

Factores que explican la evolución reciente de los flujos de inversión en las telecomunicaciones

Este estudio investiga y analiza los factores que han influido en los recientes flujos de inversión en infraestructura de los servicios de telecomunicaciones móviles en México. Se realiza una revisión bibliográfica que resume los principales factores que la literatura ha identificado que influyen en la inversión en infraestructura en el sector de las telecomunicaciones móviles desde un punto de vista teórico como empírico. Adicionalmente, con el fin de identificar los factores que determinan los flujos de inversión en infraestructura de los operadores móviles en México se estima un modelo econométrico tipo panel utilizando datos a nivel operador y datos agregados a nivel nacional para un periodo de 2005 a 2020. Los resultados muestran que los factores que influyen en las inversiones son el pago de derechos, la competencia, el cambio tecnológico, la eficiencia, la disponibilidad de espectro, el ingreso promedio por usuario y las características de mercado. Por último, se presentan algunas recomendaciones de política económica.

Sayuri Adriana Koike Quintanar¹.

Centro de Estudios
Diciembre, 2021

¹ La investigación y resultados mostrados en el presente documento son responsabilidad de la autora/autor y no necesariamente reflejan el punto de vista del Instituto Federal de Telecomunicaciones ni de su Centro de Estudios.

Factores que explican la evolución reciente de los flujos de inversión en las telecomunicaciones

Resumen

Este estudio investiga y analiza los factores que han influido en los recientes flujos de inversión en infraestructura de los servicios de telecomunicaciones móviles en México, utilizando datos de tres operadores móviles (América Móvil, AT&T, Telefónica). Dentro de estos factores destaca el pago de derechos sobre el uso del espectro radioeléctrico que tiene una relación en forma de U invertida con la inversión. Este hallazgo significa que, el pago de derechos incentiva la inversión de los operadores móviles en la medida en que los montos a pagar no sean muy elevados. Asimismo, se encuentra que existe una relación en forma de U invertida entre la concentración de mercado y la inversión. La mayor concentración de mercado (competencia) incrementa la inversión, en la medida que tanto la concentración de mercado o la intensidad de competencia no sean elevados. Otros factores que afectan la inversión son el cambio tecnológico, la eficiencia, la disponibilidad de espectro, el ingreso promedio por usuario, así como las características de mercado.

I Introducción

Los factores que inciden en la inversión de los operadores móviles de telecomunicaciones son diversos por lo que su análisis es constantemente variable y ha procurado un amplio debate sobre este tema. El principal objetivo que persigue este estudio es determinar los factores que han influido en la inversión en infraestructura en el sector de las telecomunicaciones móviles en México.

La literatura ha identificado varios de estos factores que se pueden agrupar en tres: los relacionados con los costos de inversión como son el pago por el uso del espectro radioeléctrico, y cambio tecnológico; los relacionados con la competencia económica y regulación, así como los relacionados con las características de mercado.

Respecto a los costos de inversión, existe un debate si los pagos por las concesiones y el uso del espectro radioeléctrico son un costo hundido que no tiene influencia en la inversión o, por el contrario, si este pago tiene impacto en las inversiones. Así también, existe un debate en cuanto a la relación entre la competencia y la inversión, pues existen dos posibles efectos contrapuestos. Por una parte, existe el *efecto escape a la competencia* de Arrow (1962), el cual establece que un mayor número de empresas en un sector incentiva la inversión y, por otra parte, el *efecto eficiencia o efecto schumpeteriano* (Schumpeter, 1942), cuya implicación se establece en la base del monopolio. En el caso de las características del mercado, se estudian principalmente los agregados macroeconómicos, los cuales determinan, por ejemplo, la capacidad de inversión con base en el poder adquisitivo de cada individuo de acuerdo con el ingreso per cápita, de igual forma el entorno regulatorio, la certeza jurídica y la estabilidad macroeconómica son factores que consideran las empresas de telecomunicaciones cuando deciden realizar inversiones.

Para determinar los factores que explican la evolución reciente de los flujos de inversión en las telecomunicaciones móviles en México se estima un modelo tipo panel con efectos fijos individuales y temporales con base en la recolección de datos de los tres principales operadores móviles de México (América Móvil, AT&T y Telefónica), así como datos agregados a nivel nacional. Además, se introducen términos cuadráticos en el pago de derechos y la concentración de mercado con el objetivo de capturar posibles efectos no lineales de estas variables sobre la inversión.

Para el caso de México, resulta relevante analizar el efecto que tiene el pago de derechos por el uso del espectro radioeléctrico en la inversión de los operadores móviles. Se observa que, a lo largo del tiempo, han aumentado los precios considerablemente por MHz concesionado de las bandas de frecuencia utilizadas para proveer servicios móviles. La tasa de crecimiento promedio anual del pago de derechos por el uso del espectro para prestar servicios móviles, en términos reales, es de 4.59%²

² Estimaciones propias a partir de la información contenida en el artículo 244 de la Ley Federal de Derechos de 2015 a 2020. El cálculo se realiza considerando el promedio de las cuotas por MHz concesionado por el uso del espectro radioeléctrico por región para prestar servicios

para el periodo de 2005 a 2020. Por su parte, dado los altos niveles de concentración del mercado móvil mexicano, también es importante analizar si esta concentración de mercado tiene efectos o no sobre las inversiones de los operadores móviles.

Los principales hallazgos de este estudio muestran que el pago de derechos tiene un efecto positivo en la inversión en la medida en que este no sobrepase los ingresos desinados para cubrir este pago, ya que un pago muy elevado puede generar restricciones presupuestarias para la inversión en infraestructura o rendimientos menores, lo que afecta negativamente la inversión. La concentración de mercado (así como la competencia) tiene un efecto positivo sobre la inversión; sin embargo, un mercado altamente competitivo, así como uno altamente concentrado, desincentivan la inversión, lo cual es consistente con una relación en forma de U invertida entre la competencia y la inversión. Las características de mercado muestran resultados positivos, lo cual indica que la estabilidad macroeconómica y el nivel de ingresos de la población incrementa los niveles de inversión de los operadores móviles. Adicionalmente, los resultados muestran evidencia de otros factores que afectan la inversión como el cambio tecnológico, la eficiencia, la disponibilidad de espectro y el ingreso por usuario.

El resto del estudio se estructura de la siguiente manera: la Sección 2 resume los principales factores que la literatura ha identificado que influyen en la inversión en infraestructura en el sector de las telecomunicaciones móviles desde un punto de vista teórico como empírico; la Sección 3 describe los datos y metodología utilizadas para identificar aquellos factores que influyen en la inversión en infraestructura en el sector de las telecomunicaciones móviles en México; la Sección 4 muestra los principales resultados de los modelos econométricos. Finalmente, en la Sección 5 se presentan las conclusiones de este estudio y algunas recomendaciones de política pública.

II Revisión de literatura

Existe una amplia literatura teórica y empírica que investiga los factores que inciden en la inversión de los operadores móviles, los cuales se pueden agrupar en tres rubros: los relacionados con los costos de inversión como son el pago por las concesiones y el uso del espectro radioeléctrico, y el cambio tecnológico; los relacionados con la competencia económica y regulación, así como los relacionados con las características de mercado.

móviles en términos reales utilizando en deflactor implícito del producto interno bruto (PIB) base 2013. Realizando la misma estimación, pero en términos nominales se observa una tasa de crecimiento promedio anual del pago de derechos por el uso del espectro para prestar servicios móviles de 9.45%.

II.1 Costos de inversión y cambio tecnológico

Respecto a los costos de inversión, existe un debate si la disponibilidad de espectro radioeléctrico y los pagos por las concesiones y el uso del espectro radioeléctrico son un costo hundido que no tiene influencia en las variables como los precios de los servicios, los ingresos, la inversión, entre otras (Park et al., 2011; Cambinia y Garelli, 2017) o, por el contrario, si la disponibilidad y el pago por el espectro radioeléctrico tienen impacto en el desarrollo del mercado, en particular, en los precios de los servicios, los ingresos, las inversiones, la competencia, la entrada al mercado y en el bienestar social (Gruber, 2001; Datta, 2012; Kwon et al., 2010; Marsden et al., 2018; Acosta et al., 2013).

Park et al. (2011) no hallan empíricamente una relación entre el pago por la concesión de espectro radioeléctrico y la inversión, así tampoco entre este pago y los precios de los servicios. Cambinia y Garelli (2017) encuentran que los pagos del espectro no se correlacionan significativamente con los ingresos móviles. De acuerdo con los resultados de sus estimaciones, los pagos por uso del espectro no afectan el rendimiento de los operadores y, al mismo tiempo, no crean un valor creciente para la industria móvil. Esto significa que los ingresos son previstos antes del pago por la concesión del espectro debido a que los costos de inversión ya los incorporan en los ingresos futuros sin tener algún efecto o incremento en estos.

Por otra parte, Gruber (2001) por medio de un modelo de oligopolio con costos hundidos endógenos, los cuales incluyen un costo fijo por la instalación de la red y un pago inicial de la concesión del espectro, muestra que un elevado pago inicial de la concesión del espectro puede forzar la salida de empresas o ser una señal de colusión posterior a la entrada, lo cual implica mayores precios a los consumidores y un crecimiento más lento del mercado. En otras palabras, los pagos iniciales por las concesiones del espectro radioeléctrico pueden convertirse en una forma en la cual los costos hundidos determinan la estructura de mercado, lo cual puede contrastar con el objetivo que buscaban los hacedores de políticas públicas respecto de propiciar una estructura de mercado más competitiva.

Bauer (2003) señala que bajo ciertas circunstancias los pagos por la concesión de espectro serán costos hundidos y, por tanto, no tendrán efecto en las decisiones de la empresa. Sin embargo, este autor menciona que, dada las características económicas e institucionales de los mercados móviles, los pagos por concesión del espectro sí podrían tener efectos. Desde el punto de vista teórico, los modelos tradicionales de costos hundidos parten de supuestos muy fuertes como una estructura competitiva, mercados de capitales funcionales y ciertas velocidades de ajuste de los procesos, los cuales podrían no caracterizar de manera adecuada los mercados móviles. Por ejemplo, los pagos por la concesión de espectro pueden resultar en mayores restricciones presupuestarias para la inversión en infraestructura. La elevada diferenciación de producto en los mercados móviles permite a los operadores móviles tener cierta capacidad para fijar precios y así recuperar sus inversiones. Los pagos por la concesión del espectro podrían no reflejar o no considerar de forma adecuada el costo de oportunidad; en este sentido, estos pagos podrían trasladarse o afectar otras variables económicas (Bauer, 2003).

Datta (2012) desarrolla un modelo teórico mediante el cual llega a la conclusión que elevados pagos por concesiones de espectro generan una caída en el promedio de la inversión física en la industria de las telecomunicaciones, considerando que la reacción de los bancos ante los elevados pagos por las concesiones es aumentar las tasas de interés con las cuales se financian los proyectos de infraestructura.

Kwon et al. (2010) analizan tres diferentes métodos de pago (*pagos iniciales*, *regalías* y *participación de los beneficios*)³ del espectro y sus efectos en la eficiencia económica, en la oferta de espectro y en los ingresos del gobierno. Sus resultados muestran que, desde la perspectiva de la eficiencia económica, las *regalías* (compartición de los ingresos de los operadores por el uso del espectro con el Estado) no son adecuadas debido a que crean distorsiones en los mercados de productos y factores, al incrementar los precios de los consumidores, reducir la producción y la demanda de insumos. Los *pagos iniciales* incrementan o no los precios a los consumidores dependiendo de si los pagos generan un costo total mayor que los ingresos, mientras que la *participación de los beneficios* (compartición de los beneficios de los operadores por el uso del espectro con el Estado) es óptima debido a que no genera ineficiencias. Respecto a la inversión, las *regalías* y *participación de los beneficios* facilitan la inversión en la industria de las telecomunicaciones al inducir a las empresas y los gobiernos a compartir los riesgos, así también incentivan a los gobiernos a promover la competencia. En cuanto a la oferta de espectro, los *pagos iniciales* pueden inducir a los gobiernos a reducir la oferta del recurso, ya que los beneficios esperados de las empresas son mayores en un mercado monopólico que en uno competitivo; por otra parte, las *regalías* y la *participación de los beneficios* incentivan al gobierno a incrementar la oferta de espectro. En relación con los ingresos del gobierno, la *participación de los beneficios* es la que genera los mayores ingresos debido a que si las empresas son adversas al riesgo pujarán menos e invertirán menos; por tanto, la renta transferida al gobierno será menor. En este sentido, una forma para que las empresas adversas al riesgo elijan la producción óptima es que el gobierno comparta el riesgo, lo cual se logra mediante el método de pago de *participación de los beneficios*.

Si bien de los resultados de Kwon et al. (2010) podría desprenderse que el método de *participación de los beneficios* es el preferido por los gobiernos, la realidad es que las *regalías* son ampliamente usadas en la extracción de recursos naturales y los pagos iniciales son frecuentemente usados en la licitación de espectro. Esto se debe a que el método de *participación de los beneficios* representa altos costos administrativos en la industria de las telecomunicaciones y, por esta razón, las *regalías* son la mejor opción debido a que puede inducir a los gobiernos a incrementar la oferta de espectro, fomentar inversiones en la industria de las telecomunicaciones y aumentar los ingresos que obtiene el Estado por concepto de las concesiones de espectro.

