el modelo logístico.

De conformidad con la metodología de Nguimkeu (2014), el Cuadro (4) muestra los resultados obtenidos de la regresión auxiliar propuesta. Es directo observar que el coeficiente asociado con la diferenciación del logaritmo de los suscriptores en $t - 1$, asociado con la curva gompertz, es estadísticamente igual a cero para el modelo total y residencial, mientras que para la estimación corporativa tanto ese coeficiente como el representativo del modelo logístico son significativos. De esta manera, la estimación de la prueba de Nguimkeu (2014) implica que para el segmento de demanda total y residencial, el modelo adecuado es el logístico mientras que no hay un criterio concreto para seleccionar el modelo en el segmento corporativo.

Prueba de Nguimkeu (2014)			
	Agregado	Corporativo	Residencial
	(1)	(2)	(3)
$\Delta \log(y_{t-1})$	-40.72 (80.25)	-39.36*** (12.26)	-134.8 (171.4)
Δy_{t-1}	0.230*** (0.0104)	0.347*** (0.0110)	0.134*** (0.0127)
Constante	302.8*** (56.03)	33.03*** (7.559)	445.3*** (79.91)
Observaciones	7,250	6,882	5,066

Errores estándar en paréntesis
*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Cuadro 4—: Resultados de la prueba de Nguimkeu (2014)

A partir de los resultados de las pruebas propuestas, en el presente documento se estima la curva de difusión logística en el segmento agregado y residencial. Por su parte, si bien la prueba de Nguimkeu (2014) no sugiere la estimación de un modelo en particular para la demanda corporativa, se toma como referencia el resultado encontrado mediante la prueba de Franses (1994) y se estima de manera similar la curva logística para este segmento.

En línea con lo anterior, se estima el modelo de difusión logístico de los servicios de Internet dedicado en Colombia teniendo como referencia los datos de suscriptores efectivos para el periodo 2006 - 2012. El Cuadro (5) presenta las estadísticas descriptivas de la penetración potencial de usuarios de Internet dedicado municipal tomando como referencia el nivel de saturación estimado mediante el modelo logístico y los datos de población municipal para el último año de los datos analizados en el presente documento. Es directo observar que la penetración de suscriptores efectivos a nivel de municipio es en promedio similar cuando se analiza el mercado agregado y residencial. Al respecto, utilizando los datos hasta el primer trimestre de 2012 y considerando que la medición de penetración se realiza sobre población y no sobre hogares, se encuentra que en promedio un municipio en Colombia tendrá una penetración del 13% y ningún municipio, tanto en el segmento agregado y residencial, registrará tasas

de penetración mayores al 50 %. Por el contrario, la penetración potencial en el segmento corporativo no alcanzará en el largo plazo más del 2 % sobre la población municipal.

Penetración de la saturación estimada				
Segmento	Promedio	Desv. Est	Mín	Máx
Agregado	0.13	0.05	0.00	0.29
Residencial	0.12	0.05	0.00	0.41
Corporativo	0.01	0.01	0.00	0.09

Cuadro 5—: Estadísticas descriptivas de la penetración potencial estimada - año 2012

Ahora bien, con el fin de presentar los resultados desde una perspectiva regional, las siguientes figuras muestran la penetración potencial para cada departamento con base en la información de población en el año 2012 ⁸. En primer lugar, la Figura 1 presenta la penetración potencial estimada para la demanda agregada de los servicios de Internet fijo. De acuerdo a los resultados del modelo logístico, los departamentos con mayor tasa de penetración de largo plazo se encuentran situados en la región Andina, en la cual se resaltan los niveles de los departamentos de Antioquia, Risaralda, Santander y la capital del país. De igual manera, las zonas con menor penetración teórica de los servicios de Internet fijo son el departamento del Chocó y los departamentos situados en el sur-este de Colombia.

Con relación al análisis entre segmentos de demanda, los paneles (a) y (b) de la Figura 2 presentan los mapas correspondientes a la penetración potencial departamental para los servicios ofrecidos en el sector residencial y corporativo, respectivamente.

Por un lado, es directo observar una estrecha similitud entre los niveles potenciales de penetración residencial y agregada, con la diferencia que el departamento de Nariño presenta mayor proyección de la tasa de penetración en el caso residencial. Por otro lado, de acuerdo con el panel (b), el segmento corporativo no muestra significantes proyecciones de penetración a nivel departamental y en consecuencia no se presentan diferencias notables entre departamentos. No obstante, al igual que los anteriores análisis, es directo observar que la zona sur del país tiene leve penetración potencial de servicios mientras que la región noroeste junto con la capital del país y los departamentos del Meta y Casanare presentan las mayores tasas a nivel nacional. Adicionalmente, tanto en el análisis desagregado como el total, se destaca las bajas tasas potenciales de penetración de algunos departamentos de la región Caribe, a saber: La Guajira, Córdoba y Sucre.

La caracterización de las diferentes regiones en Colombia y la asociación con distintos atributos del mercado de servicio de Internet es un análisis importante y fundamental para entender con claridad los principales determinantes de la brecha digital entre departamentos. No obstante, este campo de investigación regional está por fuera del alcance investigativo del presente documento.

⁸Para cada departamento se conforma la penetración potencial como la razón entre los suscriptores de largo plazo estimados y el número de población total en el año 2012. Ambas series están calculadas con base en los datos disponibles de los municipios para los cuales se logró alcanzar la convergencia en la estimación del modelo logístico.

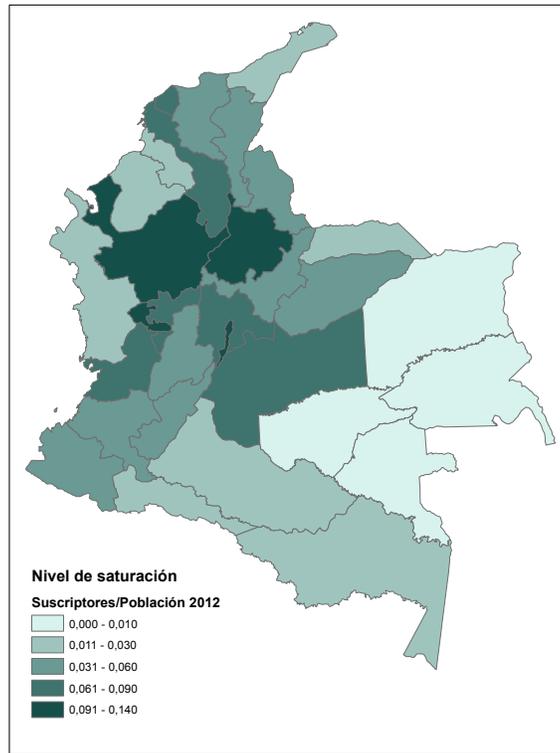


Figura 1. : Penetración potencial estimada por departamento Demanda Agregada

(a) Residencial

(b) Corporativo

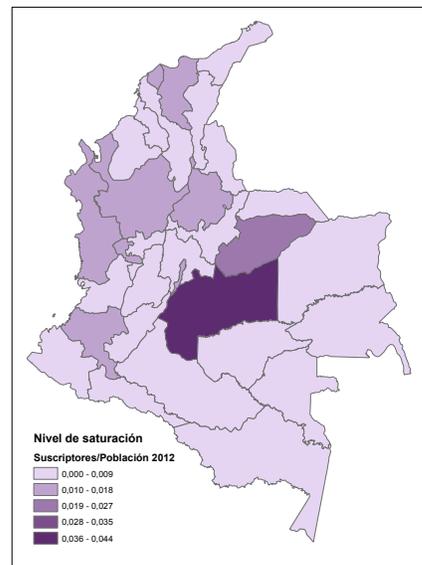
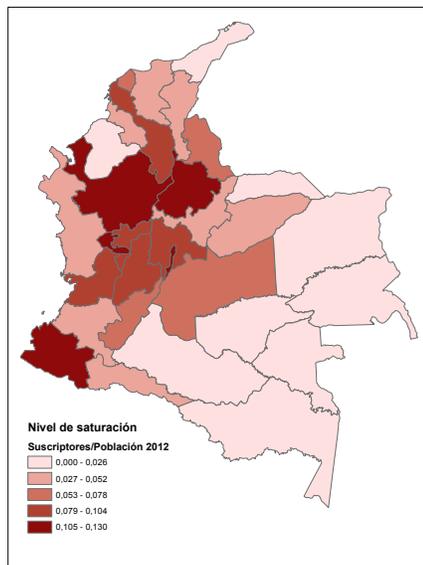


Figura 2. : Penetración potencial por departamento Demanda Residencial y Corporativa

4.3. Segunda etapa: Modelo Logístico modificado

Teniendo en cuenta los resultados encontrados en la primera etapa, a continuación se presenta la caracterización de las variables de control de crecimiento y ubicación de la ecuación (5) y posteriormente se describen e interpretan los resultados obtenidos en la estimación del modelo de difusión logístico modificado.

En línea con los planteamientos de Gruber y Verboven (2001) y Gruber y Koutrompis (2013), por un lado se determina que el PIB per cápita de cada municipio y la variable de diversidad tecnológica afectan el desplazamiento de los procesos de difusión. Por otro lado, en relación con las variables que afectan el crecimiento del proceso de difusión, se establecen como controles los atributos tarifarios, los niveles de velocidad de descarga, la variable de contratos por operador y los índices de concentración IHH.

En relación con las variables regulatorias que representan el establecimiento de mínimos estándares de velocidad, en el presente análisis se definen dos variables regulatorias en línea con el procedimiento de Gruber y Verboven (2001), en el cual utilizan un conjunto de variables dummy para capturar los efectos de los eventos regulatorios. De esta manera, las variables *Reg08* y *Reg10* son unas medidas dicotómicas que toman el valor de 1 a partir de la entrada en vigencia de la regulación establecida por la resolución CRT 1740 de 2007 y la resolución CRC 2352 de 2010, respectivamente.

