

# ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO DE NUEVA GENERACIÓN EN EL MERCADO DE BANDA ANCHA Y LA POLÍTICA DE DIVISIÓN DE MERCADO GEOGRÁFICO

## Trabajo Final de Máster

Máster en Economía, Regulación y Competencia de los Servicios Públicos  
Universidad de Barcelona

## Fecha:

07/09/2021

## Autora del Trabajo:

- Siralí Elisa Mendoza Mimbela

## Directora del Trabajo:

- Dra. Laia Domènech Campmajó

**Máster ERCSP**

Máster Universitario en  
Economía, Regulación  
y Competencia en los  
Servicios Públicos



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

## ÍNDICE

Resumen .....	3
1.- Introducción.....	4
2.- Revisión de la literatura y antecedentes .....	4
2.1. Tecnologías de acceso y Evolución del Mercado de Banda Ancha Fija .....	4
2.2. Marco normativo aplicado al mercado de banda ancha fija .....	7
2.3. Política de división geográfica del mercado aplicada en España .....	9
3. Datos y Métodos.....	12
3.1. Base de datos.....	12
3.2. Aproximación empírica .....	18
4.- Resultados .....	19
5. Conclusiones .....	23
6. Bibliografía.....	24

## Resumen

La presente investigación analiza el despliegue de las tecnologías de banda ancha HFC y FTTH en las 52 provincias de España, con el objetivo de identificar las variables que explican el despliegue de estas tecnologías. En primer lugar, se procede a realizar el grado de concentración del mercado por cada provincia española con el Índice de Herfindahl e Hirschman. En una segunda etapa, con datos de panel se aplica el modelo de regresión de con efectos aleatorios, evaluando las variables independientes que expliquen la correlación con el despliegue de banda ancha para cada tecnología (HFC y FTTH), se incorporan variables instrumentales para solucionar el problema de endogeneidad de la variable independiente de Producto Bruto Interno per cápita (PIB) en la regresión lineal.

**Palabras clave:** Fibra óptica; Fibra Óptica Hasta el Hogar (FTTH); Híbrido de Fibra Coaxial (HCT); banda ancha; división de mercado geográfico; Test de Hausman; Índice de Herfindahl e Hirschman; variables instrumentales.

## Summary

This research analyzes the deployment of HFC and FTTH broadband technologies in the 52 provinces of Spain, with the aim of identifying the variables that explain the deployment of these technologies. First, the degree of market concentration for each Spanish province is carried out with the Herfindahl and Hirschman Index. In a second stage, with panel data, the regression model with random effects is applied, evaluating the independent variables that explain the correlation with the deployment of broadband for each technology (HFC and FTTH), instrumental variables are incorporated to solve the problem. Endogeneity problem of the independent variable of Gross Domestic Product per capita (GDP) in the linear regression.

**Keywords:** Optical fiber; broadband; Fiber To The Home (FTTH); Hybrid Fiber-Coaxial (HCT); geographic market division; Hausman test; Herfindahl and Hirschman index; instrumental variables.

## Agradecimientos

Extiendo mi agradecimiento a la Prof. Dra. Laia Doménech Campmajó que con su guía y expertiz en el sector de telecomunicaciones, hizo posible la concretización de la presente investigación y al Director del Máster Prof. Joan-Ramón Borrel por inculcar el ánimo de investigación en políticas de competencia y por la coordinación del programa de Máster.

A mis padres les extiendo mi gratitud, por creer en mí y haberme dado su apoyo en mis metas académicas y profesionales. La responsabilidad de cualquier error u omisión que contenga la versión final del trabajo corresponde en exclusiva al autor/a del trabajo.

## **1.- Introducción**

El mercado de banda ancha en España evoluciona constantemente a través del tiempo, como todas aquellas actividades económicas y sociales que tienen que ver con el uso e intercambio de información. El número de servicios a través de las conexiones que actualmente se utiliza para conectar a Internet eleva el requerimiento de ancho de banda y aumenta la necesidad de mayores velocidades de conexión de los usuarios.

Como parte de la evolución de este mercado, los despliegues de red de fibra óptica desarrollados por Telefónica respecto al resto de los operadores marcan diferencias significativas, especialmente en las zonas donde no existe rentabilidad. En las zonas rentables existe competencia, haciendo menor la diferencia en el despliegue, ya que llegan a compartir las infraestructuras instaladas.