³ Los *pagos iniciales* son pagos que el licenciatario debe realizar por la concesión del espectro dentro de un periodo determinado; las *regalías* implican que el propietario y el usuario del espectro comparten los ingresos del negocio por usar el espectro de acuerdo con las reglas establecidas en el contrato; y la *participación de los beneficios* es el método en el cual el propietario y el usuario comparten los beneficios siendo esta una forma de cobrar por las concesiones del espectro basada en un beneficio anual.

Marsden et al. (2017) muestran a través de evidencia estadística que existe una correlación entre los elevados pagos⁴ por el espectro y precios al consumidor más altos, menor calidad y reducción de la adopción de servicios de banda ancha móvil. Así también, encuentran una correlación entre estos elevados pagos por el espectro y una reducción en la inversión, lo cual es relevante para el caso de Latinoamérica pues se observa que estos pagos por el espectro son superiores a los observados en países de Europa.

Otros autores como Acosta et al. (2013) han analizado los efectos de la disponibilidad de espectro en los precios al consumidor, en el bienestar y los ingresos del Estado, hallando un efecto positivo. Estos autores se enfocan en el proceso de licitación de las bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico en México en el año 2010. Su principal hallazgo es que con mayores cantidades de espectro se obtiene un aumento en el excedente del consumidor, el cual supera las pérdidas que sufren las empresas por la reducción de precios; además, el aumento en el excedente del consumidor supera los posibles ingresos del Estado por las licitaciones y el pago de derechos.

Por otra parte, el progreso tecnológico o la transición de una generación a otra (por ejemplo, del 3G al 4G) y el incremento del tráfico de datos ha ocasionado que los operadores necesiten invertir en la infraestructura de sus redes móviles existentes, manteniendo las tecnologías ya desplegadas, al mismo tiempo que invierten en nuevas tecnologías (Stühmeier, 2012). En otras palabras, el progreso tecnológico y el incremento del tráfico de datos ha generado que los operadores deban estar continuamente invirtiendo en infraestructura móvil.

En general, las redes de infraestructura móvil son desplegadas en dos fases: la fase de cobertura y la fase de capacidad (Bauer, 2003). En la fase inicial se busca expandir la cobertura geográfica de las redes mientras en la subsecuente fase se busca incrementar la capacidad de las redes. El mayor monto de inversión en infraestructura se realiza durante la mejora y expansión de la infraestructura móvil, es decir en la primera, fase (Lutilsky et al., 2011; Harmantzis y Tanguturi, 2007).

Harmantzis y Tanguturi (2007), aplicando técnicas de opciones reales, encuentran que costos elevados para el despliegue de infraestructura, así como una elevada incertidumbre en cuanto a la demanda pueden implicar que se retrasen las inversiones en nuevas tecnologías. Por su parte, la expansión de tecnologías existentes puede favorecerse por el uso de alternativas tecnológicas con costos más bajos, así como la capacidad de ofrecer mejores servicios a través de esta expansión.

II.2 Competencia económica y regulación

La relación entre la competencia y la inversión ha sido objeto de un largo debate iniciado por Schumpeter (1942) y Arrow (1962). El primero destaca, en mayor medida, el papel del tamaño de la empresa, las restricciones financieras y, específicamente, el incentivo de un monopolio para invertir más

⁴ Incluye precios de reserva de las licitaciones y pagos anuales por el uso del espectro.

que otra empresa en un mercado competitivo. Este enfoque es conocido como *efecto de eficiencia o efecto schumpeteriano*, debido a que un monopolio eficiente siempre obtiene mayores beneficios que los obtenidos por un duopolio no coordinado en su conjunto, es decir, el efecto eficiencia implica que el monopolista pierde más por no innovar que un potencial entrante al mercado (Houngbonon y Jeanjean, 2016). En este sentido, la primera conjetura de Schumpeter fue enfatizar la necesidad de tolerar la creación de monopolios como una forma de incentivar el proceso de innovación y la segunda conjetura fue que las grandes empresas están mejor equipadas para realizar inversión y desarrollo (I+D) que las pequeñas (Belleflamme y Vergart, 2011).

Sin embargo, la visión de Arrow hace énfasis en que una empresa en un mercado competitivo tiene mayores incentivos para innovar que un monopolio debido al *efecto escape a la competencia*. Este efecto se refiere a la ventaja en beneficios que se obtiene de ser líder tecnológicamente en mercados competitivos. Además, cuando la inversión en tecnologías conlleva una reducción de costos genera un derecho exclusivo e ilimitado, por lo que la diferencia entre los beneficios *ex ante* y *ex post* es mayor en un mercado competitivo que en un monopolio (Houngbonon y Jeanjean, 2016).

En este sentido, de acuerdo con Aghion et al. (2005) la relación de U invertida entre la competencia y la innovación sucede debido a que cuando la competencia es baja al inicio y una proporción elevada de empresas se encuentran niveladas (es decir, existe un mercado simétrico), el *efecto escape a la competencia* dominará el *efecto Schumpeteriano*, por lo que en equilibrio la innovación incrementa con la mayor competencia. Sin embargo, cuando la competencia es elevada al inicio y las empresas se encuentran desniveladas (es decir, existe un mercado asimétrico) el líder busca estar un paso delante de sus competidores y el *efecto Schumpeteriano* domina el *efecto escape a la competencia*, por lo que en equilibrio la innovación decrece con la competencia.

Belleflamme y Vergart (2011) muestran a través de un modelo oligopólico con diferenciación horizontal de productos que, dependiendo de las características de la industria, los incentivos por altos beneficios derivados de la innovación pueden alcanzarse por una empresa competitiva (Arrow), por un monopolio (Schumpeter) o por una forma intermedia de competencia. En su modelo consideran diferentes fuentes de intensidad de competencia como: el número de empresas en el mercado, el grado de diferenciación de producto y la naturaleza de la competencia (competencia en cantidades, modelo de Cournot, o competencia en precios, modelo de Bertrand). En particular, bajo competencia de Cournot el incentivo por beneficios de la innovación disminuye con el número de empresas o tiene una forma de U invertida. Mientras que con competencia de Bertrand el incentivo por beneficios de la innovación disminuye o aumenta con el número de empresas.

Por esta razón, existe la posibilidad de una relación de U invertida entre competencia e inversión, cuando la competencia es baja, un aumento elevará la innovación a través del efecto escape-competencia (Arrow), pero cuando se vuelve lo suficientemente intensa puede disminuir la innovación por parte de los seguidores a través del *efecto schumpeteriano* (Aghion et al., 2005). No obstante, como

lo afirman Belleflamme y Vergart (2011) el resultado de Arrow ya no es válido cuando la innovación no es demasiado grande o los productos están suficientemente diferenciados; el monopolio es entonces la estructura de mercado óptima en términos de incentivos de ganancias para innovar, lo que respalda la segunda conjetura de Schumpeter.

En relación con este debate, desde el punto de vista empírico, algunos autores como Elixmann et al. (2015) no encuentran, para el caso de Reino Unido, Austria, Francia, Alemania, Irlanda, Italia, Países Bajos, Australia, Japón, Corea y EE.UU, un vínculo entre una mayor concentración en los mercados móviles y un incremento en la inversión ya que, está última tiende a seguir ciclos de inversión a largo plazo, es decir, sigue un proceso en el cual la inversión es planificada y empleada de acuerdo con los objetivos planteados por las autoridades lo cual propone mejorar la calidad y los resultados de operaciones de inversión en curso y a futuro.⁵

Por otro lado, Kang et al. (2012) encuentran una correlación positiva entre la concentración de mercado y la inversión en redes móviles para el caso de China. Esto implica que existe una relación positiva entre una estructura muy concentrada y la sobreinversión en la red de telecomunicaciones móviles en China y esta se atribuye a la propiedad estatal. En este sentido, encuentran una relación negativa entre la competencia y la inversión.

Genakos et al. (2015) estudian la relación entre los precios, las inversiones y la estructura de mercado usando un acercamiento empírico observando la experiencia de 33 países durante el periodo de 2002 a 2014. Respecto de las variables de competencia, encuentran dos tipos de resultados, el primero es un efecto estimado positivo del Índice de Herfindahl-Hirschman (IHH) en la inversión por operador.⁶ El segundo resultado establece que el número de empresas tiene un efecto en la inversión de manera que los mercados con más operadores tienen una disminución en la inversión por operador que en aquellos mercados donde hay menos operadores.

Lestage et al. (2013) analizan 20 incumbentes de países pertenecientes a la OECD durante el periodo de 1994 a 2008. Estos autores encuentran una relación positiva entre la intensidad de la competencia y la inversión en infraestructura cuando el operador es estatal y una relación negativa entre la competencia y la inversión cuando el operador es privado. Adicionalmente, estos autores señalan que la relación negativa entre la competencia y la inversión de los incumbentes privados no implica que la

⁵ Los ciclos de inversión generalmente se dividen en 4 etapas, aunque pueden ser más. La primera es la *planificación estratégica* en la que se evalúan e identifican proyectos para su implementación; el *diseño* que comprende el análisis y alternativas para el diseño de un proyecto; la *implementación* y, finalmente, la *evaluación y capitalización* lo cual contempla revisar y evaluar la etapa anterior y con eso, ampliar su escala para futuras inversiones. Disponible en línea: <http://www.fao.org/investment-learning-platform/investment-cycle-phases/es/>.

⁶ De acuerdo con los resultados de Genakos et al. (2015), las estimaciones de los efectos el IHH en la inversión se vuelven menos precisas cuando consideran todos los años y solo los países europeos. Esto sucede porque si se considera un periodo de tiempo determinado desde la entrada de un nuevo operador, se tienen mayores cantidades de inversión y cuando se utilizan todos los países, causa el mismo efecto, aunque puede ser menos apropiado debido a que la información de la inversión estaba disponible para pocos países en periodos recientes, es decir, puede existir una ineficiencia en la estimación.

competencia no fomente la inversión a nivel de la industria debido a que tanto los incumbentes como los entrantes invierten; sin embargo, es posible que la competencia no siempre fomente la inversión.

Jeanjean y Hounghonon (2017) muestran, teóricamente a través de un modelo tipo Salop con diferenciación vertical y empíricamente a través de una muestra de 50 operadores móviles en 17 países de Europa, que tanto el número de operadores como la asimetría en la participación de mercado⁷ tienen efectos en la inversión. En mercados simétricos, un mayor número de operadores disminuye la inversión y este efecto negativo es mayor en los operadores que pierden una participación de mercado superior al promedio. Sin embargo, el efecto de la estructura de mercado sobre la inversión depende fuertemente de la asimetría en términos de calidad. Entre mayor la variación en la asimetría, representada como cambios en las participaciones de mercado con respecto a las de sus rivales, mayor será la inversión. Estos hallazgos son consistentes con las predicciones de Vives (2008) quien muestra que, en mercados simétricos, el incremento en número de empresas impacta negativamente la inversión y producción.⁸ Así también, son consistentes con lo señalado por Schmutzler (2013) quien muestra, en mercados asimétricos, que el efecto de la competencia sobre la inversión tiende a ser positivo en las empresas que inicialmente son relativamente más eficientes y negativo en las empresas seguidoras.⁹

Hounghonon y Jeanjean (2016) muestran que existe una relación en forma de U invertida entre la intensidad de competencia y la inversión para el caso de 69 países. De acuerdo con sus estimaciones econométricas la intensidad de competencia, medida a través del índice de lerner, que maximiza la inversión se encuentra entre el 60% y 63%, mientras que utilizando técnicas no paramétricas encuentran que la inversión se maximiza cuando las ganancias brutas representan entre el 37% y 40% de los ingresos.

En el mercado móvil, la entrada de un participante potencial y la inversión de los incumbentes no dependen únicamente de la decisión de este participante, pueden depender de la regulación de entrada. Por ejemplo, Kim et al. (2011) investiga si la entrada de los operadores móviles virtuales (OMV) impacta las inversiones de los operadores móviles u operadores de red móvil. Utilizando información

⁷ En el modelo teórico, Jeanjean y Hounghonon (2017) se refieren a asimetría en la diferencia en calidad entre los operadores. Sin embargo, dado que la calidad no es observable, ellos utilizan la participación de mercado para evaluar dicha asimetría.

⁸ Esto sucede porque el crecimiento del mercado no compensa la caída en la participación de mercado de cada empresa. De acuerdo con Vives (2008) el incremento en el número de empresas genera dos efectos, uno directo el cual denomina *efecto demanda* mediante el cual se genera una caída en la participación de mercado de las empresas y otro indirecto que denomina *efecto presión de precios* debido a un incremento en el número de empresas que tiende a reducir los precios e incrementar el tamaño del mercado. Si la reducción en precios no incrementa el tamaño del mercado el efecto demanda dominará y el incremento en el número de empresas tendrá un impacto negativo sobre la inversión. Por su parte, si se consideran la magnitud de las barreras a la entrada y el grado de sustitución de los productos la competencia tiene un efecto positivo sobre la inversión.