Así mismo, se deben tener en cuenta las limitaciones empíricas del presente análisis. Primero, a partir de la definición de las variables dummy regulatorias, no es posible identificar el efecto de corto plazo de la regulación de 2008, es decir, el cambio independiente que generó esta actividad regulatoria con respecto al periodo sin regulación y con respecto a la regulación de 2010. En contraste, el coeficiente asociado con la regulación de 1024kbs refleja el cambio estructural entre antes y después del tercer trimestre de 2010. Adicionalmente, la suma de los coeficientes regulatorios representa el cambio entre el periodo regulatorio, cuya activación se realiza a partir de 2008 en adelante, y el periodo sin intervención. Bajo esta interpretación, en los distintos análisis presentados a lo largo del trabajo se omite los detalles de interpretación y por simplicidad se hace referencia únicamente a los coeficientes asociados con cada una de las variables regulatorias.

Respecto del impacto de las variables regulatorias sobre el modelo de difusión modificado, Gruber y Verboven (2001) permiten que estas variables regulatorias tengan un efecto sobre la ubicación y el crecimiento de la difusión tecnológica de cada país. A diferencia de la literatura académica, en donde se determina implícitamente la aparición de las variables dummy en la parte de desplazamiento o de crecimiento, los autores prueban empíricamente la hipótesis de la no existencia de un salto discontinuo en el número de adoptadores luego de que algún evento regulatorio apareciera. De esta manera, se realiza una prueba para establecer si el conjunto de variables regulatorias afecta la ubicación de las curvas de difusión

De conformidad con esta aproximación metodológica, el presente análisis realiza una prueba de significancia conjunta para evaluar si el modelo no restringido, el cual presenta las medidas regulatorias tanto en la ubicación como en el crecimiento de la difusión, es estadísticamente significativo frente a los modelos restringidos, aquellos que solamente presentan las variables regulatorias en la especificación de crecimiento o de ubicación.

En este orden de ideas, el Cuadro 6 presenta los resultados de los determinantes del modelo de difusión de servicios de Internet dedicado en Colombia a nivel municipal. En línea con el objetivo del artículo, se realiza la estimación para cada segmento de demanda y para el

mercado agregado. Adicionalmente, cada estimación tiene asociadas efectos fijos de municipio y de periodo para controlar por la heterogeneidad no observada de las unidades de análisis. Se debe tener en cuenta que debido a que varios municipios en Colombia aún se encuentran en la etapa temprana de la difusión del servicio, la convergencia de la primera etapa de la estimación no se logró, por esta razón el número de observaciones se reducen en relación con las obtenidas en las estadísticas descriptivas de la sección 3.

Difusión de los servicios de Internet Dedicado			
	Agregado	Corporativo	Residencial
	(1)	(2)	(3)
<i>Variables de ubicación</i>			
PIB pc	1.255 (7.508)	5.128 (4.033)	-20.67*** (6.737)
Diversidad Tecnológica	-0.0429* (0.0243)	-0.0206 (0.0175)	-0.0461* (0.0243)
Reg 08	2.153*** (0.310)	1.636*** (0.229)	2.252*** (0.537)
Reg 10	2.263*** (0.218)	1.327*** (0.151)	1.745*** (0.348)
<i>Variables de crecimiento</i>			
Reg 08	0.187*** (0.0267)	0.108*** (0.0194)	0.105** (0.0447)
Reg 10	-0.0872*** (0.0108)	-0.0939*** (0.00798)	-0.0463*** (0.0103)
Tarifa	-0.0107*** (0.00113)	-0.00604*** (0.000603)	-0.000686 (0.00181)
Velocidad Bajada	0.0153*** (0.00509)	0.00351** (0.00142)	-0.0381*** (0.00591)
Contratos/Operador	0.00541*** (0.000659)	0.00178*** (0.000570)	0.0114*** (0.00109)
IHH suscriptores-contratos	-0.254*** (0.0162)	-0.0975*** (0.0109)	-0.0388*** (0.0117)
IHH suscriptores-operador	3.882*** (0.227)	1.907*** (0.133)	0.236 (0.187)
IHH contratos-operador	-4.034*** (0.210)	-2.485*** (0.119)	-1.662*** (0.186)
Constante	-6.653*** (0.380)	-6.189*** (0.228)	-3.062*** (0.270)
Observaciones	7,539	7,774	5,817
R-Cuadrado	0.867	0.893	0.866
Efectos Fijos	Si	Si	Si

Errores estándar robustos en paréntesis

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Cuadro 6—: Determinantes de la difusión en el mercado de acceso de Internet fijo en Colombia.

De acuerdo con las medidas de bondad de ajuste, el R-cuadrado indica que en promedio las variables escogidas como determinantes de la difusión del Internet explican el 88 % de la difusión de los servicios en Colombia. Teniendo en cuenta lo anterior, las estimaciones presentan varios resultados interesantes.

Primero, el parámetro asociado con la diversidad tecnológica presenta un coeficiente negativo y significativo al 10 % para la demanda total y residencial. Este resultado indica que aquellos municipios con mayor infraestructura especializada en tecnologías particulares tienden a ser más avanzados en la adopción de servicios de Internet. En particular, para el segmento residencial se encuentra que municipios con una tecnología menos desplegada incrementan la relación entre suscriptores efectivos y suscriptores potenciales en aproximadamente un 4 %.

Segundo, en términos de las variables de crecimiento se encuentra que el cargo mensual promedio de cada municipio tiene un leve efecto negativo, el cual sugiere que los municipios que presentan menores tarifas tienen mayores velocidades de difusión. Este resultado, si bien tiene el signo esperado, no es significativo para el segmento residencial en el cual la velocidad del proceso de masificación del servicio no es dependiente de los atributos tarifarios. A partir de los resultados, se puede concluir que los aspectos tarifarios del mercado no son un determinante clave en el proceso de difusión del mercado debido a que aproximadamente una reducción de 100 mil pesos en la tarifa promedio municipal, teniendo en cuenta la tendencia, aumenta en 1 % la relación entre usuarios efectivos y potenciales.

De manera similar, en tercer lugar, de acuerdo con los coeficientes estimados con respecto a la velocidad de descarga, se encuentra que existe una relación directa entre los mayores niveles de calidad y la velocidad de difusión del servicio. No obstante, este resultado es contrario para el segmento residencial, en el cual se encuentra, teniendo en cuenta la interacción con la tendencia, que velocidades de descarga de 1 Mbit/s mayor están relacionadas con aproximadamente 3 % menos de usuarios efectivos en relación a los potenciales para cada municipio de Colombia. Este resultado particular muestra las limitaciones que puede tener la regulación de mínimos estándares de calidad en la medida que criterios de calidad muy altos pueden generar efectos perjudiciales al mercado residencial.

Cuarto, en línea con los resultados de Hidalgo y Oviedo (2014) y Haucap et. al (2014) , se observa en relación con la variable de contratos por operador, un efecto leve pero positivo sobre el crecimiento de la difusión. Este resultado indica que mayor acaparamiento de las preferencias de los consumidores (diferenciación horizontal) está relacionado positivamente con mayores incentivos de acceso al servicio.

Quinto, los coeficientes asociados con los índices de concentración Suscriptores-Contratos y Contratos-Operador indican que en municipios en donde el ofrecimiento de planes de Internet está distribuido entre varios operadores y los suscriptores no revelan preferencia estricta por algunos contratos en particular, el proceso de difusión es más rápido en comparación con los municipios en donde hay mayor acaparamiento de la oferta de contratos por algunos operadores y los usuarios en su mayoría eligen un contrato específico. Adicionalmente, se encuentra que la existencia de operadores líderes ha contribuido a la expansión de la demanda municipal del mercado.

Finalmente, a partir de la prueba de significancia conjunta, se determina que el modelo no restringido, es decir aquel que tiene en cuenta las variables regulatorias tanto en la ubicación como en el crecimiento, es significativo y relevante para el presente análisis. De esta manera, se encuentra que el establecimiento del mínimo estándar de velocidad de 512 Kbit/s y 1024

Kbit/s en los años 2008 y 2010, respectivamente, han generado en Colombia un efecto positivo y significativo en el desplazamiento de los procesos de difusión. De manera específica, el establecimiento de la regulación de 512 Kbit/s aumentó en más de 200% y 150% la relación entre suscriptores efectivos y suscriptores potenciales para los segmentos residencial y corporativo. Asimismo, la regulación de 1024 Kbit/s generó un efecto positivo sobre la ubicación del proceso de difusión, en la medida que para ambos segmentos de demanda el establecimiento del estándar incrementó la relación entre consumidores efectivos y potenciales en más del 100%. Con relación a la interpretación concreta de los resultados, la metodología propuesta en este documento no permite identificar con precisión cuál es el efecto subyacente que está dominando las estimaciones encontradas: por un lado el aumento de aproximadamente del 130% provocado por la regulación de 2010 en la demanda corporativa es resultado del aumento efectivo de los usuarios (efecto masificación) pero de igual manera, es el resultado del acercamiento hacia los niveles teóricos de suscriptores (efecto saturación). Sin embargo, con certeza se puede concluir que las medidas regulatorias ayudaron a obtener niveles de penetración periodos antes de lo que teóricamente se hubiera esperado en los municipios en Colombia.

En términos del crecimiento de la difusión, se encuentra por un lado, que el estándar de velocidad de 512 Kbit/s generó un aceleramiento de la difusión mientras que este efecto fue contrareestado en parte por la actualización del estándar de calidad en 2010. Independientemente del impacto negativo de la regulación de 2010 sobre la velocidad de difusión, en el análisis conjunto se observa que la fijación de estándares mínimos de calidad en el mercado de servicios de Internet fijo empina y acelera el proceso de difusión del servicio, es decir que acorta el número de periodos necesarios para alcanzar los niveles de saturación.

A partir de la estimación del modelo logístico modificado y en línea con los resultados encontrados en varios artículos académicos (Ronnen, 1991; Haucap et. al (2014); Crampes y Hollander, 1995; Hidalgo y Oviedo, 2014), en este trabajo se encuentra evidencia econométrica que señala que las regulaciones de estándares mínimos de velocidad generaron un efecto positivo sobre la masificación del servicio a nivel municipal en Colombia. Respecto a esto, no se puede señalar con certeza si el resultado es consecuencia de la mayor importancia del efecto masificación o de la relevancia del efecto saturación pero si es posible justificar que las medidas regulatorias, junto con las dinámicas cambiantes y estructuras competitivas de los mercados relevantes, han ayudado a fortalecer los procesos de difusión en el país.