En ese sentido, es necesario analizar las decisiones de inversión tomadas por los operadores a través de la evolución del mercado en el tiempo y en los primeros años de despliegue de la banda ancha hasta la actualidad, así como la aplicación de las políticas públicas en este mercado, dado que estas decisiones incidieron decisivamente en la rentabilidad y el fomento de la competencia.

La hipótesis de la presente investigación es que el marco regulatorio diseñado para el despliegue de plataformas de cable podría haber sesgado las decisiones tomadas por los operadores con respecto a las áreas geográficas en las que deberían concentrar sus inversiones. Por ello, el objetivo principal es establecer la correlación que existe entre diversas variables y el despliegue de plataformas de cable coaxial (HFC) y fibra óptica (FTTH), a fin de determinar si estas podrían haber influido en las decisiones tomadas por los operadores con respecto a las áreas geográficas en las que deberían concentrar sus inversiones. Asimismo, analizar si ello significa una falla regulatoria que impide el despliegue óptimo de las plataformas de banda ancha en el mercado español.

## **2.- Revisión de la literatura y antecedentes**

### **2.1. Tecnologías de acceso y Evolución del Mercado de Banda Ancha Fija**

La tecnología que permite ofrecer servicios de banda ancha engloba los siguientes accesos: (i) fija: sobre pares de cobre (ADSL y VDSL), las de cable, con soluciones híbridas de fibra y coaxial (HFC); las de fibra óptica hasta el hogar (FTTH); (ii) las inalámbricas o radioeléctricas basadas en WiMAX; y (iii) las redes móviles 3,5G (UMTS con HSPA), 4G (LTE) y la nueva generación de redes móviles ultrarrápidas 5G. Para la presente investigación nos centraremos en las tecnologías de acceso de banda ancha fija.

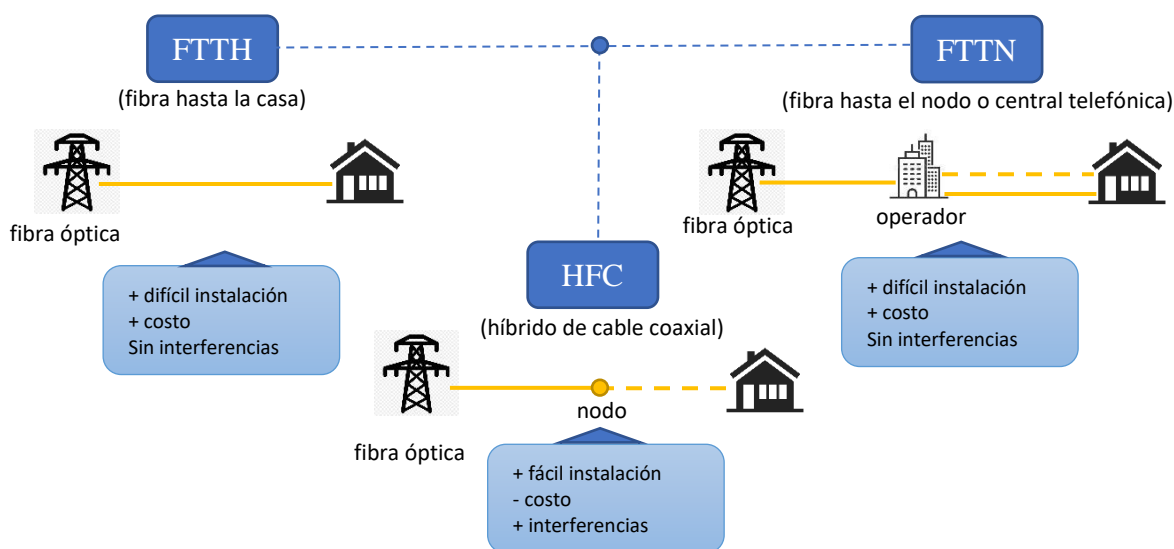
**Tabla N° 1: Descripción de los tipos de acceso a banda ancha fija**

Tipo de tecnología	Descripción
Cable o HFC	Se basan en cables coaxiales para proveer acceso a Internet. En España estas redes no están compuestas exclusivamente por cables coaxiales sino que también utilizan fibra óptica en sus tramos troncales, se conocen como redes híbridas de fibra óptica y cable (HFC).
Fibra óptica hasta el hogar (FTTH)	Estas tecnologías se basan exclusivamente en fibra óptica para ofrecer acceso a Internet. Son las redes más rápidas debido a la gran capacidad de la fibra óptica para transmitir datos y están sustituyendo paulatinamente a los accesos tradicionales basados en cables de cobre.