⁹ Schmutzler (2013) identifica cuatro mecanismos por los cuales la competencia afecta las inversiones: i) el *efecto margen*, el cual es negativo pues la mayor competencia reduce el margen de ganancias para las inversiones; ii) el *efecto sensibilidad del producto* el cual es positivo ya que la mayor competencia asigna el producto a las empresas más eficientes; iii) el *efecto producto* que depende de las asimetrías en costos entre las empresas y es negativo para las empresas menos eficientes y positivo para las más eficientes, y iv) el *efecto traspaso de costos* mediante el cual la reducción de costos derivado de la inversión es trasladado a los consumidores vía reducción de precios y este efecto es positivo para la competencia en cantidades y negativo para la competencia en precios. El efecto total de la competencia sobre la inversión será la suma de estos efectos, por lo que el signo es indeterminado.

de 58 operadores móviles en 21 países de la OCDE, estos autores encuentran evidencia que sugiere que la provisión obligada de servicios por parte de los operadores móviles a los OMV disminuye la inversión de los operadores móviles, mientras el acceso voluntario no tiene efecto sobre la inversión. Lo anterior puede deberse principalmente a que los operadores móviles son de gran tamaño y, por tanto, la inversión en el largo plazo continuará creciendo en comparación con los OMV, cuya participación de mercado es menor y comienzan a operar ofreciendo servicios a través de la red de los operadores móviles.

En relación con lo anterior, Manenti y Scialà (2013) analizan, a través de un modelo teórico,¹⁰ el impacto de la regulación de acceso sobre el tipo de entrada y sobre el monto de inversión de los operadores. En su modelo, Manenti y Scialà (2013) distinguen entre dos tipos de inversión, la inversión destinada a la construcción de nueva infraestructura y la inversión en mejores servicios. Asimismo, introducen dos tipos de regímenes regulatorios.¹¹ En el primero el regulador no se puede comprometer en el largo plazo y establece el cargo por el acceso después de que el incumbente y el entrante han invertido. En el segundo régimen regulatorio, el regulador interviene antes de que las empresas tomen sus decisiones de inversión. Bajo el primer régimen regulatorio, los autores concluyen que la empresa incumbente tendrá menos incentivos para invertir en mejorar sus servicios. Por su parte, en el segundo régimen regulatorio, los reguladores pueden en cierta medida influir en las inversiones de las empresas. Si el efecto de la inversión en servicios de valor agregado sobre la demanda de la empresa es significativo, el regulador establecerá un cargo por acceso arriba del costo marginal de proveer los servicios para incentivar la inversión en infraestructura de red por parte del entrante. Por el contrario, si este efecto es reducido, el regulador establecerá un cargo por el acceso que promueva la competencia en equilibrio. En este último caso el entrante elegirá entrar con su propia infraestructura si el costo de desplegar infraestructura es menor a cierto umbral, de lo contrario la entrada será basada en servicios. En cualquier caso, estos autores señalan posibles ineficiencias sociales o fallas regulatorias.

Zhang et al. (2016) estudian si la propiedad de los insumos o los activos físicos (torres, radio bases, espectro radioeléctrico) o virtuales afecta la eficiencia de la inversión de los proveedores de infraestructura (PI) y los proveedores de servicios (PS). Mediante el uso de tres simulaciones,¹² estos autores demostraron que la propiedad de los recursos afecta los incentivos de inversión de los PI y los PS. Si la inversión en infraestructura personalizada es más valiosa, entonces tendrá sentido que los PI se apropien de los recursos físicos y el negocio de los PS. Si las inversiones en el recurso de operación

¹⁰ Manenti y Scialà (2013) en su modelo suponen una empresa incumbente y una entrante que compiten en el mercado de servicios de comunicaciones avanzadas. La empresa entrante debe decidir si entra con su infraestructura o compra acceso al incumbente. En este último caso, el regulador establece los términos de acceso. Los proveedores de infraestructura (la empresa incumbente) tiene la oportunidad de invertir para proveer servicios de comunicaciones avanzadas.

¹¹ Manenti y Scialà (2013) también analizan el caso en el cual no existe regulación de los precios de acceso, y demuestran que el operador incumbente fija el cargo de acceso para prevenir la entrada basada en reventa y esto genera un nivel social ineficiente de una entrada basada en infraestructura.

¹² En específico plantea tres escenarios. El primero comprende la *no integración*, lo cual significa que la propiedad física está bajo control del proveedor de infraestructura (PI) y el recurso virtual bajo el control del proveedor de servicios (PS); el segundo es la *integración del PI*, cuya característica es tener la propiedad de los recursos físicos y virtuales, mientras que el PS puede operar el recurso virtual bajo autorización del PI. En contraste, el tercero es la *integración PS* la cual tiene la propiedad de que el PS es dueño de los recursos virtuales y físicos.

virtual son más valiosas, tendrá sentido para los PS apropiarse del recurso virtual, así como del recurso físico. Si ambos tipos de inversión son importantes, podría ser mejor separar sus negocios. Por lo tanto, la propiedad y la ganancia marginal de los recursos afectan los incentivos de los PI y de los PS a invertir. Las inversiones se incrementarán con la integración, pero decrecerán si no hay integración.

Por otra parte, Jeanjean et al. (2019) analizan la relación de la duración de las concesiones del espectro radioeléctrico y la inversión tangible de los operadores. Estos autores encuentran que la duración de la concesión tiene un impacto positivo en la inversión móvil. Particularmente, observan un incremento en 1.5 euros en la inversión per cápita promedio de los operadores móviles por cada año adicional de duración en las concesiones del espectro radioeléctrico.

Moshi y Mwakatumbula (2017) realizan un estudio en el que analizan el efecto de la regulación y la estabilidad política en las inversiones en telecomunicaciones móviles en el continente africano entre 2001 y 2011. Estos autores incorporan la experiencia de las autoridades reguladoras y la estabilidad política como una forma de comprender el efecto de los entornos institucionales de la economía, así como los atributos institucionales específicos del sector en las inversiones en telecomunicaciones en los países africanos. Muestran que las inversiones dependen de forma positiva de la regulación y la liberalización de los mercados, pero no encontraron evidencia de un efecto de la estabilidad política sobre la inversión.

II.3 Características del mercado

Dentro de los factores que también influyen en la inversión en infraestructura móvil están las características del mercado. En particular, el tamaño de mercado y la estabilidad macroeconómica son aspectos importantes en la toma de decisiones de los operadores de telecomunicaciones para invertir (Luiz y Stephan, 2012).

El ingreso de los consumidores y la densidad de la población influyen positivamente en la inversión de los operadores. A este respecto varios autores como Gutierrez y Berg (2000), Jeanjean y Hounghonon (2017) y Jeanjean et al. (2019) demuestran una influencia positiva de los ingresos de los individuos o el producto interno bruto per cápita en la atracción de inversiones, ya que indica la capacidad de los individuos para consumir los servicios.¹³

Además, Moshi y Mwakatumbula (2017) muestran que el tamaño de mercado, medido a través del ingreso y la población, tiene un efecto positivo en la inversión en el sector de las telecomunicaciones en los países africanos. De igual forma, Jeanjean y Hounghonon (2017) encuentran un efecto positivo del tamaño de mercado, medido a través del número de suscripciones, en la inversión.

¹³ Desde un punto de vista teórico, Vives (2008) demuestra que un tamaño de mercado mayor incentiva a la inversión o un mayor gasto para reducir costos.

En línea con lo anterior, Luiz y Stephan (2012) señalan que el tamaño del mercado, el entorno regulatorio y la política gubernamental son los tres factores más importantes que consideran las empresas de telecomunicaciones cuando deciden realizar inversiones en África Subsahariana. Particularmente, el tamaño del mercado es un indicador del número de consumidores que la empresa de telecomunicaciones puede atraer, de los posibles gastos de los clientes y del ingreso potencial. En este sentido, la inversión inicial se basará en la proyección estos indicadores.

A manera de resumen, el Cuadro 1 describe los principales hallazgos de los autores antes señalados dividiéndolos en tres temas: el primero hace referencia a los costos de inversión de los operadores como el pago por el espectro y el cambio tecnológico; el segundo se centra en la competencia económica y regulación, y el tercero es sobre las características del mercado.

Cuadro 1. Hallazgos de la literatura

Tema	Autor	Principales resultados
Costos de inversión	Acosta et al. (2013)	- Mayores cantidades de espectro tienen un efecto positivo en las variaciones del excedente del consumidor a través de la reducción de precios mejorando el bienestar social.
	Cambinia y Garelli (2017)	- Los pagos por el espectro no se correlacionan significativamente con los ingresos móviles y, en este sentido, no afecta el rendimiento de la empresa. Estos pagos están previstos en los ingresos futuros.
	Gruber (2001)	- Los aumentos en los pagos por las concesiones del espectro radioeléctrico pueden forzar la salida de las empresas o ser una señal para la colusión post entrada.
	Harmantzis y Tanguturi (2007)	- Realizan un estudio en donde aplican técnicas de opciones reales para estimar la inversión bajo incertidumbre encontrando que los costos de inversión, el número de suscriptores, el precio de los servicios y el riesgo son el centro del procesamiento de las decisiones de inversión.
	Kwon et al. (2010)	- Mediante el método de pago por regalías en la asignación del espectro, se puede aumentar la oferta del espectro, fomentar inversiones en la industria e incrementar los ingresos del gobierno.
	Marsden et al. (2017)	- La evidencia estadística vincula el alto costo del espectro con menor calidad y reducción de la adopción de servicios de banda ancha móvil, así como precios al consumidor más altos para los datos de banda ancha móvil.
	Park et al. (2011)	- Mayores pagos por las concesiones y la adopción las subastas como método de la asignación de espectro, no conducen a mayores precios y menores incentivos para invertir en el mercado de comunicaciones móviles.
Competencia y regulación	Elixmann et al., (2015)	- No encuentran un vínculo de una mayor concentración en los mercados móviles con un incremento en la inversión; ni con una mejoría en los resultados de los consumidores.
	Genakos et al. (2015)	- Encuentran un efecto positivo del IHH en la inversión por operador, así como un efecto negativo del número de operadores sobre la inversión.
	Jeanjean y Hougbonon (2017)	- Encuentran que el efecto de la competencia sobre la inversión es positivo y depende fuertemente de la asimetría de los operadores.
	Jeanjean et al.(2019)	- La duración de la concesión tiene un impacto positivo en la inversión del operador móvil en 1.5 euros per cápita promedio por cada año adicional.

Tema	Autor	Principales resultados
	Kang et al. (2012)	- Encuentran una correlación positiva consistente entre la concentrada estructura competitiva y la inversión en redes móviles para las telecomunicaciones de China.
	Kim et al. (2011)	- Investigan si la entrada de los OMV impacta las inversiones de los operadores móviles. Encuentran evidencia que sugiere que la provisión obligada de servicios por parte de los operadores móviles a los OMV disminuye la inversión de los operadores móviles, mientras el acceso voluntario no tiene efecto sobre la inversión.
	Lestage et al. (2013)	- Muestran que hay una relación positiva entre la intensidad de la competencia y la inversión en infraestructura, y la inversión de los titulares privados de telecomunicaciones.
	Manenti y Scialà (2013)	- Introducen dos tipos de regímenes regulatorios. En el primero, el regulador no se puede comprometer en el largo plazo y establece el cargo por el acceso después de que el incumbente y el entrante han invertido concluyendo que la empresa incumbente tendrá menos incentivos para invertir en mejorar sus servicios. En el segundo, el regulador interviene antes de que las empresas tomen sus decisiones de inversión estableciendo un cargo por acceso arriba del costo marginal de proveer los servicios para incentivar la inversión en infraestructura de red por parte del entrante. Contrario a esto, si este efecto es reducido, el regulador establecerá un cargo por el acceso que promueva la competencia en equilibrio.
	Zhang et al. (2016)	- Demuestran que la propiedad de la infraestructura y la ganancia marginal de los recursos afectan los incentivos de los proveedores de infraestructura y a los proveedores de servicios para invertir y sus excedentes de ingresos esperados.
Características del mercado	Moshi y Mwakatumbula (2017)	- Demuestran que los países africanos han podido atraer más inversiones en la industria de las telecomunicaciones. El tamaño de mercado en los países africanos ha propiciado que experimenten altos niveles de inversión en el sector de las telecomunicaciones.
	Gutierrez y Berg (2000)	- Examinan los determinantes de las líneas telefónicas per cápita usando variables económicas, institucionales y regulatorias. Encuentran que el PIB per cápita afecta la inversión en un sentido positivo, además, los servicios de telecomunicaciones son elásticos a los ingresos.

Fuente: Elaboración propia de artículos académicos.

De la revisión de literatura es importante destacar que existe un debate en torno a si los pagos por el espectro afectan o no la inversión. Para el caso de México, resulta relevante analizar el efecto que tiene el pago por el uso del espectro radioeléctrico en la inversión de los operadores móviles. Se observa que, a lo largo del tiempo, han aumentado los precios considerablemente por MHz concesionado de las bandas de frecuencia utilizadas para proveer servicios móviles. La tasa de crecimiento promedio anual del pago de derechos por el uso del espectro para prestar servicios móviles, en términos reales, es de 4.59%¹⁴ para el periodo de 2005 a 2020.