5. *Modelo de determinantes de la calidad del servicio e interacción estratégica*

5.1. *Estrategia Empírica*

En línea con el contexto teórico que identifica la dinámica competitiva de este tipo de mercado, Hidalgo y Oviedo (2014) determinan que la estructura industrial y secuencial de la oferta de servicios de Internet fijo está caracterizada por una estructura competitiva que consiste de tres etapas: En primer lugar, los proveedores de servicios de Internet toman la decisión de entrar al mercado de Internet dedicado y eligen la infraestructura tecnológica con la cual quieren consolidar su oferta de servicios; posteriormente, en una segunda etapa, de acuerdo a las capacidades tecnológicas, los operadores se comprometen a ofrecer distintos niveles de velocidad de descarga y finalmente en la última etapa, los proveedores de servicios deciden simultáneamente los niveles de calidad y precios para ser ofrecidos a los usuarios locales de Internet.

Bajo este contexto, el presente análisis se concentra en la modelación empírica de las decisiones de calidades descritas en la última etapa del juego de mercado. De esta manera, el objetivo principal de esta sección es determinar los efectos estratégicos, en términos de velocidad de descarga, generados por las decisiones de los otros competidores sobre la selección de los niveles de velocidad de descarga propios de cada operador-municipio.

Siguiendo la metodología de Brueckner y Luo (2014), con el objetivo de corregir el problema de endogeneidad entre las variables de calidad, se estiman las funciones de reacción de cada operador en dos etapas. Por un lado, en la segunda etapa se estiman, utilizando técnicas de panel de datos para controlar por efectos heterogéneos no observables, los determinantes de las decisiones propias de cada operador (V_{imt}), entre los cuales se encuentran especificados los niveles de velocidad de descarga ofrecidos por cada competidor (V_{-imt}). Por otro lado, consistente con la secuencialidad teórica descrita anteriormente, se instrumenta el nivel de calidad ofrecido por cada competidor con su capacidad tecnológica asociada con la oferta de servicios en cada municipio (Tec_{-imt}).

Adicionalmente, para evaluar los efectos diferenciadores en la interacción estratégica generados a partir de las regulaciones de estándares de calidad, se realiza la estimación de cada etapa del modelo teniendo en cuenta términos de interacción entre las variables regulatorias, definidas de manera similar al modelo de difusión, y las variables de velocidad de descarga. Teniendo en cuenta estas especificaciones, las ecuaciones logarítmicas que caracterizan el modelo son las siguientes:

$$(10) \quad \begin{aligned} V_{imt} = & \beta_0 + \beta_1 \widehat{V_{-imt}} + \beta_2 \widehat{V_{-imt}} \times Reg08 + \beta_3 \widehat{V_{-imt}} \times Reg10 \\ & + \beta_4 Reg08 + \beta_5 Reg10 + \beta_6 X_{imt} + \beta_7 M_{mt} \\ & + \beta_8 \gamma_{im} + \beta_9 \delta_t + \varepsilon_{imt} \end{aligned}$$

$$(11) \quad \begin{aligned} V_{-imt} = & \alpha_0 + \alpha_1 Tec_{-imt} + \alpha_2 Tec_{-imt} \times Reg08 + \alpha_3 Tec_{-imt} \times Reg10 \\ & + \alpha_4 Reg08 + \alpha_5 Reg10 + \alpha_6 X_{imt} + \alpha_7 M_{mt} \\ & + \alpha_8 \gamma_{im} + \alpha_9 \delta_t + \mu_{imt} \end{aligned}$$

En donde las ecuaciones (10) y (11) denotan la segunda y primera etapa del modelo, respectivamente. De conformidad con los lineamientos establecidos en varios artículos empíricos (Bun y Harrison, 2014; Ozer-Balli y Sorensen, 2010), para el presente análisis la estimación de la primera etapa se debe realizar para tres especificaciones distintas, cuya diferencia se basa según la interacción o no interacción de la variable dependiente con las respectivas variables dummy de regulación económica. Adicionalmente, los vectores X_{imt} y M_{mt} representan un conjunto de variables que controlan por los efectos propios de cada operador municipio y por los efectos del contexto competitivo de los municipios. Por un lado, entre los controles del operador-municipio se encuentra la variable de cobertura nacional, la participación de mercado, en términos de suscriptores y contratos, y la variable de contacto multimercado. Por otro lado, al igual que en el modelo de difusión tecnológica, los controles municipales tienen

en cuenta variables que caracterizan la estructura competitiva en cada mercado local.

5.2. Resultados

Teniendo en cuenta el objetivo del artículo se realiza la estimación del modelo propuesto para los segmentos de oferta agregado, residencial y corporativo. En primer lugar, el Cuadro (7) presenta la estimación de la primera etapa del modelo de interacción estratégica, en donde los paneles (a), (b) y (c) muestran los resultados obtenidos para las especificaciones sin interacción e interactuadas con las dummy de regulación de 2008 y 2010, respectivamente.

Por una parte, se observa que las estimaciones asociadas con los segmentos total y corporativo presentan significancia estadística con respecto a la capacidad tecnológica y las respectivas interacciones, lo cual es muestra de la robustez de la primera etapa en estos segmentos. Por otra parte, para el caso del segmento residencial no se encuentra una relación significativa entre la velocidad de los competidores y la capacidad tecnológica promedio de cada operador cuando se interactúan las respectivas variables con las dummy de regulación. Al respecto, de conformidad con Wooldridge (2013) y Staiger y Stock (1997), este problema de instrumento débil conlleva como consecuencia la estimación de coeficientes con signos inesperados e inflados y adicionalmente, se encuentra que el uso de la estadística inferencial convencional, basada en estadísticos t y distribuciones normal estándar, es errónea para este caso en particular. Por lo tanto, no es posible aproximar la estimación de la interacción estratégica para el segmento de oferta residencial solucionando los potenciales problemas de endogeneidad con la capacidad tecnológica de los operadores de Internet.

En cuanto a los segmentos total y corporativo, en el panel (a) es directo observar que los niveles de velocidad promedio elegidos por cada competidor-municipio y su respectiva capacidad tecnológica presentan una relación positiva y significativa, la cual se ha fortalecido a partir de la entrada en vigencia de las regulaciones de banda ancha. De manera similar, los paneles (b) y (c), cuyos periodos de relevancia están delimitados por las dummy de regulación, presentan los resultados de las regresiones particionadas de las decisiones propias de velocidad por parte de cada competidor. Al respecto, el análisis de los coeficientes agregados muestra que el establecimiento de las respectivas regulaciones permite que se preserve la relación positiva entre las decisiones de velocidad y la capacidad tecnológica.

En segundo lugar, los resultados relacionados con la estimación de la segunda etapa del modelo de interacción estratégica son presentados en el Cuadro (8). Así, en línea con los resultados observados en la primera etapa, es directo observar que la prueba F confirma la existencia de instrumentos débiles en la estimación de la interacción estratégica para el segmento residencial ⁹. En contraste para la oferta total y corporativa, el Cuadro (8) muestra principalmente la existencia de sustituibilidad estratégica entre los niveles de velocidad de descarga ofrecidos por los operadores-municipio y en este sentido, la evidencia empírica corrobora la característica de diferenciación vertical de los servicios de Internet dedicado en Colombia.

⁹El criterio general de evaluación está definido para un estadístico F de significancia conjunta superior a 10 (Bernal y Peña, 2011)

	Agregado (1)	Corporativo (2)	Residencial (3)
<i>(a) Velocidad Competidores</i>			
Tecnología Competidor	0.582*** (0.109)	0.385*** (0.0808)	-0.432*** (0.137)
Tecnología 08	0.325** (0.129)	0.269*** (0.0779)	1.119*** (0.151)
Tecnología 10	0.104** (0.0502)	0.00826 (0.0508)	-0.480*** (0.0957)
<i>(b) Velocidad Competidores × Reg 08</i>			
Tecnología Competidor	-0.134*** (0.0412)	-0.364*** (0.0562)	0.0919 (0.132)
Tecnología 08	1.047*** (0.0472)	1.179*** (0.0677)	0.759*** (0.139)
Tecnología 10	0.100* (0.0514)	0.00975 (0.0521)	-0.527*** (0.0965)
<i>(c) Velocidad Competidores × Reg 10</i>			
Tecnología Competidor	-0.0824*** (0.0168)	-0.197*** (0.0334)	0.0298 (0.0402)
Tecnología 08	0.0320** (0.0147)	-0.0580** (0.0243)	-0.00275 (0.0425)
Tecnología 10	1.099*** (0.0498)	1.223*** (0.0855)	0.301*** (0.0886)
Observaciones	73,054	63,190	15,982

Errores estándar robustos en paréntesis

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Cuadro 7—: Modelo de interacción estratégica: Primera etapa

De manera específica, las variables de velocidad interactuadas muestran que la regulación de 512 Kbit/s no tiene un efecto adicional sobre la elasticidad de interacción estratégica mientras que en relación con la regulación de 1024 Kbit/s, se encuentra que los mercados se vuelven más elásticos, es decir que aumenta la intensidad de la diferenciación vertical en la calidad del servicio. De esta manera, si un operador-municipio, cuya velocidad de descarga ofrecida es en promedio de 1 Mbit/s, decide duplicar la calidad ofrecida, la mejor respuesta de sus competidores será la de reducir los niveles de velocidad de descarga en aproximadamente 0.2 Mbit/s para el segmento agregado y corporativo.

De acuerdo con los resultados, de igual manera se observa que la economía de alcance, denotada por la cobertura municipal, presenta elasticidades que indican que ante un aumento del 1 % del número de apariciones municipales, los operadores tienden a ofrecer alrededor de 15 % menos de velocidad de descarga para el segmento corporativo. Además, los coeficientes

asociados con la participación de suscriptores y contratos muestran que los operadores corporativos con mayor acaparamiento del mercado de suscriptores y que diseñan mayor variedad de contratos, lo cual puede ser interpretado como diferenciación horizontal, ofrecen en promedio mayor velocidad de descarga a nivel municipal.