Fuente: Elaboración propia con información de la Página Web de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones e Infraestructuras Digitales del Ministerio de Asuntos Económicos e Inteligencia Artificial

El desarrollo de la arquitectura FTTH ha venido a sustituir a las arquitecturas de acceso de banda ancha mediante pares de cobre o mediante cable coaxial (HFC) que sustentaban la prestación de servicios de acceso a la red. El acceso HFC adolece de problemas de ancho de banda, cuando la exigencia de los servicios se incrementa, por problemas de longitud del bucle de cobre o del bucle coaxial, por deficiencias en la instalación, por envejecimiento de los materiales o por interferencias.

**Gráfico N° 1: Diagrama de las redes de acceso a banda ancha HFC y FTTH**



Fuente: Elaboración propia en base a artículo “FTTH, FTTN, HFC: los apellidos de la banda ancha”. <https://lpsingenieria.com/fibra-optica-definicion-y-tipos/>

El ancho de banda que es posible suministrar con las soluciones de pares o coaxial (HFC) está limitado, mientras que con la solución FTTH puede llegar a sobrepasar cualquier

necesidad que pueda precisarse, evidenciando las diferencias respecto a la velocidad y el tipo de red de acceso.

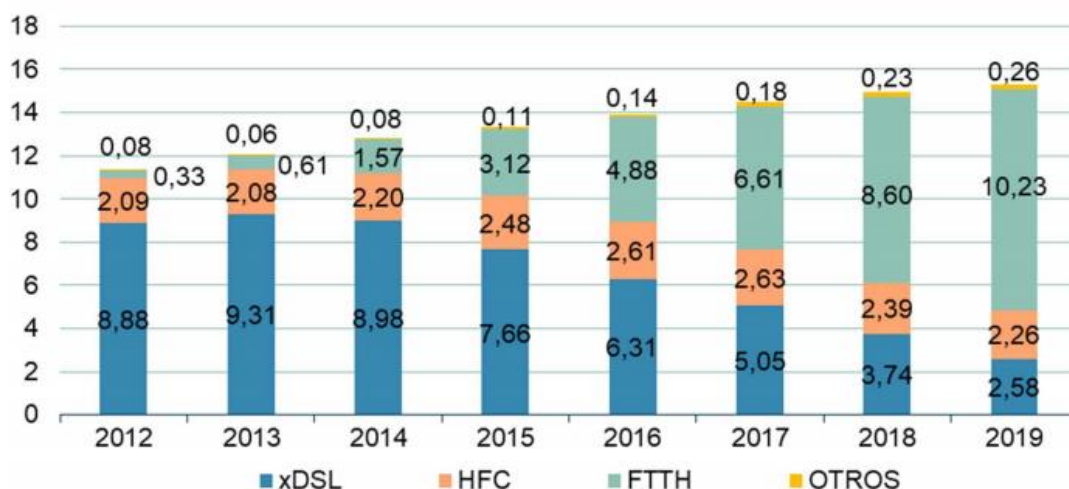
**Tabla N° 2: Diferencias entre tipo de red de acceso a banda ancha**

Tipo de acceso	Velocidad	Tipo de red
Acceso de banda ancha estándar (BA)	hasta 30 Mbps	- HFC con estándares DOCSIS 1.0 y 2.0 - Pares de cobre con soluciones XDSL
Accesos de banda ancha rápida y ultrarápida (BAU)	por encima de los 30 Mbps y hasta los 300 Mbps	- HFC con estándar DOCSIS 3.0 - Red de acceso FTTH

Fuente: Elaboración propia en base a información contenida en la Tesis Doctoral “la regulación de las redes de nueva generación (NGN) en España: efectos en el despliegue de nuevas infraestructuras de fibra óptica hasta el hogar (FTTH) y en el número de accesos minoristas de banda ancha” (2017).