¹⁴ Estimaciones propias a partir de la información contenida en el artículo 244 de la Ley Federal de Derechos de 2015 a 2020. El cálculo se realiza considerando el promedio de las cuotas por MHz concesionado por el uso del espectro radioeléctrico por región para prestar servicios móviles en términos reales utilizando en deflactor implícito del producto interno bruto (PIB) base 2013. Realizando la misma estimación, pero en términos nominales se observa una tasa de crecimiento promedio anual del pago de derechos por el uso del espectro para prestar servicios móviles de 9.45%.

Algunos autores apuntan que los elevados pagos por concepto de las concesiones del espectro pueden generar ineficiencias del mercado como pérdidas de calidad, aumento de precios, salida de empresas y una disminución en la oferta del recurso (Marsden et al., 2017). Si los pagos son menores, los operadores estarán incentivados a invertir y adquirir mayores cantidades de espectro radioeléctrico trasladando gran parte de los beneficios al bienestar social (Acosta et al., 2013). Por otra parte, la inclusión de un método de pago como lo son las regalías (la compartición de los ingresos de los operadores móviles con el Estado por concepto del uso de espectro radioeléctrico), lo cual puede realizar anualmente, mejora y genera inversión, así como mayores ingresos al Estado (Kwon et al., 2010).

Adicionalmente, existe una discusión en cuanto al efecto de la competencia sobre la inversión en la industria de las telecomunicaciones. Particularmente se observan posibles efectos contrarios dependiendo del tipo de empresa estatal o privado, del tipo de competencia (simétrica o asimétrica) o el tipo de indicador que se utilice para aproximar la competencia. Esto debido al *efecto schumpeteriano* y al *efecto escape a la competencia*.

Respecto a los factores de mercado que influyen en la inversión existe un consenso en el cual el mayor tamaño de mercado, medido a través de diversos indicadores como ingresos, PIB per cápita, población, entre otros, tiene un efecto positivo sobre la inversión.

III Descripción de datos y metodología

El objetivo de este estudio es determinar los factores que han influido en la inversión en infraestructura en el sector de las telecomunicaciones móviles en México. En este sentido, de la revisión de literatura se pudo observar que existen varios factores que influyen en la inversión de los operadores móviles, de los que destacan factores relacionados con los costos de inversión y cambio tecnológico, los relacionados con la competencia económica y regulación, así como los relacionados con las características de mercado.

En esta sección se presentan y describen las fuentes de datos utilizadas y la información recolectada; asimismo, se expone la metodología empleada, para alcanzar este objetivo.

III.1 Datos

La información recolectada consiste en un conjunto de datos a nivel empresa de los tres principales operadores de telecomunicaciones móviles en México, así como variables agregadas a nivel nacional, durante el periodo de 2005 a 2020.¹⁵ Esto da un total de 48 observaciones.

¹⁵ En la muestra no se incluyeron los operadores móviles virtuales debido a que no suelen invertir en infraestructura móvil.

La mayoría de los estudios empíricos que investigan los determinantes de la inversión en telecomunicaciones móviles, a través de modelos econométricos, utilizan el gasto en capital (Capex, por sus siglas en inglés) como variable proxy de la inversión (Kang et al., 2012; Kim et al., 2011; Genakos et al. 2015; Jeanjean et al., 2019; Hounghbonon y Jeanjean, 2016; Lestage et al., 2013; Jeanjean y Hounghbonon, 2017). Por su parte, dentro de las variables que influyen en la inversión en telecomunicaciones móviles se incluyen variables relacionadas con los costos de inversión, la competencia económica, la regulación y las características de mercado. En el presente estudio, se incluyeron algunas de estas variables las cuales se muestran en el Cuadro 2. Los datos obtenidos provienen de GSMA Intelligence, Omdia, Banco de Información de Telecomunicaciones (BIT) del Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT), Registro Público de Concesiones (RPC) del IFT, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y del Consejo Nacional de Población (CONAPO) y de la Ley Federal de Derechos (LFD).

Cuadro 2. Descripción de los datos

	Variable	Fuente	Descripción
InCapex	Valor logarítmico de CAPEX.	Omdia	Valor del gasto de capital (CAPEX, por sus siglas en inglés) en términos reales de cada operador móvil.
InDerechos InDerechos2	Valor logarítmico del pago de derechos y su término cuadrático.	Estimación con datos de la LFD	Valor estimado del pago de derechos que efectúan cada operador móvil por el uso de las bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico para ofrecer servicios móviles en México con base en la Ley Federal de Derechos de 2005 a 2020, medido en términos reales.
PM PM2	Porcentaje de la participación de mercado de cada operador móvil y su término cuadrático.	GSMA	Porcentaje de participación de mercado de cada operador móvil, en términos de conexiones (internet, voz y mensajería).
%3G	Porcentaje de las conexiones o accesos móviles que utilizan la tecnología 3G.	GSMA	Conexiones con tecnología 3G (internet, voz y mensajería) entre el total de conexiones de cada operador móvil.
InIHH InIHH2	Valor logarítmico del Índice Herfindahl-Hirschman y su efecto cuadrático.	Estimación con datos de GSMA	Valor estimado de la concentración existente en el mercado móvil, en términos de conexiones móviles (internet, voz y mensajería).
Espectro	Porcentaje del espectro disponible por suscriptor de cada operador móvil.	Estimación con datos del RPC.	Valor estimado de la cantidad de espectro utilizado por cada operador móvil entre el total de suscriptores de cada operador.
InARPU	Valor logarítmico del ingreso promedio por usuario.	Omdia	Valor del ingreso promedio por usuario de cada operador (ARPU, por sus siglas en inglés).
%Urb	Porcentaje de la población urbana a nivel nacional.	ENOE-INEGI	Porcentaje de la población urbana, medido como la razón de la población urbana entre el total de población en México.
InPIBpc	Valor logarítmico del PIB per cápita.	INEGI y CONAPO	Valor estimado del PIB per cápita a precios constantes de 2013.
InIngpc	Valor logarítmico del ingreso per cápita.	ENOE-INEGI	Valor estimado del ingreso laboral per cápita real.
InMercado	Valor logarítmico del tamaño de mercado	GSMA	Total de conexiones móviles (internet, voz y mensajería).

Factores que explican la evolución reciente de los flujos de inversión en las telecomunicaciones

Variable	Fuente	Descripción
Licitado	UER	Toma el valor de uno para los años 2010, 2016 y 2018 en los cuales se realizaron licitaciones y se multiplica por la cantidad de espectro licitado, el cual fue de 240 MHz para el año 2010, 80 MHz para el año 2016 y 120 MHz para el año 2018.

Nota: ENOE: Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo.

El Cuadro 3 muestra las estadísticas descriptivas, así como el número de observaciones, la desviación estándar, el valor medio de los datos y, la banda de valores mínimos y máximos. El logaritmo del gasto de capital (*lnCapex*) tiene una desviación estándar de 1.28. Esto quiere decir que los valores tienden agruparse cerca de su media. Por otra parte, el resto de las variables mantienen bajos niveles de σ ; por lo que, si los datos obtenidos están cercanos a su valor medio, resultan en mejores estimaciones, excepto la variable *lnDerechos2* que presenta una desviación estándar (σ) de 15 puntos respecto a su valor medio de 469.63. Sin embargo, hay que señalar que esta variable es el término cuadrático del valor logarítmico del pago de derechos, cuyos valores son igualmente elevados¹⁶.

Cuadro 3. Estadísticas descriptivas

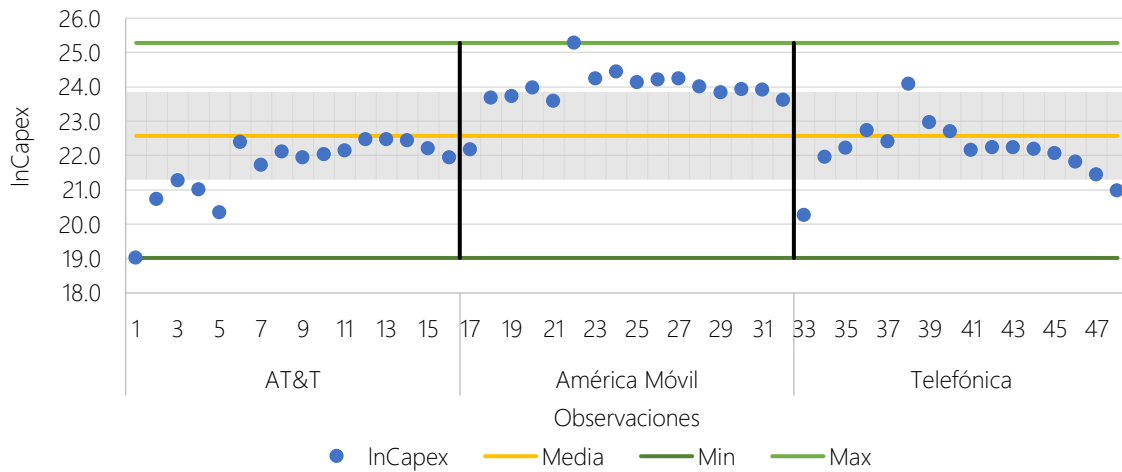
Variable	Definición	Unidades	Observaciones	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
<i>lnCapex</i>	Valor logarítmico del CAPEX	(\$MX)	48	22.58	1.28	19.02	25.28
<i>lnDerechos</i>	Valor logarítmico del pago de derechos	(\$MX)	48	21.67	0.35	21.09	22.28
<i>lnDerechos2</i>	Valor cuadrático del logarítmico del pago de derechos	(\$MX)	48	469.63	15.00	444.79	496.40
PM	Participación de mercado de los operadores móviles	(%)	48	33.27	27.22	4.00	81.00
PM2	Valor cuadrático de la participación de mercado de los operadores móviles	(%)	48	18.32	22.99	0.16	65.61
<i>lnIHH</i>	Valor logarítmico del índice Herfindahl-Hirschman	(Índice)	48	8.60	0.13	8.41	8.82
<i>lnIHH2</i>	Valor cuadrático del índice Herfindahl-Hirschman	(Índice)	48	74.03	2.30	70.73	77.80
<i>lnARPU</i>	Valor logarítmico del ARPU	(\$MX)	48	5.00	0.57	3.65	6.08
%3G	Porcentaje de conexiones móviles 3G	(%)	48	31.38	24.27	0.00	71.00
Espectro	Cantidad de espectro por suscriptor	(%)	48	4.67	5.33	0.75	26.58
%Urb	Porcentaje de población urbana	(%)	48	76.84	0.02	76.79	76.87
<i>lnIngpc</i>	Valor logarítmico del ingreso per cápita	(\$MX)	48	1.97	0.18	1.73	2.30
<i>lnPIBpc</i>	Valor logarítmico del PIB per cápita	(\$MX)	48	11.84	0.05	11.75	11.91
<i>lnMercado</i>	Valor logarítmico del tamaño del mercado	(Conexiones)	48	18.29	0.27	17.60	18.55
Licitado	Variable dicotómica correspondiente al año de licitación por la cantidad de espectro licitado	(MHz)	240 MHz para el año 2010, 80 MHz para el año 2016 y 120 MHz para el año 2018.				

¹⁶ Cabe señalar que las variables *lnCapex*, *lnDerechos* y *lnDerechos2* se encuentran en pesos reales. Si se transforman las variables a millones de pesos reales y se obtiene su valor logarítmico, la media y desviación estándar de *lnDerechos2* son 61.79 y 5.45, respectivamente. Adicionalmente, si se estiman los modelos con diferentes escalas (es decir, en miles o millones de pesos), solo se reducen los coeficientes de las variables de *lnDerechos* y *lnDerechos2*, pero conserva los mismos efectos y signos. De igual forma el resto de las variables, conservan los mismos signos.

Para ejemplificar lo anterior, las Gráficas Gráfica 1 y Gráfica 2 muestran la distribución de los datos del *InCapex* y *InDerechos2* (en este caso se prescinde de *InDerechos* debido a que es el mismo efecto con distinta escala).

Respecto del gasto de capital que realizan los operadores, la Gráfica 1 muestra que los datos fuera de la región sombreada en gris (σ) son montos de inversión que realizan los operadores móviles que sobrepasan una desviación estándar del valor medio. Por ejemplo, América Móvil ha mantenido niveles de inversión superiores a la media. Mientras que los valores que se encuentran debajo del área sombreada corresponden a un gasto de capital menor a una desviación estándar del valor medio. Esto último ocurre, particularmente, para el caso de AT&T¹⁷ al inicio del periodo analizado.