En relación con las variables de efectos fijos regulatorias, se encuentra que en promedio es mayor el impacto directo ocasionado por la regulación de 2010 sobre los niveles de calidad ofrecidos en relación con el estándar de 2008. En particular, el establecimiento del estándar en 2008 generó un incremento del 52 % de la velocidad ofrecida por cada operador-municipio mientras que el coeficiente asociado con la regulación de 2010 determina que el aumento en promedio de la velocidad ofrecida fue de 130 % para el mercado corporativo. Finalmente, la estimación del contacto multimercado señala que mayor competencia municipal simultánea entre dos operadores intensifica la competencia en velocidad y genera mejores condiciones de calidad para los usuarios.

	Agregado (1)	Corporativo (2)	Residencial (3)
Velocidad Competidor	-0.179*** (0.0561)	-0.165*** (0.0629)	0.778* (0.402)
Velocidad 08	0.0325 (0.0506)	0.00892 (0.0560)	-0.817** (0.405)
Velocidad 10	-0.0391** (0.0159)	-0.0296* (0.0152)	-0.313*** (0.0770)
Cobertura Municipal	-0.114*** (0.0242)	-0.152*** (0.0307)	0.00359 (0.0122)
Participación Suscriptores	-0.00822 (0.00909)	0.0528*** (0.0116)	0.0880*** (0.00767)
Participación Contratos	0.164*** (0.0281)	0.163*** (0.0360)	-0.0537* (0.0285)
Reg 08	0.617** (0.293)	0.523 (0.358)	4.816** (2.106)
Reg 10	1.309*** (0.122)	1.321*** (0.134)	3.781*** (0.520)
Contacto Multimercado	0.0352*** (0.0132)	0.0680*** (0.0157)	0.0468*** (0.0133)
Observaciones	73,054	63,190	15,982
Control Municipal	Si	Si	Si
Efectos Fijos	Si	Si	Si
Prueba F	9.512	11.27	4.712

Errores estándar robustos en paréntesis

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Cuadro 8—: Modelo de interacción estratégica: Segunda etapa.

A pesar de haber identificado sustituibilidad estratégica en la oferta corporativa del mer-

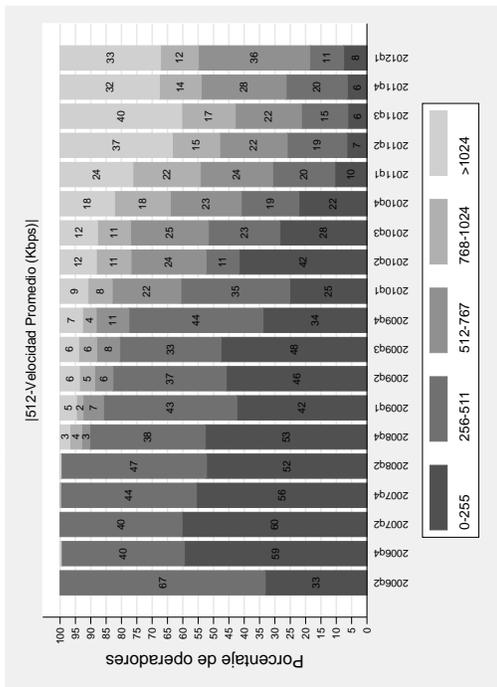
cado de servicios de Internet fijo, la aproximación empírica no permite obtener respuestas concluyentes acerca del comportamiento competitivo del segmento residencial. Al respecto, se debe extender el análisis del comportamiento de los proveedores de servicios de Internet para caracterizar la dinámica competitiva y observar el impacto que tienen los estándares de banda ancha. Por consiguiente, a continuación se realiza la caracterización de las velocidades promedio que ofrecen cada operador-municipio con respecto a los distintos estándares de calidad definidos en Colombia.

En este orden de ideas, con el objetivo de determinar el grado de presión que ejerce la regulación frente a las decisiones de los operadores, se define el grado de distanciamiento respecto al estándar como el valor absoluto de la diferencia entre el mínimo estándar de calidad de banda ancha y la respectiva velocidad promedio ofrecida por cada operador-municipio. La Figura 3 presenta, para cada segmento de oferta y estándar de banda ancha, la distribución de los operadores -municipio de acuerdo a distintos rangos de distanciamiento, medidos en Kbit/s.

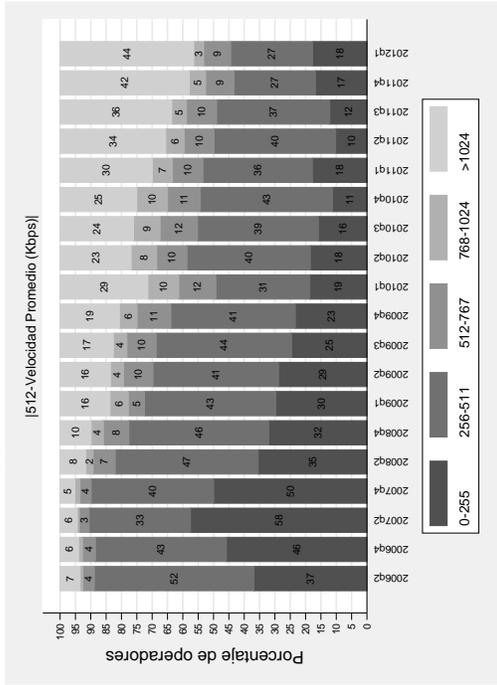
En relación al estándar de 512 Kbit/s, el panel (a) muestra que aproximadamente la mitad de los operadores residenciales ofrecen en promedio velocidades de transmisión de datos relativamente cercanas al mínimo de banda ancha desde el 2006 hasta el tercer trimestre de 2009. En cuanto a los operadores corporativos, el panel (b) muestra que antes de la entrada en vigencia de la Resolución CRT 1740 de 2007 más de la mitad de proveedores ofrecían servicios cercanos al estándar mientras que a partir de 2008, aproximadamente más del 70 % de los proveedores empezaron a desviarse significativamente del umbral de definición de servicio de banda ancha. En conjunto, se puede concluir que antes y durante la vigencia del estándar de 512 Kbit/s los operadores residenciales muestran una tendencia a agrupar en promedio sus planes de servicios alrededor de la definición de Internet de banda ancha mientras que por el contrario, los operadores corporativos presentan ofertas más separadas y flexibles con relación a la regulación.

En lo que se refiere a la regulación establecida por la Resolución CRC 2352 de 2010, los paneles (c) y (d) muestran el comportamiento general de los proveedores de servicios de Internet para el segmento residencial y corporativo, respectivamente. Por un lado, para el segmento residencial se observa que a partir del tercer trimestre de 2010, más del 60 % de los operadores, excepto para el tercer trimestre de 2011, ofrecen velocidades distanciadas en menos de la mitad del estándar definido. Por otro lado, los operadores de servicios de Internet fijo corporativo ofrecen en su mayoría, aproximadamente el 80 %, velocidades de descarga promedio alejadas del mínimo de calidad definido. En consecuencia de lo anterior, al igual que bajo el contexto de la regulación de 2007, la oferta corporativa demuestra mayor flexibilidad respecto al cumplimiento de la regulación mientras que los proveedores residenciales concentran la calidad ofrecida alrededor de la definición de banda ancha.

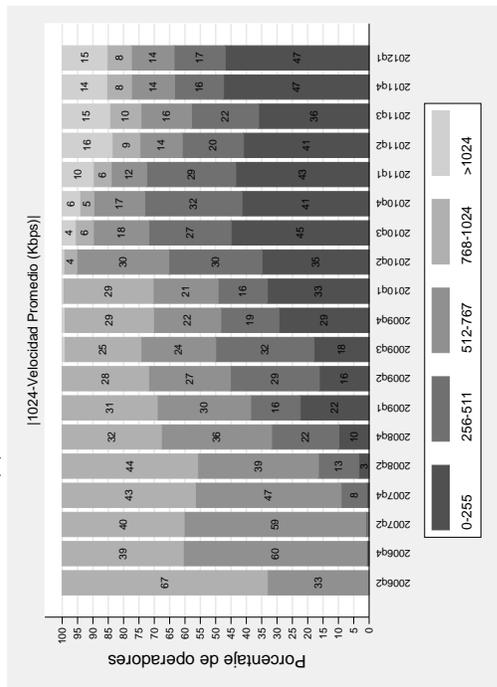
(a) Residencial - 512



(b) Corporativo - 512



(c) Residencial - 1024



(d) Corporativo - 1024

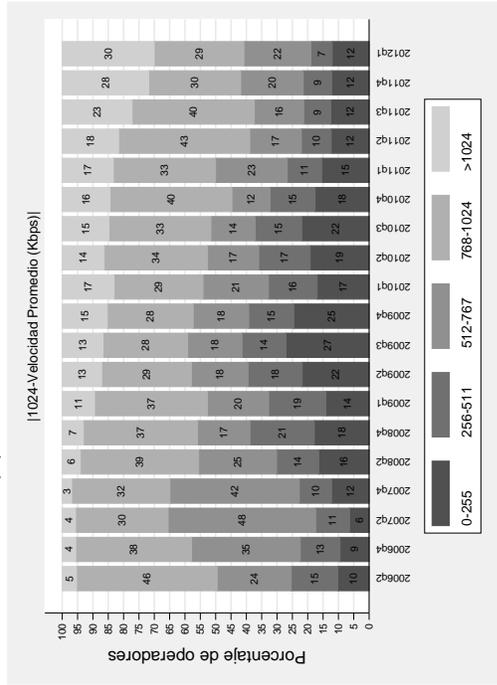


Figura 3 : Distribución de operadores - municipio según rango de distanciamiento del estándar de velocidad

Complementariamente, se realiza la estimación de los determinantes de la decisión de distanciamiento respecto al estándar de velocidad de descarga. En aras de realizar esta aproximación empírica y separar los efectos regulatorios de las dos medidas establecidas en Colombia, se realiza la estimación para dos periodos de tiempo distinto (Cuadro 9). Primero, para la regulación de 512 kbit/s se estima la regresión desde antes de la emisión de la Resolución CRT 1740 de 2007 y hasta un periodo antes de la entrada en vigencia de la regulación de 2010. A partir de los resultados, se encuentra que para el segmento residencial hay un efecto negativo y significativo al 1 % entre la regulación de 512 kbit/s y la decisión de distanciamiento, lo cual indica que a partir de esta medida regulatoria los niveles de velocidad ofrecidos por los operadores demostraron ajuste y rigidez con relación al nivel definido de banda ancha. En contraste, para el segmento corporativo predomina el efecto separador, es decir que ante la regulación de 2007, la cual entró en vigencia en 2008, los operadores ofrecieron velocidades de descarga efectiva de manera que diseñaron planes con velocidades bajas u ofrecieron velocidades más altas que el estándar de Internet fijo de banda ancha.