Gráfica 1. Desviación estándar del gasto de capital (*InCapex*)

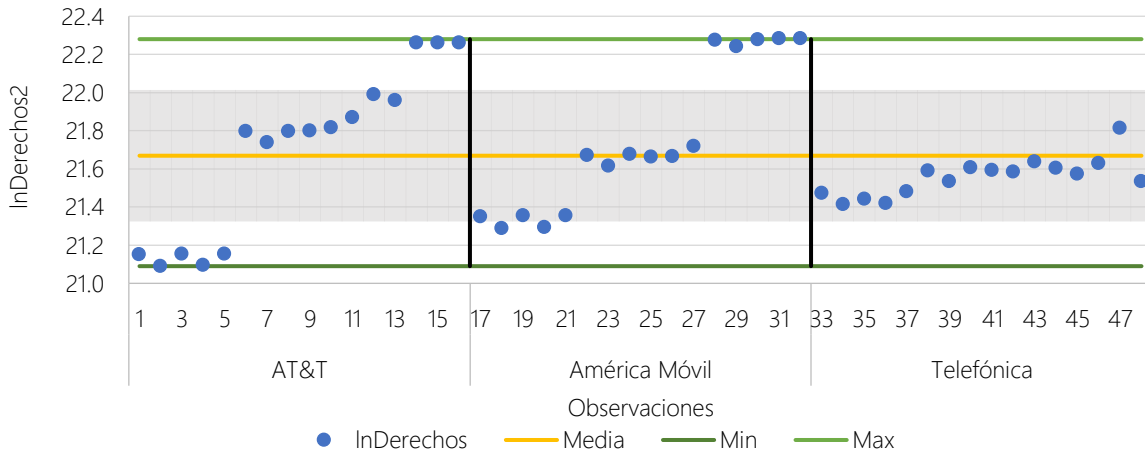


Fuente: Elaboración propia con datos de Omdia.

En el caso de la variable *InDerechos2*, la Gráfica 2 muestra que los datos ubicados dentro de la región sombreada en gris (σ) se agrupan cerca de su media. Sin embargo, al inicio del periodo analizado se observaba un menor monto de pago de derechos, en tanto, al final del periodo se observa un monto elevado por el pago de derechos por parte de AT&T y América Móvil.

¹⁷ Cabe señalar que, para tener un panel balanceado, a AT&T se le imputaron los valores de Nextel y Unefon antes de 2015.

Gráfica 2. Desviación estándar del pago de derechos (*lnDerechos2*)



Fuente: Elaboración propia a partir de estimaciones realizadas con información de la LFD 2005 – 2020.

A lo largo del periodo analizado, la Ley Federal de Derechos fue incluyendo bandas del espectro radioeléctrico conforme a los avances tecnológicos y las licitaciones realizadas (Cuadro 4), así también ha mostrado una tendencia creciente en los montos que se deben pagar por estas bandas (Gráfica 3)¹⁸.

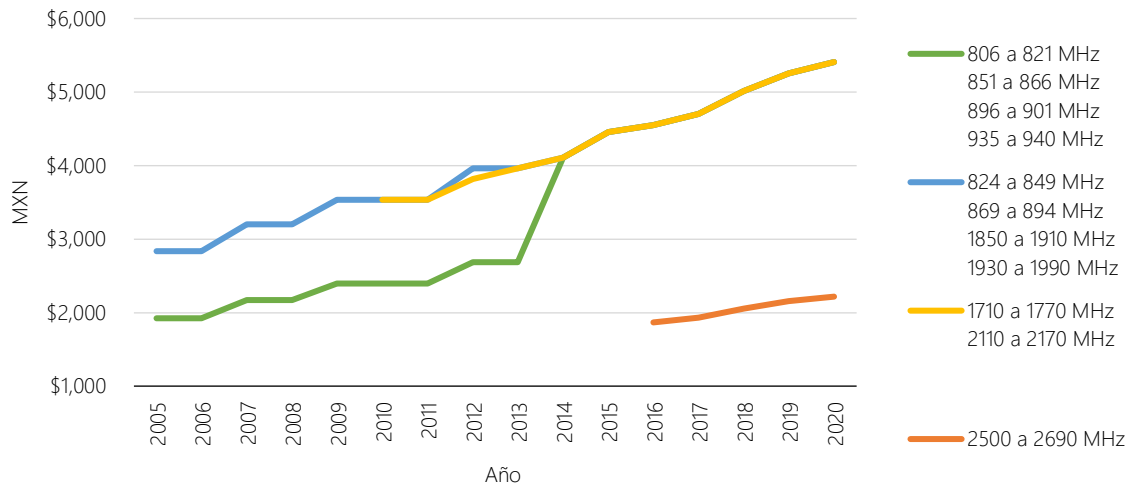
Cuadro 4. Inclusión de las bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico para ofrecer servicios móviles en la Ley Federal de Derechos, 2005- 2020

Bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
806 a 821 MHz																
851 a 866 MHz																
896 a 901 MHz																
935 a 940 MHz																
824 a 849 MHz																
869 a 894 MHz																
1850 a 1910 MHz																
1930 a 1990 MHz																
1710 a 1770 MHz																
2110 a 2170 MHz																
2500 a 2690 MHz																

Fuente: Elaboración propia con datos de la LFD 2005 – 2020.

¹⁸ Estimación realizada de acuerdo con los montos establecidos en la Ley Federal de Derechos de 2012, 2015, 2016 y 2017 así como las modificaciones a los montos establecidos en los Anexos de las Resoluciones Miscelánea Fiscales de 2005 a 2020, así como en las bandas asignadas a los operadores móviles por región con base en los documentos del Registro Público de Concesiones.

Gráfica 3. Evolución del pago de derechos por el uso de bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico para ofrecer servicios móviles, 2005-2020



Fuente: Elaboración propia a partir de los montos fijados en la LFD 2005 – 2020.

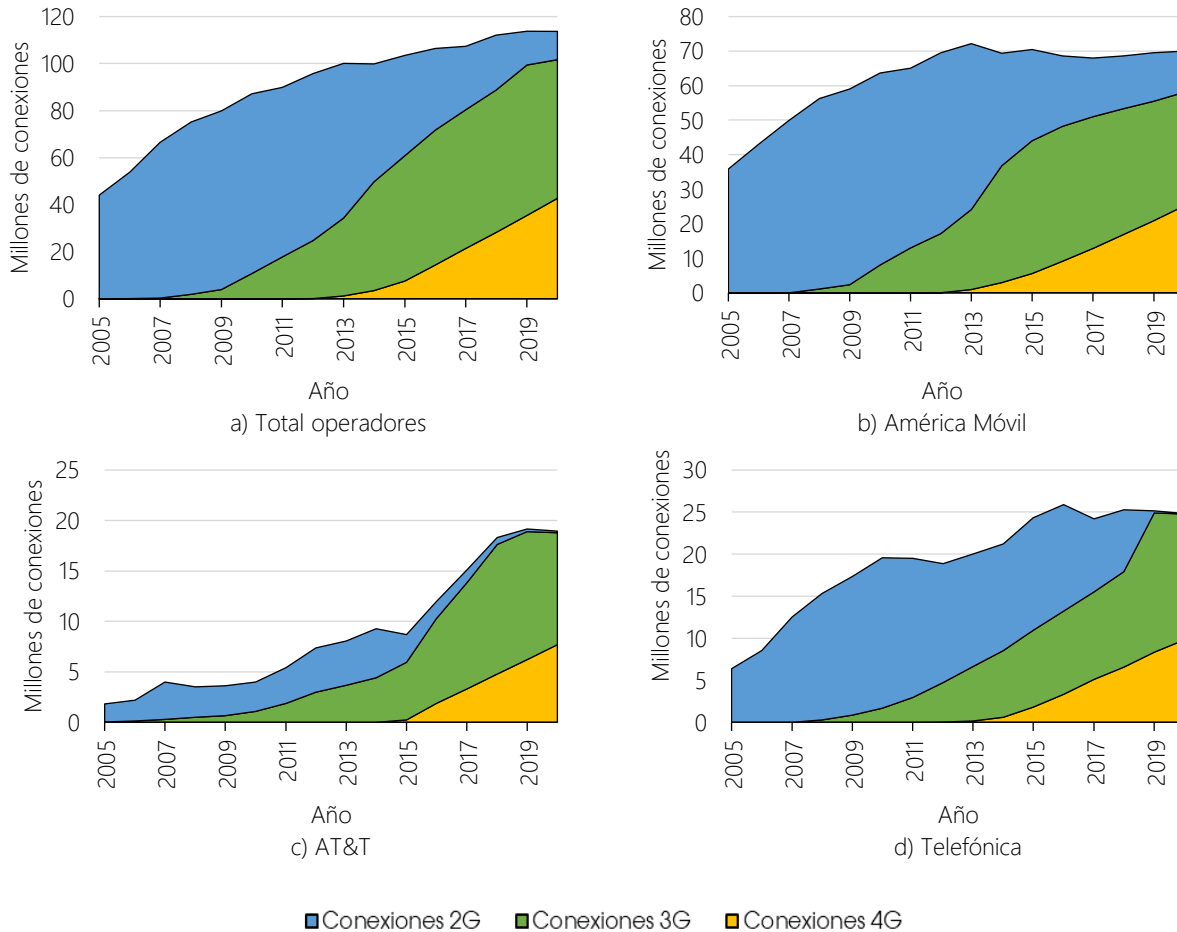
Otro aspecto importante que considerar es el proceso o cambio tecnológico y su efecto en las inversiones, como se señaló en la Sección 2, el progreso tecnológico y el incremento del tráfico de datos ha generado que los operadores deban estar continuamente invirtiendo en infraestructura móvil. Las redes de infraestructura móvil para cada generación de tecnología son desplegadas primero para expandir su cobertura geográfica y posteriormente para incrementar su capacidad (Bauer, 2003). El mayor monto de inversión en infraestructura se realiza durante la mejora y expansión de la infraestructura móvil (Lutitsky et al., 2011; Harmantzis y Tanguturi, 2007).

En este sentido, en el presente estudio se incorporaron las conexiones de 3G (internet, voz y mensajería). Cabe señalar que, durante el periodo analizado la principal tecnología utilizada para proveer los servicios móviles es la tecnología 3G, además, permite observar de forma más clara las dos fases de inversión en infraestructura móvil. Por su parte, las conexiones 3G aún continúan siendo una red de constante uso, a pesar de que en la actualidad se cuenta con la red 4G.

La Gráfica 3 muestra las conexiones móviles totales, de América Móvil, AT&T y Telefónica por tipo de tecnología. Se observa la transición de 2G a 3G de manera que el número de conexiones 2G disminuye a medida que el número de conexiones 3G aumenta, esto captura el efecto de transición tecnológica, en donde se vuelve eficiente la inversión de los operadores en la medida en que se despliegan nuevas redes móviles e incrementa el número de conexiones. De igual forma, se observa que las conexiones 4G comienzan a tener mayor participación en el mercado lo que indica la transición de la tecnología 3G a 4G para los servicios móviles. El hecho de realizar dicha transición propicia a que los operadores móviles tengan incentivos para invertir en nuevas tecnologías de red permitiendo el desplazamiento de 3G a 4G debido a que la primera juega un papel complementario en la implementación de la segunda y así, la sustitución sea gradualmente con el número de suscriptores. De lo contrario, mantener el

aumento en el número de suscriptores de 3G implicaría que los operadores móviles disminuyan el incentivo para invertir en nuevas tecnologías.

Gráfica 4. Conexiones móviles por tipo de tecnología



Fuente: Elaboración propia con datos de GSMA Intelligence.

III.2 Modelo y metodología

Con el objetivo de determinar cuáles son los factores y cómo impactan la inversión en infraestructura en el sector de las telecomunicaciones móviles en México se plantea el siguiente modelo tipo panel.

$$\ln Capex_{it} = \alpha_0 + \beta_0 \ln Derechos_{it} + \beta_1 \ln Derechos2_{it} + \beta_2 PM_{it} + \beta_3 PM2_{it} + \beta_4 \%3G_{it} + \beta_5 Espectro_{it} + \beta_6 \ln ARPU_{it} + \beta_7 \ln Licitado_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

En donde, se utiliza el *lnCapex* como variable dependiente, que es el gasto en capital realizado por los operadores el cual refleja la inversión. Referente a las variables explicativas, se dividen en tres grupos. El primero son las variables como los costos de inversión, dentro de las cuales se incluyen el *lnDerechos* que es el pago que efectúa cada operador anualmente por el uso de espectro radioeléctrico y las

cantidades están estimadas conforme a lo establecido en la LFD de México de las bandas utilizadas para ofrecer servicios móviles; *lnDerechos2* es el mismo pago de los operadores, medido como un efecto cuadrático; *%3G* es el porcentaje de conexiones o accesos que utilizan la tecnología 3G, cuyo propósito es analizar el efecto del cambio tecnológico; *Espectro* es la cantidad de espectro disponible por suscriptor con el que cuenta cada operador y mide el nivel de eficiencia; *lnARPU* es el ingreso promedio por cada usuario de los operadores móviles siendo una variable proxy de los precios de los servicios de telecomunicaciones y del rendimiento esperado; *Licitado* es una la cantidad de espectro asignado en la licitaciones 20 y 21, realizadas en el año 2010, además de las IFT-3 e IFT-7 llevadas a cabo en 2016 y 2018, respectivamente. El segundo grupo comprende las variables relacionadas con la competencia económica en donde *PM* es la participación de mercado de cada operador móvil; *PM2* es la misma participación de mercado medida como un efecto cuadrático. μ_i y η_t representando los efectos fijos individuales (por operador) y los efectos fijos temporales, respectivamente.

Cabe señalar que se incluyeron tanto el pago de derechos (*lnDerechos*), así como la participación de mercado (*PM*) en términos cuadráticos con el fin de capturar posibles efectos no lineales de estas variables sobre la inversión. Particularmente, autores como Hounghonon y Jeanjean, (2016) han encontrado un efecto de U invertida entre la inversión y la intensidad de la competencia. Respecto al efecto del pago de derechos sobre la inversión, también se espera hallar un impacto en forma de U invertida, toda vez que, si bien en la literatura no se ha analizado empíricamente esta relación, una tarifa menor por el uso del espectro puede incentivar su uso eficiente, mientras que una tarifa elevada puede disminuir las inversiones al tener que destinar una mayor parte de los ingresos a cubrir esta diferencia no prevista del aumento por el pago de derechos.

Adicionalmente, se estima otro modelo que incluye el tercer grupo de variables explicativas que comprende diversas características de mercado. En la literatura empírica sobre el tema suelen incluirse como variables de control.

$$\ln Capex_{it} = \alpha_0 + \beta_0 \ln Derechos_{it} + \beta_1 \ln Derechos2_{it} + \beta_2 PM_{it} + \beta_3 PM2_{it} + \beta_4 \%3G_{it} + \beta_5 Espectro_{it} + \beta_6 \ln ARPU_{it} + \beta_7 \ln Licitado_{it} + x_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Las variables x_{it} incluyen las características del mercado. Estas se caracterizan por influir de manera directa en la capacidad de inversión de cada operador, *%Urb* es el porcentaje de población urbana; *lnIngpc* es el valor del ingreso per cápita aproximado de los suscriptores; el *lnPIBpc* es el PIB per cápita, y *lnMercado* es el tamaño de mercado medido en conexiones totales.

Finalmente, se plantea un modelo alternativo en el cual se probaron diversas variables de competencia económica como el índice Herfindahl-Hirschman (*lnHH*), el cual mide el grado de concentración de mercado; además, se incluye un valor cuadrático para capturar un posible efecto no lineal como el hallado por Hounghonon y Jeanjean (2016).

$$\ln Capex_{it} = \alpha_0 + \beta_0 \ln Derechos_{it} + \beta_1 \ln Derechos2_{it} + \beta_2 PM_{it} + \beta_3 PM2_{it} + \beta_4 \ln IHH_{it} \quad (3)$$

$$+ \beta_5 \ln IHH2_{it} + \beta_6 \%3G_{it} + \beta_7 Espectro_{it} + \beta_8 \ln ARPU_{it} + \beta_9 \ln Licitado_{it} + x_{it}$$

$$+ \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it}$$

En la siguiente sección se detallan los resultados de los modelos planteados para determinar los efectos de cada uno de los factores que podrían influir en la inversión, como son los costos de inversión, la competencia económica y las características de mercado.

IV Resultados

En esta sección, se presentan los resultados de los modelos estimados. Cabe señalar que todas las variables son significativas y las variables de costos de inversión y de competencia no cambian sustancialmente cuando se agregan las variables relativas a las características de mercado. Adicionalmente, las pruebas estadísticas, las cuales se presentan en el Anexo, indican que se deben estimar modelos con efectos fijos y temporales. El Cuadro 5 muestra los resultados utilizando las especificaciones [1] y [2].

Cuadro 5. Efectos en la inversión de los operadores móviles

Variable dependiente	Inversión (lnCapex)					
	Modelos	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
lnDerechos		35.9122** (16.4375)	35.9122** (16.4375)	35.9122** (16.4375)	35.9122** (16.4375)	35.9122** (16.4375)
lnDerechos2		-0.8234** (0.3770)	-0.8234** (0.3770)	-0.8234** (0.3770)	-0.8234** (0.3770)	-0.8234** (0.3770)
PM		18.3604*** (2.0288)	18.3604*** (2.0288)	18.3604*** (2.0288)	18.3604*** (2.0288)	18.3604*** (2.0288)
PM2		-18.8723*** (2.3695)	-18.8723*** (2.3695)	-18.8723*** (2.3695)	-18.8723*** (2.3695)	-18.8723*** (2.3695)
lnARPU		0.4295*** (0.0930)	0.4295*** (0.0930)	0.4295*** (0.0930)	0.4295*** (0.0930)	0.4295*** (0.0930)
%3G		-0.9711** (0.4838)	-0.9711** (0.4838)	-0.9711** (0.4838)	-0.9711** (0.4838)	-0.9711** (0.4838)
Espectro		-6.6768*** (1.5433)	-6.6768*** (1.5433)	-6.6768*** (1.5433)	-6.6768*** (1.5433)	-6.6768*** (1.5433)
Licitado		0.0098*** (0.0028)	0.0052*** (0.0004)	0.0033*** (0.0001)	0.0042*** (0.0001)	0.0015*** (0.0003)
%Urb			2,566.10*** (517.8606)			802.52* (432.9091)
lnIngpc			2.3751*** (0.2144)	2.3718*** (0.2140)		
lnMercado				2.1639*** (0.4367)	0.7158* (0.3668)	
lnPIBpc						3.6411*** (0.3287)
Constante		-373.79** (179.0959)	-2,349.77*** (443.6647)	-417.34** (179.5684)	-386.39** (179.7931)	-1,032.97** (392.9247)

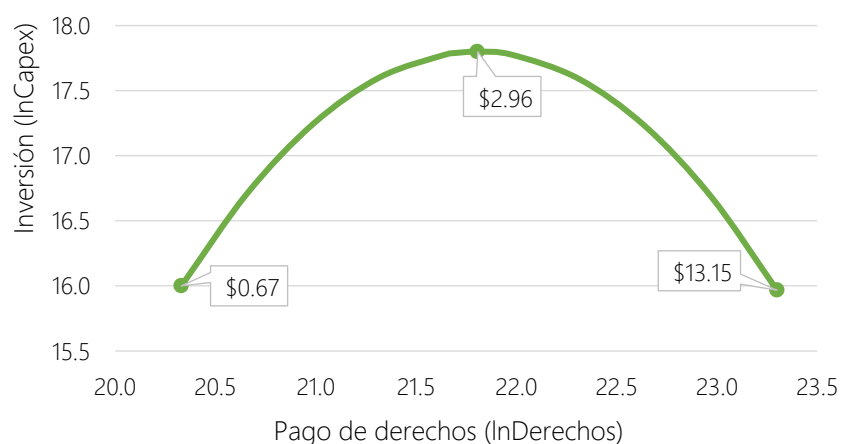
Variable dependiente	Inversión (lnCapex)					
	Modelos	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Chi2		5,617.30	1.07e+08	5,145.16	5,200.29	5,315.04
R2		0.993	0.993	0.993	0.993	0.993
Número de observaciones		48	48	48	48	48

Nota: valores de errores estándar en paréntesis. Significancia a niveles *** 1%, ** 5%, * 10%

Fuente: Elaboración propia.

El modelo (1) muestra que sin considerar el efecto no lineal un incremento del 1% en el pago de derechos por el espectro incrementa el logaritmo del Capex (*lnCapex*) en 35.91%. Sin embargo, existe un efecto no lineal en el pago de derechos, pues el coeficiente de la variable *lnDerechos2* es significativo y negativo. En este sentido, se observa una relación entre el pago de derechos y la inversión en forma de U invertida (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Un aumento en el pago de derechos incrementará la inversión; sin embargo, si el pago de derechos por el espectro es muy elevado, dominará el efecto negativo sobre la inversión. El punto donde se alcanza el mayor efecto del pago de derechos por el uso del espectro sobre la inversión es para un monto por concepto de derechos de \$2.96 miles de millones de pesos.

Gráfica 5. Efecto no lineal del pago de derechos sobre la inversión



Fuente: Elaboración propia a partir de las estimaciones realizadas.

Si bien, el efecto no lineal de los pagos de derechos por el espectro en la inversión no ha sido analizado en la literatura, este resultado es consistente con lo hallado por Marsden et al. (2017), quienes encuentran una correlación entre estos elevados pagos por el espectro y una reducción en la inversión. Esto se puede explicar por lo señalado por Bauer (2003) respecto a que los pagos por el espectro pueden resultar en mayores restricciones presupuestarias para la inversión en infraestructura. Bauer (2003) argumentó que, si las tarifas iniciales se establecen administrativamente, las empresas solo solicitarán una concesión si esperan poder recuperar sus costos (incluida los pagos por el uso del espectro) y obtener un rendimiento adecuado de su inversión. Los operadores invertirán si las condiciones de los pagos por el espectro no superan la previsión de ingresos para pagar por el uso del espectro y poder recuperar el costo para el próximo período.

En el caso del *lnARPU*, esta variable tiene un coeficiente significativo y positivo. Se observa que por 1% adicional de los ingresos por usuario promedio, el logaritmo del Capex (*lnCapex*) crecerá en 0.43%. Esto significa que a mayor ingreso promedio por usuario mayor será la inversión por parte de los operadores móviles.

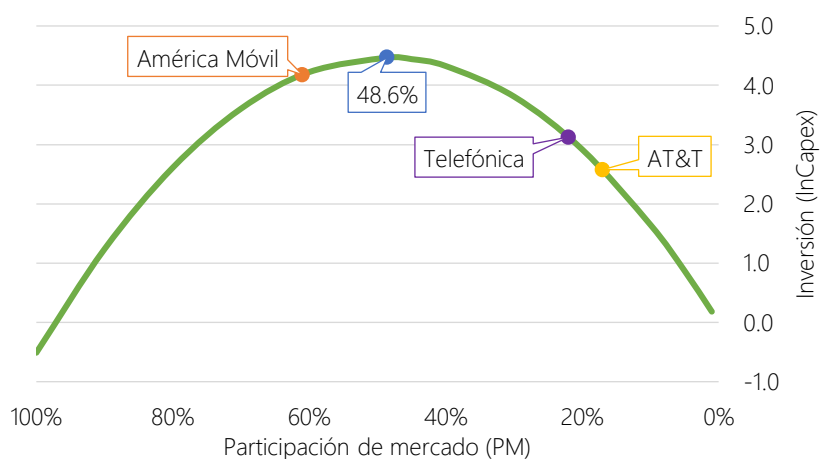
El porcentaje de conexiones 3G (*%3G*) presenta un impacto significativo y negativo sobre la inversión. Esto significa que un incremento en un punto porcentual de las conexiones disminuirá el logaritmo del Capex (*lnCapex*) en 0.97%. Como se señaló anteriormente, la mayor inversión en una nueva tecnología se realiza al principio y posteriormente se invierte en aumentar la capacidad, la cual va disminuyendo conforme se alcanza más usuarios, de ahí el signo negativo de esta variable.

Por su parte, la variable cantidad de espectro por suscriptor (*Espectro*) tiene un efecto significativo y negativo. Un incremento de una unidad en la cantidad de espectro por suscriptor implicará una disminución en el logaritmo del Capex (*lnCapex*) de 6.67%. Analizando lo anterior, en términos de una mayor eficiencia, si se requiere menor cantidad de espectro por suscriptor, la inversión de los operadores móviles aumentará. Por esta razón se observa un signo negativo en esta variable, entre mayor sea la cantidad de espectro por suscriptor, menor eficiencia, por tanto, menor inversión. Sin embargo, cabe señalar que los operadores cuentan con una cantidad fija de espectro radioeléctrico concesionado para ofrecer servicios móviles, por lo que el uso eficiente de este espectro debe garantizar también cierta calidad en el servicio. En este sentido, la disminución en la cantidad de espectro por suscriptor para lograr una mayor eficiencia tiene un límite en el cual se debe garantizar la calidad del servicio móvil.

Ahora bien, los resultados respecto al impacto que tiene la competencia económica sobre la inversión indican que existe una relación en forma de U invertida, pues la variable de participación de mercado (*PM*) es significativa y positiva, mientras la variable que mide el efecto no lineal, la participación de mercado al cuadrado (*PM2*) es significativa y presenta un signo negativo. Esto significa que a mayor intensidad de competencia económica mayor inversión; sin embargo, si la intensidad a la competencia es muy elevada la inversión disminuirá. Cabe señalar que este resultado es similar al encontrado por Hounghonon y Jeanjean (2016) quienes muestran que existen una relación en forma de U invertida entre competencia y la inversión en redes inalámbricas.

A mayor abundamiento, la Gráfica 6 muestra la relación en forma de U invertida entre la competencia y la inversión, utilizando los coeficientes estimados del modelo (1) de la participación de mercado (*PM*) y su término cuadrático (*PM2*). El punto donde se alcanza el mayor efecto de la participación de mercado sobre la inversión es con una participación de mercado del 48.6%. Por lo que, para alcanzar esa participación de mercado, América Móvil tendría que reducir su participación de mercado, en tanto, AT&T, así como Telefónica tendrían que incrementarla.

Gráfica 6. Efecto no lineal de la participación de mercado en la inversión



Fuente: Elaboración propia mediante a partir de las estimaciones realizadas.

Considerando solo el efecto lineal de la participación de mercado, un incremento en un punto porcentual de la participación de mercado de los operadores móviles aumenta el logaritmo del Capex ($\ln\text{Capex}$) en 18.36%.

Por otra parte, la licitación de nuevas bandas del espectro radioeléctrico y la mayor cantidad de espectro licitado posibilita e incentiva mayores inversiones. Esto se puede constatar con la variable denominada *Licitado* (cantidad de espectro licitado), pues es significativa y positiva. Los resultados indican que por cada MHz licitado el logaritmo del Capex ($\ln\text{Capex}$) aumentará de 0.15% a 0.98%. En este sentido, la disponibilidad de espectro incrementa la inversión.