	512-velocidad		1024-velocidad	
	Residencial	Corporativo	Residencial	Corporativo
Reg 08	-0.554*** (0.133)	0.393*** (0.0800)		
Reg 10			-1.257*** (0.118)	-0.0335 (0.0280)
Part. Suscriptores	0.0247 (0.0187)	-0.0175 (0.0152)	-0.0957*** (0.0136)	-0.0946*** (0.0154)
Part. Contratos	0.0318 (0.0689)	-0.208*** (0.0325)	0.122*** (0.0467)	0.0363 (0.0356)
Cobertura Nacional	0.0885*** (0.0241)	0.0845*** (0.0160)	-0.0437** (0.0214)	0.102*** (0.0146)
Supervivencia	0.0954** (0.0422)	0.0910*** (0.0205)	-0.127*** (0.0387)	-0.0826*** (0.0235)
Tecnología Operador	0.326*** (0.0785)	0.324*** (0.0400)	0.319*** (0.0538)	0.0960** (0.0375)
Observaciones	6,491	17,028	9,828	24,974
Municipios	555	1,017	623	1,036
R-Cuadrado	0.25	0.21	0.35	0.15
Control Municipio	Si	Si	Si	Si
Efectos Fijos	Si	Si	Si	Si
Periodo	2006q2-2010q2		2008q2-2012q1	

Errores estándar robustos en paréntesis

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Cuadro 9—: Estimación de los efectos agrupadores/separadores.

Segundo, para el caso de la regulación de 2010 se encuentra que no hay un efecto significativo en el coeficiente entre la regulación y la diferencia absoluta del segmento corporativo. Sin

embargo, la tendencia evidenciada respecto a la regulación de 512 kbit/s permanece para el sector residencial. Al respecto, se encuentra que el establecimiento de la regulación de 2010 genera una disminución más que proporcional de la separación entre las velocidades ofrecidas y el estándar de velocidad.

Los anteriores análisis descriptivos permiten identificar distintos patrones de comportamiento, los cuales explican en parte la razón por la cual para el segmento residencial no es relevante el desarrollo de la estrategia empírica de interacción estratégica. En efecto, se observa que mientras la oferta corporativa es flexible con respecto a la regulación económica, los planes de servicios de Internet dedicado ofrecidos para el segmento residencial tienden a agruparse alrededor de la definición de Internet de banda ancha. A causa de esto, se determina que en el segmento corporativo hay existencia de comportamiento estratégico mientras que para el segmento residencial el efecto agrupador ejercido por la actividad regulatoria domina las decisiones de calidad.

Si bien la naturaleza del ejercicio es distinta e incluso profundiza con mayor detenimiento la diferencia entre segmentos de oferta, el resultado encontrado en esta sección es consistente con los hallazgos encontrados por Hidalgo y Oviedo (2014), en donde los autores indican que a partir de la definición de banda ancha de 2010 existe una relación inversa entre los niveles de calidad y la diversidad de contratos de servicios de Internet en Colombia, es decir que alrededor del estándar de velocidad se encuentra la mayor parte de los contratos ofrecidos a los consumidores.

6. Conclusión

A partir de la dinámica evolutiva de la economía de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y el establecimiento de estándares mínimos de velocidad en distintos contextos regulatorios a nivel mundial, en particular en Colombia, en el presente artículo se presentan diversas aproximaciones empíricas para evaluar los efectos reales que conlleva el establecimiento de definiciones de servicios de banda ancha en el mercado de Internet fijo. De esta manera, de conformidad con la aproximación conceptual del Banco Mundial (2012), en la cual el mercado de Internet debe ser analizado como un ecosistema de componentes de demanda y oferta mutuamente dependientes, y a partir de la información disponible para el caso de Colombia, se realiza una serie de análisis para cuantificar el efecto de la medida regulatoria, establecida por las resoluciones CRT 1740 de 2007 y CRC 2352 de 2010, y así, identificar los impactos generados sobre la masificación del servicio a nivel municipal y sobre las decisiones estratégicas que adoptan los operadores de servicios. Adicionalmente, con el objetivo de profundizar los análisis empíricos realizados en Colombia previamente, se discriminan los análisis según la naturaleza de los consumidores entre segmento residencial y corporativo.

En este sentido, se estima un modelo de difusión logístico modificado en dos etapas, siguiendo los planteamientos de Gruber y Koutrompis (2013), para establecer los determinantes de la difusión del servicio a nivel municipal en Colombia. Posteriormente, en relación con el comportamiento estratégico de los operadores de servicios de Internet, se realiza la estimación del modelo de interacción estratégica propuesto por Brueckner y Luo (2014) utilizando la capacidad tecnológica asociada con la infraestructura instalada de cada operador como variable instrumental para solucionar los potenciales problemas de endogeneidad. Bajo este enfoque empírico, el artículo señala que las dos medidas regulatorias establecidas en Colombia en 2008 y 2010 presentan efectos significativos y positivos sobre el desplazamiento y el crecimiento de

los procesos de difusión a nivel municipal, los cuales a su vez tienen mayor potencial teórico de cobertura en los departamentos pertenecientes a la región Andina. Adicionalmente, se encuentra evidencia de la existencia de sustituibilidad estratégica en las decisiones de oferta de velocidad de descarga por parte de los operadores corporativos mientras que, a partir del análisis de distanciamiento de la velocidad ofrecida respecto al estándar mínimo de banda ancha, se observa que los proveedores de servicios residenciales tienden a agrupar sus decisiones de velocidad alrededor de los niveles de velocidad establecidos por regulación.

En general, el artículo presenta un conjunto de herramientas empíricas que tienen como objetivo realizar evaluaciones *ex post* de las políticas regulatorias y en donde, según la OCDE (2015), la autoridad nacional regulatoria de Colombia presenta debilidades. Complementariamente, a nivel de investigación académica, el análisis realizado en el documento establece el punto de partida de diversos campos de investigación relacionados. Primero, si bien el análisis señala los efectos positivos de los estándares de velocidad, aún queda el vacío teórico en el cual se pueda determinar la eficiencia en el sentido de Pareto del mínimo estándar de calidad, es decir, dadas las características competitivas del mercado, definir el estándar que optimice el bienestar general. Segundo, en relación con temas de política de competencia, el artículo señala varios patrones de comportamiento diferenciados entre distintos tipos de segmentos de consumidores, los cuales son relevantes en la discusión entorno a la definición de mercados relevantes en la industria de telecomunicaciones. Finalmente, la disponibilidad informacional de los datos para Colombia permite extender y profundizar diversos análisis a nivel regional, de manera que se logre caracterizar y diferenciar la situación de mercado en distintos departamentos.

Referencias

- Ani, W; Ugwunta, D; Eneje B y Okwo M. 2014. How telecommunication development aids economic growth: evidence from ITU ICT development index (IDI) top five countries for African region. *International Journal of Business, Economics and Management*, **1**(2), 16–28.
- Baltzer, K. 2012. Standards vs. labels with imperfect competition and asymmetric information. *Economic Letters*, **114**(1), 61–63.
- Bass, F. 1969. A new product growth model for consumer durables. *Management Science*, **15**(5), 215–227.
- Bernal, R y Peña, X. 2011. *Guía práctica para la evaluación de impacto*. Ediciones Uniandes.
- Bockstael, N. 1984. The Welfare Implications of Minimum Quality Standards. *American Journal of Agricultural Economics*, **66**(4), 466–471.
- Boom, A. 1995. Asymmetric International Minimum Quality Standards and Vertical Differentiation. *The Journal of Industrial Economics*, **43**(1), 101–119.
- Bouckaert, J; Dijk, T y Verboven F. 2010. Access regulation, competition and broadband penetration: An international study. *Telecommunications Policy*, **34**(11), 661–671.
- Branca, A y Catalao-Lopes, M. 2011. Strategic interaction and quality choice. *Total Quality Management*, **22**(3), 265–273.
- Bresnahan, T y Trajtenberg, M. 1995. General purpose technologies engines of growth? *Journal of Econometrics*, **65**(1), 83–108.
- Brueckner, J & Luo, D. 2014. Measuring strategic firm interaction in product-quality choices: The case of airline flight frequency. *Economics of Transportation*, **3**(1), 102–115.
- Brueckner, J. 1998. Testing for strategic interaction among local governments: The case of growth controls. *Journal of urban economics*, **44**(3), 438–467.
- Brueckner, J. 2003. Strategic interaction among governments: An overview of empirical studies. *International Regional Science Review*, **26**, 175–188.
- Cardona, M; Kretschmer, T y Strobel T. 2013. ICT and productivity; conclusions from the empirical literature. *Information Economics and Policy*, **25**(3), 109–125.
- Case, A; Rosen, H y Hines J. 1993. Budget spillovers and fiscal policy interdependence: Evidence from the states. *Journal of Public Economics*, **52**(3), 285–307.
- Cava-Ferreruela, I y Alabau-Muñoz, A. 2006. Broadband policy assessment: A cross-national empirical analysis. *Telecommunications Policy*, **30**(8-9), 445–463.
- Cellini, R y Lamantia, F. 2015. Quality competition in markets with regulated prices and minimum quality standards. *Journal of Evolutionary Economics*, **25**(2), 345–370.
- Chambers, R y Weiss, M. 1992. Revisiting minimum-quality standards. *Economic Letters*, **40**(2), 197–201.
- Chu, W; Feng-Shang, W; Kao K y Yen D. 2009. Diffusion of mobile telephony: an empirical study in Taiwan. *Telecommunications Policy*, **33**(9), 506–520.
- Cockburn, I y Henderson, R. 1994. Racing to invest? The dynamics of competition in ethical drug discovery. *Journal of Economic Management Strategies*, **3**(3), 481–519.
- Corry, D; Valero, A y Reenen J. 2011. *UK Economic Performance since 1997: Growth, Productivity and Jobs*. Centre for Economic Performance special papers, CEPSP24.

- Cotterill, R y Putsis, W. 2000. Market share and price setting behavior for private labels and national brands. *Review of Industrial Organization*, **17**(1), 17–39.
- Crampes, C y Hollander, A. 1995. Duopoly and Quality Standards. *European Economic Review*, **39**(1), 71–82.
- CRC. 2010. *Resolución 2352 de 2010*. Tech. rept. Comisión de Regulación de Comunicaciones.
- CRC. 2013 (Diciembre). *Agenda Regulatoria 2014 - Respuesta a Comentarios*. Tech. rept. Comisión de Regulación de Comunicaciones.
- CRT. 2007. *Resolución CRT 1740 de 2007*. Tech. rept. Comisión de Regulación de Telecomunicaciones.
- CRTC. 2011. *Telecom Regulatory Policy CRTC 2011-291*. Tech. rept. Canadian Radio-television and telecommunications Commission.
- Dauvin, M y Grzybowski, L. 2014. Estimating broadband diffusion in the EU using NUTS 1 regional data. *Telecommunications Policy*, **38**(1), 96–104.
- David, P y Wright, G. 1999. *General Purpose Technologies and Surges in Productivity: Historical Reflections on the Future of the ICT Revolution*. Discussion Papers in Economic and Social History. University of Oxford. Number 31.
- David, P. 1990. The dynamics and the computer: an historical perspective on the modern productivity paradox. *American Economic Review*, **80**(2), 355–361.
- Davidson, R y Mackinnon, J. 1981. Several tests for model specification in the presence of alternative hypotheses. *Econometrica*, **49**(3), 781–793.
- Dekimpe, M; Parker, P y Sarvary M. 1998. Staged estimation of international diffusion models: an application to global cellular telephone adoption. *Technological Forecasting and Social Change*, **57**(1-2), 105–132.
- Dietz, R. 2002. The estimation of neighborhood effects in the social sciences: An interdisciplinary approach. *Journal of Social Science Research*, **31**(4), 539–575.
- Distaso, W; Lupi, P y Maneti F. 2006. Distaso, W; Lupi, P y Maneti, F. *Information Economics and Policy*, **18**(1), 87–106.
- Dujardin, C; Peeters, D y Thomas I. 2009. *Neighborhood effects and endogeneity issues*. Discussion paper no. 56, CORE.
- Ecchia, G y Lambertini, L. 1997. Minimum Quality Standards and Collusion. *The Journal of Industrial Economics*, **45**(1), 101–113.
- FCC. 2014. *Tenth broadband progress notice of inquiry*. Tech. rept. Federal Communications Commission.
- Franses, P. 1994. A method to select between Gompertz and logistic trend curves. *Technological forecasting and social change*, **46**(1), 45–49.
- FTTHCouncil. 2013. *White Paper: Broadband Access Technologies*. Tech. rept. European Commission.
- Gamboa, L y Otero, J. 2009. An estimation of the pattern of diffusion of mobile phones: The case of Colombia. *Telecommunications Policy*, **33**(10-11), 611–620.
- Garcia-Murillo, M. 2005. International broadband deployment: The impact of unbundling. *Communications and Strategies*, **57**, 83–108.

- Garella, P y Petrakis, E. 2008. Minimum quality standards and consumers information. *Economic Theory*, **36**(2), 283–302.
- Garella, P. 2006. “Innocuous” minimum quality standards. *Economic Letters*, **92**(3), 368–374.
- Gompertz, B. 1825. On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, **115**(1825), 513–583.
- Grabowski, H y Baxter, N. 1973. Rivalry in industrial research and development. *Journal of Industrial Economics*, **21**(3), 209–235.
- Gruber, H y Koutrompis, P. 2013. Competition enhancing regulation and diffusion of innovation: the case of broadband networks. *Journal of Regulatory Economics*, **43**(2), 168–195.
- Gulati, G y Yates, D. 2012. Different paths to universal Access: The impact of policy and regulation on broadband diffusion in the developed and developing worlds. *Telecommunications Policy*, **36**(9), 749–761.
- Hakfoort, J y Weigand, J. 2003. Strategic interaction in the dutch market for consumer magazines. *De economist*, **151**(2), 205–224.
- Hargittai, E. 1999. Weaving the Western web: explaining differences in Internet connectivity among OECD countries. *Telecommunications Policy*, **23**(10-11), 701–718.
- Haucap, J; Heimeshoff, U y Lange M. 2015. The impact of tariff diversity on broadband diffusion - An empirical analysis. *Telecommunications Policy*. In Press.
- Henrickson, K. 2012. Spatial competition and strategic firm relocation. *Economic Inquiry*, **50**(2), 364–379.
- Hidalgo, J y Oviedo, J. 2014. The impact of broadband quality standards on Internet services market structure in Colombia. *Documentos de trabajo. Universidad del Rosario*, **169**, 36.
- International, Cullen. 2014 (November). *Universal service obligation - Scope*.
- Irawan, T. 2014. ICT and economic development; comparing ASEAN member states. *International Economics and Economic Policy*, **11**(1), 97–114.
- ITU. 2014. *The state of broadband 2014: Broadband for all*. Tech. rept. International Telecommunication Union.
- Kalnins, A. 2003. Hamburguer pprice and spatial econometrics. *Journal of Economics Management Strategies*, **12**(4), 591–616.
- Kiiski, S y Pohjola, M. 2002. Cross-country diffusion of the Internet. *Information Economics and Policy*, **14**(2), 297–310.
- Kim, J; Bauer, J y Wildman S. 2003. Broadband uptake in OECD countries: Policy lessons from comparative statistical analysis. *In: Artículo presentado en la Conferencia 31 de investigación en política de comunicaciones, información e Internet*.
- Kuhn, M. 2007. Minimum quality standards and market dominance in vertically differentiated duopoly. *International Journal of Industrial Organization*, **25**(2), 275–290.
- Lazzarini, S; Artes, R; Caetano M; Moura M; Goldberg M y Silva C. 2007. *Does it pay to anticipate competitor reactions?* Ibmec Working Paper 01/2007.
- Lee, S y Brown, J. 2008. Examining broadband adoption factors: An empirical analysis between countries. *The Journal of Policy, Regulation and Strategy for Telecommunication, Information and Media*, **10**(1), 25–39.

- Lee, S y Lee, S. 2010. An empirical study of broadband diffusion and bandwidth capacity in OECD countries. *Communications y Convergence Review*, **2**(1), 36–49.
- Leland, H. 1979. Quacks, Lemons, and Licensing: A Theory of Minimum Quality Standards. *Journal of Political Economy*, **87**(6), 1328–1346.
- Lin, M y Wu, F. 2013. Identifying the determinants of broadband adoption by diffusion stage in OECD countries. *Telecommunications Policy*, **37**(4-5), 241–251.
- Manski, C. 1993. Identification of endogenous social effects: The reflection problem. *Review of Economics Studies*, **60**(3), 531–542.
- Maxwell, J. 1998. Minimum quality standards as a barrier to innovation. *Economic Letters*, **58**(3), 355–360.
- Mundial, Banco. 2012. *Broadband Strategies Handbook*. Banco Mundial.
- Mussa, M y Rosen, S. 1978. Monopoly and Product Quality. *Journal of Economic Theory*, **18**(2), 301–317.
- Nguimkeu, P. 2014. A simple selection test between the Gompertz and Logistic growth models. *Technological Forecasting & Social Change*, **88**, 98–105.
- Norris, P. 2000. The Global Divide: Information poverty and Internet access worldwide. In: of Economics, School, & Science, Political (eds), *Paper for the Annual Meeting of the Political Studies Association*.
- OCDE. 2011 (June). *The Future of the Internet Economy. A statistical profile*. Tech. rept. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France.
- OCDE. 2012. Universal Service Policies in the Context of National Broadband Plans. *DS-TI/ICCP/CISP(2011)10/FINAL*.
- OCDE. 2014. *OECD Review of Telecommunication Policy and Regulation in Colombia*. Tech. rept. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- OCDE. 2015. *Driving Performance at Colombia's Communications Regulator*. Tech. rept. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Parker, D y Kirkpatrick, C. 2012. *Measuring Regulatory Performance. The economic impact of regulatory policy: A literature review of quantitative evidence*. Tech. rept. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Pearl, R y Reed, L. 1920. On the rate of growth of the population of the United States since 1790 and its mathematical representation. *Proceedings of the national academy of sciences*, **6**(6), 275–288.
- Pinkse, J; Slade, M y Brett C. 2002. Spatial price competition: a semiparametric approach. *Econometrica*, **70**(3), 1111–1153.
- Qiang, C. 2009. *Telecommunications and Economic Growth*. Unpublished paper. World Bank, Washington, D.C.
- Reimer, J. 2004. Market conduct in the U.S ready to eat cereal industry. *Journal of Agricultural and Food Industrial Organization*, **2**(1), 1–27.
- Revelli, F. 2005. On spatial public finance empirics. *International Tax and Public Finance*, **12**(4), 475–492.
- Robertson, A; Soopramanien, D y Fildes R. 2007. Segmental new-product diffusion of residential broadband services. *Telecommunications Policy*, **31**(5), 265–275.

- Ronnen, U. 1991. Minimum Quality Standards, Fixed Costs, and Competition. *The RAND Journal of Economics*, **22**(4), 490–504.
- Scarpa, C. 1998. Minimum quality standards with more than two firms. *International Journal of Industrial Organization*, **16**(5), 665–676.
- Shapiro, C. 1983. Premiums for High Quality Products as Returns to Reputations. *The Quarterly Journal of Economics*, **98**(4), 659–680.
- Sheshinski, E. 1976. Price Quality and Quantity Regulation in Monopoly Situation. *Economica*, **43**(170), 127–137.
- Shrapnel, BIS. 2001. *Telecommunication Infrastructures in Australia 2001*. Tech. rept. Australian Competition and Consumer Commission.
- Spence, M. 1975. Monopoly, Quality and Regulation. *Bell Journal of Economics*, **6**(2), 417–429.
- Staiger, D y Stock, J. 1997. Instrumental variables regression with weak instruments. *Econometrica*, **65**(3), 557–586.
- Turk, T y Trkman, P. 2012. Bass model estimates for broadband diffusion in European countries. *Technological Forecasting & Social Change*, **79**(1), 85–96.
- Verboven, F y Gruber, H. 2001a. The diffusion of Mobile Telecommunications Services in the European Union. *European Economic Review*, **45**, 577–588.
- Verboven, F y Gruber, H. 2001b. The evolution of markets under entry and standards regulation: the case of global mobile telecommunications. *International Journal of Industrial Organization*, **19**(7), 1189–1212.
- Vickner, S y Davies, S. 1999. Estimating market power and pricing conduct in a product Differentiated oligopoly: The case of the domestic spaghetti sauce industry. *Journal of Agricultural & Applied Economics*, **31**, 1–13.
- Wooldridge, J. 2013. *Introductory Econometrics: A modern Approach*. 5th edition edn. South-Western. CenGAGE Learning.
- Yamakawa, P; Rees, G; Salas J y Alva N. 2013. The diffusion of mobile telephones: an empirical analysis for Peru. *Telecommunications Policy*, **37**(6-7), 594–606.
- Yu, Y; Zhang, L; Li F y Zheng X. 2013. Strategic interaction and the determinants of public health expenditures in China: A spatial panel perspective. *The Annals of Regional Science*, **50**(1), 203–221.