En los modelos (2), (3), (4) y (5), se agregan diferentes variables relativas a las características de mercado o variables de control con el fin de observar sus impactos en las decisiones de inversión de los operadores móviles. Como se señaló las variables de costos de inversión y de competencia no difieren en sus resultados respecto del modelo (1), por lo que el análisis se centra en las variables relativas a las características de mercado o de control.

Respecto al porcentaje de personas que viven en zonas urbanas ($\%Urb$), esta variable es significativa y tiene signo positivo, como era de esperarse. Si bien, pareciera que el efecto en la inversión es elevado, cabe recordar que el porcentaje de personas que viven en zonas urbanas ha variado muy poco a lo largo del periodo analizado como se observa en el Cuadro 3, su desviación estándar es apenas el 0.02%. En este sentido, un aumento de 0.01% en el porcentaje de personas que viven en zonas urbanas incrementará en 25.66% y 8.02% el logaritmo del Capex ($\ln\text{Capex}$), de acuerdo con los modelos (2) y (5), respectivamente. Este efecto positivo de la población urbana sobre la inversión también es encontrado por Cambinia y Garelli (2017).

En el caso del ingreso per cápita ($\ln\text{Ingpc}$), esta variable es significativa y tiene un impacto positivo. Un incremento de 1% en el ingreso per cápita aumenta el logaritmo del Capex ($\ln\text{Capex}$) en 2.38% y 2.37%,

de acuerdo con el modelo (2) y (3), respectivamente. La variable de tamaño de mercado (*lnMercado*) es significativa y afectan positivamente la inversión en un 2.16% y 0.72%, por cada 1% adicional, de acuerdo con el modelo (3) y (4), respectivamente. En cuanto al PIB per cápita (*lnPIBpc*), esta variable es significativa y tiene un efecto positivo sobre la inversión, es decir, un incremento del 1% en el PIB per cápita aumenta en promedio el logaritmo del Capex (*lnCapex*) en 3.64%. En resumen, existe una influencia positiva de los ingresos de los individuos, del tamaño de mercado y el producto interno bruto per cápita en la atracción de inversiones, estas variables son un reflejo de la capacidad de los individuos para consumir servicios móviles, lo cual representa un potencial retorno a las inversiones realizadas. De igual forma, otros autores como Cambinia y Garelli (2017), Gutierrez y Berg (2000), Jeanjean y Hounghonon (2017) y Jeanjean et al. (2019) han hallado impactos positivos de estas variables sobre la inversión.

Adicionalmente, se estimaron diversos modelos que incluye el IHH y su valor cuadrático como variables explicativas, con el objetivo de captura el efecto de concentración de mercado, así como un posible efecto no lineal de esta variable sobre la inversión de los operadores móviles. Los resultados de modelos se muestran en el Cuadro 6.

Cabe señalar que el resto de las variables son significativas, mantienen sus signos y su magnitud no cambian sustancialmente cuando se agregan las variables *lnIHH* y *lnIHH2*, excepto en el modelo (8). En este modelo, la variable de tamaño de mercado cambia su signo a negativo.

Cuadro 6. Efectos en la inversión de los operadores móviles (Modelo alternativo)

Variable dependiente	Inversión (lnCapex)				
	Modelos	(6)	(7)	(8)	(9)
lnDerechos		33.7831*** (12.7278)	33.7831*** (12.7278)	35.9122** (16.4375)	33.7831*** (12.7278)
lnDerechos2		-0.7721*** (0.2921)	-0.7721*** (0.2921)	-0.8234** (0.3770)	-0.7721*** (0.2921)
PM		16.4072*** (1.9433)	16.4072*** (1.9433)	18.3604*** (2.0288)	16.4072*** (1.9433)
PM2		-16.6008*** (2.1087)	-16.6008*** (2.1087)	-18.8723*** (2.3695)	-16.6008*** (2.1087)
lnIHH		611.8254*** (90.8605)	609.3227*** (90.6433)	1,163.5389*** (73.7566)	252.7364*** (83.6971)
lnIHH2		-35.6189*** (5.2813)	-35.6495*** (5.2840)	-69.3772*** (4.3982)	-14.7748*** (4.8639)
lnARPU		0.4069*** (0.0805)	0.4069*** (0.0805)	0.4295*** (0.0930)	0.4069*** (0.0805)
%3G		-0.9892*** (0.3770)	-0.9892*** (0.3770)	-0.9711** (0.4838)	-0.9892*** (0.3770)
Espectro		-6.4677*** (1.0566)	-6.4677*** (1.0566)	-6.6768*** (1.5433)	-6.4677*** (1.0566)
Licitado		0.0035*** (0.0006)	0.0026*** (0.0005)	0.0018*** (0.0001)	0.0007 (0.0005)
lnIngpc			2.1479*** (0.3985)	2.3928*** (0.2142)	
lnMercado				-11.6345*** (0.7808)	
lnPIBpc					3.2928*** (0.6109)

Variable dependiente	Inversión (lnCapex)			
Modelos	(6)	(7)	(8)	(9)
Constante	-2,976.95*** (389.4858)	-2,957.44*** (387.8020)	-5,039.87*** (245.0690)	-1,470.13*** (357.3971)
Número de observaciones	48	48	48	48
R2			0.99	
Chi2	4,875.34	4,875.34	1,626,132,874.01	4,875.34

Nota: valores de errores estándar en paréntesis. Significancia a niveles *** 1%, ** 5%, * 10%
Fuente: Elaboración propia.

Al igual que la variable participación de mercado, se observa un efecto no lineal del IHH. Esto es la variable *lnIHH* es significativa y positiva, mientras la variable *lnIHH2* es significativa y negativa. Por lo que, también con este indicador de concentración se muestra una relación en forma de U invertida entre la concentración de mercado y la inversión. Sin embargo, a diferencia de los modelos que solo incluyen la participación de mercado como variable de competencia económica, los modelos que comprenden tanto la participación como el IHH como variables de competencia económica (o concentración de mercado) presentan coeficientes distintos en las variables *lnIHH* y *lnIHH2*. En este sentido, si no se consideran las características de mercado, el IHH que maximiza la inversión es 5,369 puntos. No obstante, cuando se incluyen las características de mercado, el IHH que maximiza la inversión se encuentra entre 4,383 puntos y 5,187, esto es el IHH que maximiza la inversión disminuye cuando se consideran las características de mercado.¹⁹

Por su parte, que el IHH que maximiza la inversión se encuentre en niveles altos, no implica que la competencia no fomente la inversión a nivel de la industria debido a que los operadores pueden estar incentivados a invertir para no perder cuota de mercado. Además, cabe señalar que el presente estudio no considera efectos de largo plazo, por lo que debe tomarse con precaución este resultado.

Considerando solo el efecto lineal de la variable IHH, se observa un efecto positivo de la concentración de mercado y la inversión. Estos resultados son consistentes por los obtenidos por Kang et al, (2012) y Genakos et al. (2015), quienes encuentran que una mayor concentración de mercado afecta positivamente la inversión.

Finalmente, de los Cuadro 5Cuadro 6 se puede advertir que las variables que mayor impacto generan en la inversión de los operadores móviles se encuentran el pago de derechos y la concentración de mercado (medida a través de la participación de mercado y el IHH), seguido de la eficiencia (medida a través de cantidad de espectro por suscriptor).

¹⁹ Véase Gráfica A.1. del Anexo.

V Discusión y conclusiones

Este estudio presenta evidencia empírica de los factores que explican la evolución reciente de los flujos de inversión en las telecomunicaciones. Dentro de los factores que impactan la inversión se encuentran el pago de derechos, la concentración de mercado, el cambio tecnológico, la eficiencia, la disponibilidad de espectro, el ingreso promedio por usuario, así como las características de mercado.

El presente estudio contribuye al debate en torno a si los pagos por el derecho de uso del espectro afectan o no las inversiones de los operadores móviles. En particular, se encuentra una relación en forma de U invertida entre el pago de derechos y la inversión, es decir, un pago adecuado contribuye a un uso más eficiente del espectro, pero si el pago resulta elevado, se genera un efecto negativo sobre la inversión. Esto se explica debido a que pagos elevados por el uso del espectro podría generar restricciones presupuestarias para la inversión en infraestructura o rendimientos menores, lo que desincentiva la inversión. En línea con este último resultado, Marsden et al. (2017) encuentran una correlación entre estos altos pagos por el espectro y una reducción en la inversión para países de Latinoamérica, incluido México.

Adicionalmente, se presenta evidencia que muestra la existencia de una relación en forma de U invertida entre competencia y la inversión, lo que es consistente con el resultado hallado por Hounghonon y Jeanjean (2016) para el caso de 69 países, incluido México.

A este respecto, actualmente el mercado móvil mexicano se encuentra de acuerdo con los resultados de este estudio en la parte alta de la curva o de la U invertida de la relación entre la competencia y la inversión. Esto es, los niveles actuales de concentración del mercado móvil no desincentivan la inversión, pudiéndose alcanzar mayores inversiones si América Móvil disminuye su participación, mientras que AT&T y Telefónica aumentan su participación de mercado. Es de señalar que autores como Kang et al, (2012) y Genakos et al. (2015) también encuentran que mercados con una concentración mayor tendrán incentivos a invertir. Cabe señalar que estos resultados no implican que la competencia no fomente la inversión a nivel de la industria debido a que los operadores pueden estar incentivados a invertir para no perder cuota de mercado.

La transición de una tecnología (por ejemplo, del 3G al 4G, o del 4G al 5G), así como el creciente de tráfico de datos implica que los operadores móviles tengan que invertir en las tecnologías desplegadas, al mismo tiempo que invierten en nuevas tecnologías. Esto genera que los flujos de inversión sean distintos dependiendo de la etapa o fase de la inversión. En una primera fase, lo operadores móviles expandirán la cobertura geográfica de las redes, mientras en la subsecuente fase incrementarán la capacidad de las redes, por lo que es de esperarse que conforme aumente el número de conexiones de un tipo de tecnología la inversión disminuya, lo que se ve reflejado en los hallazgos del presente estudio.

En relación con la rentabilidad de las inversiones, el ingreso promedio por usuario tiene un efecto positivo sobre la inversión de los operadores móviles.

Por su parte, la eficiencia medida a través de la cantidad de espectro por usuario incentiva la inversión.²⁰ Así, entre más eficiente se use la red mayor será la inversión. Sin embargo, cabe señalar que los operadores cuentan con una cantidad fija de espectro radioeléctrico concesionado, por lo que el uso eficiente de este espectro debe garantizar también cierta calidad en el servicio. La disponibilidad y la cantidad de espectro para licitar influyen positivamente la inversión. Este hallazgo genera un incentivo a evitar la subutilización del recurso.

Finalmente, las características del mercado como el tamaño del mercado, el ingreso per cápita o el PIB per cápita causan un efecto positivo en la inversión, debido a que el ingreso per cápita señala la disponibilidad para adquirir los servicios de telecomunicaciones móviles de cada individuo, además de que el PIB per cápita es un indicador de la estabilidad macroeconómica de un país, lo que propicia la inversión de los operadores móviles (Moshi y Mwakatumbula, 2017; Gutierrez y Berg, 2000).

En términos de política pública cabe destacar los hallazgos respecto al efecto que tiene el pago de derechos por el uso del espectro sobre la inversión de los operadores móviles, pues los resultados indican que elevados montos por el pago de derechos inhiben la inversión. En este sentido, se recomienda al IFT continuar promoviendo el establecimiento de pagos de derechos por el uso del espectro que busquen maximizar las inversiones realizadas por los operadores móviles, ya que como se analiza en el presente estudio pagos de derechos por el uso del espectro adecuados incentivan el uso eficiente del espectro y, por tanto, la inversión. Sin embargo, pagos de derechos muy elevados tienen el efecto contrario, es decir, disminuyen la inversión.

Adicionalmente, los resultados de este estudio muestran que la subutilización del espectro radioeléctrico desincentiva o reduce la inversión, por lo que se recomienda que el IFT continúe promoviendo la utilización eficiente del espectro radioeléctrico.

Por otro parte, este estudio muestra evidencia empírica de que los niveles actuales de concentración de mercado incentivan la inversión, por lo que la concentración de mercado no parece dañar al proceso de competencia en términos de eficiencia dinámica. Sin embargo, es de señalar que el presente estudio no considera efectos de largo plazo, por lo que debe tomarse con precaución este resultado.

Cabe señalar que el presente estudio no aborda posibles problemas de endogeneidad que la literatura señala respecto a las variables de competencia. Tampoco estudia los posibles efectos de corto y largo plazo de los factores que influyen en la inversión, ni el efecto que tienen los operadores móviles virtuales sobre la inversión. En este sentido, futuras líneas de investigación podrían abordar estos temas.

²⁰ De acuerdo con los resultados se observa que, entre menor cantidad de espectro por suscriptor, lo que implica mayor eficiencia, mayor será la inversión.