APÉNDICE 1. REVISIÓN DE LA TECNOLOGÍAS DEL MERCADO DE SERVICIOS DE INTERNET FIJO

A partir del marco legislativo establecido por la Ley 1341 de 2009, en Colombia se garantiza la introducción del principio de neutralidad tecnológica por medio del cual se determina la condición de libertad que tienen los operadores de servicios de Internet para adoptar cualquier tipo de tecnología en la provisión de redes y servicios, teniendo en cuenta recomendaciones, normas y estándares estipulados por los organismos internacionales competentes en la materia (artículo 2 Ley 1341/09). En consecuencia, se ha aumentado la difusión de innovaciones tecnológicas que permiten encontrar un mayor número de tecnologías disponibles para la prestación de servicios a los usuarios finales y además, según el Banco Mundial (2012), este hecho favorece positivamente las preferencias de los consumidores, en la medida que tienen un mayor número de opciones, incentiva la competencia intermodal, mejora la calidad del Internet ofrecido, promueve la innovación en la industria y está relacionado con la existencia de menores precios minoristas de acceso.

Por consiguiente, en la información reportada trimestralmente por los operadores de servicios de Internet dedicado se encuentra una amplia diversidad tecnológica en la prestación del servicio en los mercados de redes locales. Al respecto, el último informe publicado por el Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en 2014 muestra que en relación con los servicios de Internet dedicado existe una amplia diversidad de tecnologías, dentro de las cuales se identifican los servicios prestados mediante el Cable de televisión y la línea de suscriptor digital (DSL), como las más representativas a nivel de usuario con una participación del 46% y 49%, respectivamente.

En el contexto colombiano, los proveedores de servicios de Internet han ofrecido distintos planes de Internet fijo asociados con tecnologías tanto alámbricas como inalámbricas. La infraestructura relacionada con tecnologías alámbricas está caracterizada por la presencia de redes DSL, Clear Channel, Cable y Fibra Óptica; mientras que de igual manera se encuentran servicios de Internet prestados por distintas tecnologías disponibles inalámbricas, a saber: WiMAX, Wi-Fi, Radio Microondas, satelital, entre otras.

De conformidad con la naturaleza técnica de algunos tipos de tecnologías y con la baja representatividad relativa a nivel de usuarios en Colombia, en el presente trabajo, con el fin de enfocar los análisis técnicos y evitando incurrir en errores conceptuales, se agrupan los servicios prestados por distintas infraestructuras. De esta manera, el servicio de WiMAX se analiza junto con la tecnología de Radio-Microondas; el servicio alámbrico de Clear Channel se consolida en el mismo grupo de la infraestructura DSL; y los servicios de Wi-Fi y otras tecnologías inalámbricas se agrupan en un conjunto representativo de tecnologías inalámbricas¹⁰.

En este sentido, se consolidan para el presente análisis un total de 6 tecnologías disponibles mediante las cuales los operadores de servicios de Internet dedicado ofrecen acceso a los suscriptores en Colombia. Además, es importante anotar que si bien la diversidad tecnológica presente en la infraestructura de redes de Internet es amplia en cada uno de los eslabones de producción de la cadena de esta industria, la información disponible registra los tipos de tecnologías utilizados en el último eslabón de la cadena, el cual hace referencia a la interconexión local entre los usuarios finales y la red de Internet (este segmento es usualmente conocido co-

¹⁰La tecnología de Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas (WiMAX por su denotación en inglés) es un tipo de estándar de tecnología Radio Microondas. Por su parte, la tecnología Clear Channel, en su configuración alámbrica, se utiliza para ofrecer servicios corporativos mediante las redes HDSL.

mo la “última milla”). A continuación se realiza una descripción detallada de cada tecnología con el fin de conformar una clasificación general según las capacidades técnicas para prestar servicios con alta calidad.

En primer lugar, la Fibra Óptica es la tecnología que permite transmitir mayor contenido de Internet, en particular para las transmisiones de larga distancia, debido a que los cables mediante los cuales se transmite la información están hechos con fibras delgadas de vidrio recubierto, cuyas características hacen posible la transmisión de señales moduladas sobre rayos de luz generados por láser. Esta especificación técnica permite transferir datos usando frecuencias de luz y en consecuencia los proveedores de servicios de Internet con la tecnología de Fibra Óptica pueden llegar a transmitir altos volúmenes de tráfico de datos con tasas de cientos de Gbit/s o incluso Tbit/s.

De acuerdo con el estudio realizado en el 2001 por la firma BIS Shrapnel para la Comisión de Competencia y Consumidores de Australia (ACCC, por sus siglas en inglés), la infraestructura de red de Fibra Óptica presenta varias ventajas en relación con las tecnologías tradicionales de cable de cobre. La primera ventaja está relacionada con la mayor capacidad de ancho de banda que tiene disponible el cableado de fibra óptica en comparación con el cableado de metal, permitiendo de esta manera aumentar la capacidad de transmisión de datos. Adicionalmente, la infraestructura de red de cable de fibra óptica presenta características más manejables debido a que los cables son mucho más delgados y ligeros, lo cual ayuda a que en este tipo de redes existan menos interferencias. Por su parte, la tercera ventaja se fundamenta en las ganancias de eficiencia obtenidas a partir de la transmisión de datos de forma digital, cuyas señales optimizan el número de frecuencias utilizadas en comparación con la transmisión analógica.

La principal desventaja de este tipo de tecnología son los altos costos asociados con el despliegue de la infraestructura. Al respecto, si bien este tipo de tecnología se puede interconectar con redes de cables de cobre ya existentes, por un lado, la compra de equipos de conmutación y por otro lado, la instalación de la red de cables subterráneos, los costos de los equipos y los costos laborales, son inversiones necesarias adicionales que deben realizar los operadores para ofrecer este tipo de servicio. En segundo lugar, la tecnología de cable es la infraestructura mediante la cual se suministran servicios de Internet dedicado a los hogares y empresas utilizando como insumo principal las redes de televisión por cable. En general, los lineamientos técnicos de este tipo de infraestructura están consolidados dentro de la Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (DOCSIS, por sus siglas en inglés) cuyos planteamientos tienen como objetivo mejorar la eficiencia progresiva de la tecnología en términos de funcionalidad y velocidad. Así, a partir de la versión DOCSIS 1.1 de 1999, los operadores de televisión por suscripción iniciaron la instalación del cableado de fibra óptica para interconectar las instalaciones de conmutación principal con cajas de conexión cercanas a los usuarios finales. El resultado de este proceso dio lugar a las denominadas redes híbrido de fibra coaxial (HFC, por sus siglas en inglés).

De acuerdo con BIS Shrapnel (2001), las redes HFC usan las frecuencias que van desde 5MHz a 450MHz para la transmisión de información análoga y las frecuencias desde 450MHz a 750MHz para la transferencia de información digital para servicios de voz, video llamadas y televisión interactiva. A medida que los lineamientos técnicos establecidos por DOCSIS han progresado, se ha logrado aumentar las frecuencias disponibles a este tipo de tecnología y también se han incrementado los niveles de ancho de banda disponible a los servicios de

Internet suministrados mediante los cables de televisión.

La principal ventaja asociada con la red HFC es la combinación entre la alta eficiencia y capacidad de transmisión de las redes de fibras ópticas, las cuales conectan los nodos urbanos con las centrales principales de conmutación, y la red coaxial tradicional de televisión, la cual conecta los nodos de fibra óptica con los usuarios finales. Esta característica permite ofrecer niveles de calidad altos en la medida que utiliza red de fibra óptica pero no lo suficientemente comparables con la tecnología de fibra óptica dada la presencia de cableado coaxial.

En relación a la desventaja, la capacidad de transmisión de datos de la tecnología HFC es compartida entre distintos usuarios cercanos, lo cual puede ocasionar que la velocidad de bajada y subida del servicio de Internet se vea afectada durante horarios pico.

En aras de incrementar los niveles de transmisión de datos, y hacerlos comparables con la capacidad tecnológica de las redes de fibra óptica pura, los operadores de servicios de Internet por cable HFC han publicado la última versión de los estándares, DOCSIS 3.1, cuyos planteamientos buscan alcanzar niveles cercanos a los 5 Gbit/s y 1 Gbit/s para las velocidades de descarga y subida, respectivamente (FTTH, 2013).

En tercer lugar, la tecnología de línea de suscripción digital (DSL, por su denotación en inglés) es la infraestructura técnica alámbrica que utiliza como insumo esencial la existente red telefónica pública conmutada (PSTN, por sus siglas en inglés) para digitalizar la recepción y el envío de datos sobre la red de Internet. En relación a la instalación de este tipo de infraestructura, los operadores de servicios de Internet fijo requieren mejorar los equipos de las centrales de conmutación por medio de la incorporación de equipos multiplexor de línea de acceso de suscripción digital (DSLAM) en las centrales telefónicas de cableado para separar los servicios de voz y datos de cada uno de los suscriptores. En términos técnicos, la tecnología DSL utiliza un cristal de cuarzo para separar los canales de tráfico destinados a los servicios de voz de los canales destinados al suministro de datos.