Referencias

- Acosta, B., Carreón, V., Elbittar, A. y Rivera, H. (2013, julio-septiembre). Licitación del espectro radioeléctrico y su efecto en el bienestar social en México. *El Trimestre Económico*, LXXX (3) (319), 687-718.
- Aghion, P., Bloom, N., Blundell, R., Griffith, R., y Howitt, P. (2005). Competition and Innovation: An Inverted-U Relationship. *The Quarterly Journal of Economics*, 120(2), 701-728.
- Arrow, K. J. (1962). Economic welfare and the allocation of resources to invention. In R.R.Nelson(Ed.), *The rate of direction of inventive activity*, 609–626. New York: Princeton University Press.
- Bauer, J. M. (2003). Impact of license fees on the prices of mobile voice service. *Telecommunications Policy*, 27, 417-434. doi: 10.1016/S0308-5961(03)00009-0
- Belleflamme, P. y Vergart, C. (2011). Incentives to innovate in oligopolies. *The Manchester School*, 79(1), 6-28. doi: 10.1111/j.1467-9957.2009.02131.x
- Cambinia, C. y Garelli, N. (2017). Spectrum fees and market performance: A quantitative analysis. *Telecommunications Policy*, 41, 355-366. doi: 10.1016/j.telpol.2017.02.003
- Datta D. (2012). Spectrum Auction and Investment in Telecom Industry: A Suggested Policy. *Vikalpa: The Journal for Decision Makers*, 37, 19-30.
- Elixmann, D., Godlovitch, I., Henseler-Unger, I., Schwab, R. y Stumpf, U. (2015). *Competition & investment: An analysis of the drivers of investment and consumer welfare in mobile telecommunications*. Bad Honnef: WIK-Consult.
- Genakos, C., Valletti, T., y Verboven, F. (2015). Evaluating market consolidation in mobile communications. Report, CERRE.
- Gruber, H. (2001). Spectrum limits and competition in mobile markets: the role of licence fees. *Telecommunications Policy*, 25, 59-70. doi: 10.1016/S0308-5961(00)00079-3

- Gutierrez, L. H. y Berg, S. (2000). Telecommunications liberalization and regulatory governance: lessons from Latin America. *Telecommunications Policy*, 24, 865-884. doi: 10.1016/S0308-5961(00)00069-0
- Harmantzis, F. C., y Tanguturi, V. P. (2007). Investment decisions in the wireless industry applying real options. *Telecommunications Policy*, 31, 107-123. doi:10.1016/j.telpol.2006.02.005.
- Houngbonon, G. V. y Jeanjean, F. (2016). What level of competition intensity maximizes investment in the wireless industry? *Telecommunications Policy*, 40, 774-790. doi: 10.1016/j.telpol.2016.04.001
- Jeanjean, F. y Houngbonon, G. V. (2017). Market structure and investment in the mobile industry. *Information Economics and Policy*, 38, 12-22. doi: 10.1016/j.infoecopol.2016.12.002
- Jeanjean, F., Lebourges, M. y Liang, J. (2019). The impact of license duration on tangible investments if mobile operators. *Telecommunications Policy*, 43, 101835. doi: 10.1016/j.telpol.2019.101835
- Kang, F., Hauge, J. A. y Lu, T.-J. (2012). Competition and mobile network investment in China's telecommunications industry. *Telecommunications Policy*, 36, 901-913. doi: 10.1016/j.telpol.2012.02.003
- Kim, J., Kim, Y., Gaston, N., Lestage, R., Kim, Y. y Flacher, D. (2011). Access regulation and infrastructure investment in the mobile telecommunications industry. *Telecommunications Policy*, 35, 907-919. doi: 10.1016/j.telpol.2011.08.004
- Kwon, Y., Lee, J. y Oh, Y. (2010). Economic and policy implications of spectrum license fee payment methods. *Telecommunications Policy*, 34, 175-184. doi:10.1016/j.telpol.2009.09.002
- Lestage, R., Flacher, D., Kim, Y., Kim, J. y Kim, Y. (2013). Competition and investment in telecommunications: Does competition have the same impact on investment by private and state-owned firms? *Information Economics and Policy*, 25, 41-50. doi:10.1016
- Luiz, J. M. y Stephan, H. (2012). The multinationalisation of South African telecommunications firms into Africa. *Telecommunications Policy*, 36, 621-635. doi: 10.1016/j.telpol.2012.04.010.
- Lutitsky, I. D., Jurjević, D., y Ivić, M. (2011). Next Generation Access and Investment Issues. SoftCOM 2011, 19th *International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks*, 1-7.

- Manenti, F. M., y Scialà, A. (2013). Access regulation, entry and investments. *Telecommunications Policy*, 37, 450-468. doi:10.1016/j.telpol.2012.11.002.
- Marsden, R., Ihle, H.-M. y Traber, P. (2017). *Effective Spectrum Pricing in Latin America: Policies to support better quality and more affordable mobile services*. Londres: GSMA.
- Moshi, G. C. y Mwakatumbula, H. J. (2017). Effects of political stability and sector regulations on investments in African mobile markets. *Telecommunications Policy*, 41, 651-661. doi: 10.1016/j.telpol.2017.07.005.
- Park M., Lee S.W. y Choi Y.J. (2011). Does spectrum auctioning harm consumers? Lessons from 3G licensing. *Information Economics and Policy*, 23, 118-126.
- Schumpeter, J. (1942). *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Harper&Row.
- Stühmeier, T. (2012). Roaming and investments in the mobile internet. *Telecommunications policy*, 36, 595-607. doi:10.1016/j.telpol.2012.03.006.
- Vives, X. (2008). Innovation and competitive pressure. *The Journal of Industrial Economics*, 56, 419-469. doi: 10.1111/j.1467-6451.2008.00356.x.
- Zhang, Y., Jiang, C., Song, L., Saad, W., Dawy, Z. y Han, Z. (2016). Complementary Investment of Infrastructure and Service Providers in Wireless Network Virtualization. 2016 *IEEE Global Communications Conference*, 1-6. doi:10.1109/GLOCOM.2016.7841675

Anexo

El Cuadro A.1 muestra las pruebas estadísticas. De acuerdo con las pruebas estadísticas se estima un modelo con efectos fijos y efectos temporales. Los resultados muestran que, para los cinco modelos se descarta la utilización de efectos aleatorios por obtener valores p (o p-value) mayores a 10%. Se utilizan efectos fijos puesto que el valor de la prueba F estadística es menor a 5% en todos los modelos y demuestra que el efecto específico individual está correlacionado con las variables independientes. Para poder decidir si es conveniente utilizar efectos fijos o aleatorios (aunque estos últimos hayan sido descartados), se utilizó el estadístico de Hausman que indica que los efectos fijos deben ser utilizados ya que el valor p en los cinco modelos es menor al 5% a excepción del modelo (5) cuyo valor es menor al 10%.

Cuadro A.1. Pruebas estadísticas de los modelos lineales

Variable dependiente	Inversión (lnCapex)					
	Pruebas estadísticas	Modelo (1)	Modelo (2)	Modelo (3)	Modelo (4)	Modelo (5)
Prueba de Breusch-Pagan (Multiplicador para efectos aleatorios)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P-value		(1.0000)	(1.0000)	(1.0000)	(1.0000)	(1.0000)
Prueba F estadística para Efectos fijos		13.47	5.30	11.79	11.79	7.29
P-value		(0.0000)	(0.0097)	(0.0003)	(0.0003)	(0.0023)
Prueba de Hausman (efectos fijos vs efectos aleatorios)		28.33	8.60	12.65	12.65	14.83
P-value		(0.0002)	(0.0135)	(0.0055)	(0.0055)	(0.0625)
Prueba de efectos individuales (Wald F estadístico)		11.79	11.79	11.79	11.79	11.79
P-value		(0.0003)	(0.0003)	(0.0003)	(0.0003)	(0.0003)
Prueba de efectos temporales (Wald F estadístico)		18.34	20.26	13.09	14.05	18.43
P-value		(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
Prueba de Wooldridge (Autocorrelación)		6.978	9.889	3.376	6.199	5.364
P-value		(0.1184)	(0.088)	(0.2075)	(0.1305)	(0.1465)
Prueba modificada de Wald (Heteroscedasticidad)		2.57	2.650	8.61	8.61	6.89
P-value		(0.4636)	(0.4486)	(0.0350)	(0.0350)	(0.0756)
Prueba de Breusch-Pagan (LM de correlación)		22.352	22.305	15.628	15.628	15.085
P-value		(0.0001)	(0.0001)	(0.0014)	(0.0014)	(0.0017)
Diagnóstico de multicolinealidad (Media FIV)		2.61	4.57	6.23	3.35	3.62
Valores Eigen e índice de condición		(0.0722)	(0.0014)	(0.0009)	(0.0145)	(0.0053)

Fuente: Elaboración propia.

La utilización de efectos temporales e individuales se prueba mediante el estadístico de Wald el cual captura los resultados de un valor p menor al 5% en los cinco modelos. Por su parte, no se presentan problemas de autocorrelación entre las variables independientes y el término de error, por lo que el estadístico de Wooldridge arroja valores p mayores al 5%. Sin embargo, en los modelos (3), (4) y (5), se presentan problemas de heteroscedasticidad y correlación contemporánea, mientras que en el modelo (1) y (2) solo existen problemas de la segunda. Para solucionar esto, se utilizó el modelo de Errores Estándar Corregidos para Panel (PCSE, por sus siglas en inglés) obteniendo los resultados del Cuadro 5.

Por otra parte, el Cuadro A.2 muestra las pruebas realizadas para los modelos que incluyen el IHH y su término cuadrático. El estadístico de Wooldridge arroja valores p menores al 5% en los modelos (6), (7)

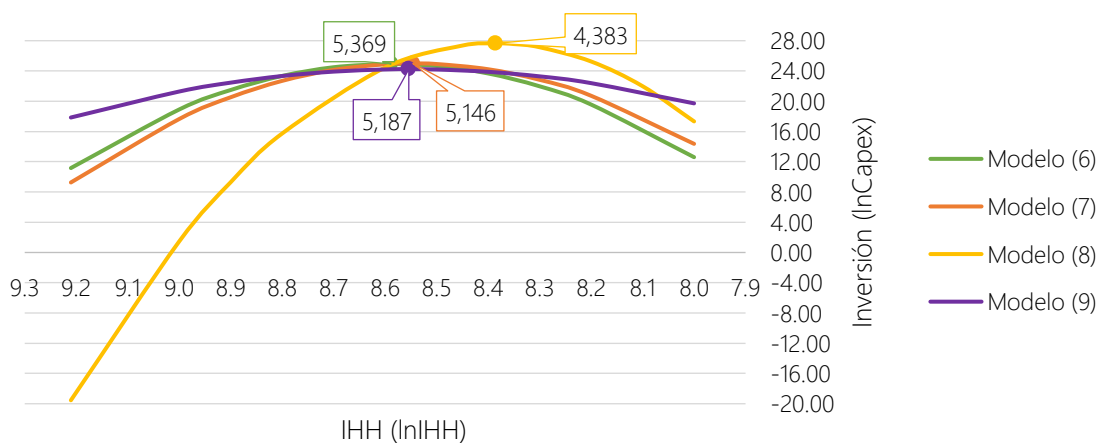
y (9), lo que indica que se presentan problemas de autocorrelación entre las variables independientes y el término de error. Adicionalmente, estos modelos y el modelo (8) presentan problemas de correlación contemporánea. Para solucionar esto, los modelos (6), (7) y (9) fueron estimados utilizando mínimos cuadrados generalizados y el modelo (8) se utilizó el modelo de Errores Estándar Corregidos para Panel (PCSE, por sus siglas en inglés) obteniendo los resultados del Cuadro 6.

Cuadro A.2. Pruebas estadísticas de los modelos lineales

Variable dependiente	Inversión (lnCapex)			
	Modelo (6)	Modelo (7)	Modelo (8)	Modelo (9)
Pruebas estadísticas				
Prueba de Breusch-Pagan (Multiplicador para efectos aleatorios)	0.00	0.00	0.00	0.00
P-value	(1.0000)	(1.0000)	(1.0000)	(1.0000)
Prueba F estadística para Efectos fijos	4.02	3.96	4.21	4.89
P-value	(0.0267)	(0.0286)	(0.0235)	(0.0136)
Prueba de Hausman (efectos fijos vs efectos aleatorios)	6.92	6.79	7.12	8.04
P-value	(0.0315)	(0.0335)	(0.0285)	(0.0179)
Prueba de efectos individuales (Wald F estadístico)	11.79	11.79	11.79	11.79
P-value	(0.0003)	(0.0003)	(0.0003)	(0.0003)
Prueba de efectos temporales (Wald F estadístico)	14.05	15.28	10.34	13.42
P-value	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
Prueba de Wooldridge (Autocorrelación)	28.994	22.794	7.674	91.614
P-value	(0.0328)	(0.0412)	(0.1093)	(0.0107)
Prueba modificada de Wald (Heteroscedasticidad)	0.13	0.130	0.77	0.41
P-value	(0.9882)	(0.9879)	(0.8565)	(0.9373)
Prueba de Breusch-Pagan (LM de correlación)	27.304	26.642	24.197	24.135
P-value	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
Diagnóstico de multicolinealidad (Media FIV)	3.97	4.67	6.95	3.83
Valores Eigen e índice de condición	0.0091	0.0013	0.0001	0.0043

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica A.1. Efecto no lineal del logaritmo natural del IHH en la inversión



Fuente: Elaboración propia a partir de las estimaciones realizadas.