En total son cinco los tipos de tecnologías DSL que han surgido para mejorar los estándares de eficiencia y calidad de esta clase de infraestructura, a saber: Servicios integrados de redes digitales (ISDN), línea de suscripción digital de alta velocidad (HDSL), línea de suscripción digital de línea individual (SDSL), línea de suscripción digital asimétrica (ADSL) y línea de suscripción digital de muy alta tasa de velocidad (VDSL). En general todas las clases de servicios DSL se diferencian en dos ejes principales: en términos de velocidades de transmisión de datos ofrecidas y en la relación que existe entre las velocidades de descarga y subida, la cual puede ser simétrica (igual velocidad en cada dirección) o asimétrica (mayor velocidad de bajada en relación a la velocidad de subida).

Las ventajas que representa la oferta de servicios de Internet fijo mediante la tecnología DSL están relacionadas con la individualización del servicio y el bajo costo asociado con el despliegue de la infraestructura. En cuanto a la primera ventaja, debido a la existencia del hardware DSLAM, el cual permite separar las señales transmitidas de baja frecuencia (voz) de las de alta frecuencia (datos), es posible particularizar el servicio para cada suscriptor de manera diferente lo cual garantiza, a diferencia de la tecnología de cable HFC, que no se sature el servicio debido a la masiva utilización de varios usuarios simultáneamente. Por otra parte, la segunda ventaja está relacionada con la posibilidad de reutilizar las infraestructuras de telefonía fija instaladas, que en consecuencia ya deben estar amortizadas, cuya cobertura es amplia entre la población.

En contraste, la principal desventaja de esta tecnología es el deterioro de la velocidad de

transmisión de datos a medida que los usuarios finales están más distantes de las centrales principales de conmutación. Al respecto, la Figura A1 presenta el desempeño teórico asociado con distintas modificaciones de las tecnologías DSL, cuyo comportamiento evidencia una correlación negativa entre la velocidad ofrecida y la distancia desde el equipo de transmisión.

Así, para los servicios de velocidades asimétricas (ADSL), los usuarios deben estar a menos de 1Km de distancia de las centrales de conmutación para poder tener servicios con velocidades cercanas a los 20 Mbit/s. Además, es directo observar que entre los 0Km y 1Km los niveles de calidad del servicio disminuyen a tasas altas y a partir del 1Km para todos los tipos de tecnologías DSL las velocidades percibidas teóricamente por los usuarios finales decrecen y convergen a valores cercanos a los 5 Mbit/s.

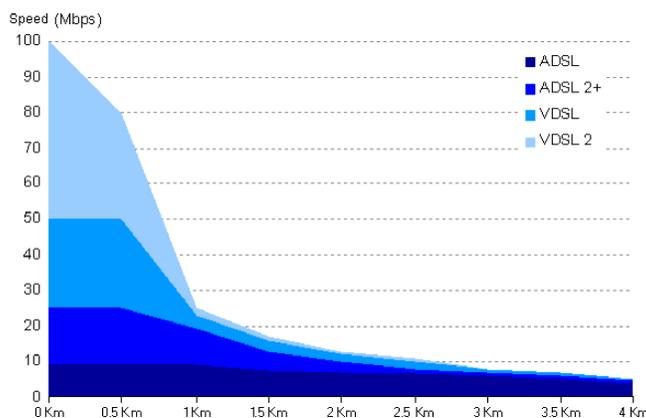


Figura A1. : Desempeño teórico de las tecnologías DSL

Fuente: FTTH (2013)

En cuanto a la caracterización de las tecnologías inalámbricas, el Banco Mundial (2012) determina que debido a que este tipo de infraestructura no necesita un despliegue masivo de capital físico, los procesos productivos usados para la prestación del servicio de Internet son menos costosos y más fáciles de instalar.

Continuando con la caracterización de las tecnologías, en cuarto lugar, la infraestructura de Radio-Microondas es el sistema de instalaciones que se utiliza para transmitir datos por medio de ondas electromagnéticas en las frecuencias entre los 6 GHz y los 38GHz (Hansryd y Eriksson, 2009). En particular, este sistema provee el servicio de Internet desde y hacia una ubicación específica en distancias relativamente cortas. Para conseguir la transferencia de datos en largas distancias, los operadores de servicios de Internet deben incurrir en la construcción o alquiler de estaciones base que sirvan como vínculo encadenado de la señal de ondas. En telecomunicaciones estos vínculos de estaciones de transmisión son conocidos como “saltos” (hop en su denotación en inglés).

Las principales ventajas de este tipo de tecnología inalámbrica están relacionadas con la relativa resistencia frente a la interferencia, la facilidad del despliegue de toda la infraestructura involucrada en la provisión del servicio y en línea con esto, la fácil reconfiguración del sistema en caso de necesitarlo. En este sentido, los costos por unidad de capacidad asociados con esta tecnología pueden llegar a ser menores en comparación con las infraestructuras alámbricas (BIS Shrapnel, 2001).

Por el contrario, la capacidad tecnológica de la infraestructura de Radio-Microondas está limitada por la disponibilidad de espectro electromagnético y por la presencia de condiciones climáticas favorables. Además, otra desventaja está relacionada con la necesidad de tener una línea de visión clara y sin interrupciones físicas entre las conexiones de los usuarios y las estaciones base, lo cual requiere también tener acceso a torres de telecomunicaciones bien ubicadas para poder proveer servicios en áreas regionales (BIS Shrapnel, 2001).

Adicionalmente, uno de los estándares representativos de la tecnología de Radio-Microondas es el servicio de Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas (WiMAX, por sus siglas en inglés) cuyos lineamientos técnicos están establecidos bajo el documento IEEE 802.16 del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). En el contexto de Latinoamericano, a finales de 2008 la firma consultora Signals Telecom Consulting publicó un documento de análisis en el cual se evidencia las principales barreras que tiene la adopción de esta tecnología. Por un lado, se destaca la lentitud del proceso de certificación que deben tener los operadores de servicios para asegurar la interoperabilidad de la infraestructura de redes y los terminales. Por otro lado, además los proveedores de servicios de Internet fijo, que fueron adjudicados con espectro electromagnético, no tuvieron el suficiente emprendimiento para desplegar la infraestructura necesaria y explotar las ofertas comerciales. En particular para el caso de Colombia, de las licencias otorgadas por el MinTIC a ETB, Telefónica-Telecom y UNE en el 2005, únicamente se encuentran contratos ofrecidos en este tipo de tecnología por parte de la última¹¹.

En quinto lugar, las redes de acceso local inalámbrico están representadas en su mayoría por los servicios Wi-Fi, cuyos estándares están consignados en el documento IEEE 802.11 y trabaja sobre las bandas de frecuencia de 2.4 y 5 GHz. En principio, este tipo de tecnología no es utilizada para proveer un servicio de acceso local único sin por el contrario se usa para ofrecer redistribución de las conexiones de Internet a un conjunto más amplio de consumidores (Banco Mundial, 2012). En relación con lo anterior, la característica de acceso compartido de este tipo de servicio, principalmente en los café Internet, aeropuertos y áreas municipales hace que la velocidad disponible se encuentre por debajo de las que ofrecen las tecnologías de cable terrestre. Esta característica de compartición de la red, la cual se observa en el acceso compartido en los cafés internet, aeropuertos y en las áreas municipales, hace que la velocidad disponible se encuentre por debajo de las que ofrecen las tecnologías de cable terrestre¹²

Finalmente, la tecnología satelital está diseñada especialmente para suplir los servicios de Internet en zonas remotas donde la infraestructura de cable no está disponible. En relación a su funcionamiento, los usuarios suscriptores a Internet deben tener una antena o plato satelital para conectarse con un modem satelital. Debido al tipo de conexión que ofrece esta tecnología, la velocidad de transmisión de datos depende en gran medida de la tecnología de los satélites, la antena y el clima de la zona.

De acuerdo con la Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos, un consumidor puede recibir en promedio una velocidad de bajada cercana a los 500 Kbit/s y una velocidad de subida de 80 Kbit/s, cuyos niveles se encuentran significativamente menores que el resto de las tecnologías. Por esta razón, la razón precio-calidad que ofrece este tipo de servicio es distinto

¹¹Ante la dificultad para encontrar el documento completo realizado por Signals Telecom Consulting, se recuperó esta información de la siguiente referencia: Sandoval, A (2008). Analistas dicen que la tecnología WiMax tiene pocas posibilidades en el mercado masivo. Periódico El Tiempo. <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-4546275>

¹²Federal Communications Commission (FCC). Types of Broadband Connections. Recuperado el 01 de Junio de 2015 del sitio: <https://www.fcc.gov/encyclopedia/types-broadband-connections>

en relación a otros tipos de tecnologías. A título ilustrativo, en el año 2011, la velocidad más alta ofrecida en Estados Unidos por un proveedor de servicios de Internet satelital era de 5Mbit\s y estaba asociada con un pago mensual de 300 dólares (Banco Mundial, 2012).

A partir de la caracterización de cada una de los grupos tecnológicos disponibles en el mercado de servicios de acceso a Internet dedicado en Colombia, se puede definir un ordenamiento de capacidad tecnológica de cada tipo de infraestructura, de manera que se demuestren los alcances técnicos que tiene cada tecnología para ofrecer en promedio conexiones de alta calidad. En este sentido, el siguiente Cuadro clasifica en un rango de 1 a 6 las tecnologías reseñadas anteriormente:

Tecnología	Clasificación
Fibra Óptica	6
Cable	5
Radio-Microondas	4
DSL	3
Inalámbricas	2
Satelital	1

Cuadro A1—: Categorización de las tecnologías de prestación del servicio de Internet fijo

De esta manera, se observa que la infraestructura que ofrece mayor capacidad tecnológica a los proveedores de servicios de Internet es la fibra óptica, seguida por la red de cable, la cual tienen componentes tecnológicos mixtos entre la fibra óptica y cable coaxial. En tercer lugar, se encuentra la tecnología inalámbrica de Radio-Microondas que dada su capacidad y confiabilidad en la prestación de servicios es considerada como el primo pobre de la infraestructura de fibra óptica (BIS Shrapnel, 2001). La tecnología DSL, cuya desventaja en términos de distancia entre suscriptores e instalaciones de conmutación hace que ofrezca menores niveles de velocidad, se encuentra clasificada en el puesto 3 de 6 tecnologías, seguida de las tecnologías inalámbricas y finalmente de la tecnología satelital.