Del 2012 al 2018 se evidencia un ligero descenso en los accesos HFC motivado por la migración a accesos FTTH. El avance en el despliegue de accesos FTTH, por parte de Movistar y de los operadores alternativos, se tradujo en un descenso de los accesos activos xDSL, que se contrarrestó con el aumento de la contratación de accesos de banda ancha FTTH. Además, en el 2019 el volumen de accesos FTTH activos superó ampliamente el 50% del total de la banda ancha. (Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, 2018)

**Gráfico N° 2: Evolución de las líneas de banda ancha por tecnología (millones)**

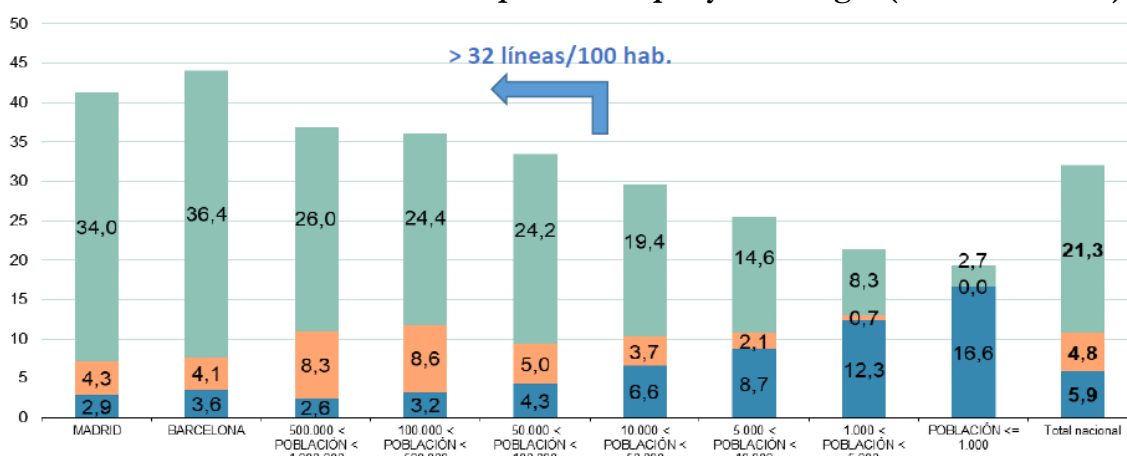


Fuente: CNMC Data. Datos estadísticos trimestrales.

La tecnología "ADSL" que provee acceso a Internet de banda ancha a través de la red telefónica tradicional tiene límites en cuanto a la velocidad y distancia de cobertura y es sustituida progresivamente por las NGA; por ello, este tipo de tecnología no fue considerada en la investigación.

El análisis geográfico de este mercado muestra que los operadores ampliaron la cobertura de las Redes de NGA basadas en el FTTH y estos se concentran en los municipios de mayor tamaño de población, destacando Barcelona y Madrid con 36,4 y 34 líneas FTTH por cada 100 habitantes, respectivamente. En diciembre de 2019, los municipios con población superior a 50 mil habitantes tenían una penetración superior a la media nacional (32 líneas/100 habitantes).

**Gráfico 3: Penetración de accesos por municipio y tecnología (líneas/100 hab.)**



Fuente: CNMC Data.

## 2.2. Marco normativo aplicado al mercado de banda ancha fija

- **Primera Ley de Telecomunicaciones en España (1995)**

A principios de la década de los noventa se diseñó el marco normativo que determinaría el despliegue de las redes de cable en España. La Ley 42/1995 de 22 de diciembre, Ley de Telecomunicaciones por Cable, dividió el mercado nacional en 43 zonas geográficas y estableció un máximo de dos operadores de cable para cada zona. La primera concesión se otorgó a Telefónica de España (antiguo monopolio público), quien tuvo ventaja en sus estrategias y ofreció un servicio de banda a través de plataformas xDSL. En el caso de la segunda concesión, la ley estipulaba que se otorgarían mediante licitación pública y fue otorgado a 29 operadores diferentes.

- **Recomendaciones de la Comisión Europea sobre regulación ex ante (2002)**

La normativa nacional que determinó la expansión de las redes de cables en España no se integró en una política regulatoria coordinada a nivel de la Comunidad Europea. Hasta el 2002, cuando pasaron a ser regulados por el marco comunitario a partir de en el campo de las Comunicaciones Electrónicas. (conocido como Telecompagaje). La Recomendación de 17 de diciembre de 2007, de acuerdo con la Directiva 2002/21/EC, establece la disponibilidad de acceso mayorista a la infraestructura de red en una ubicación fija, la cual puede estar sujeta a regulación ex ante.

- **Despliegue de fibra óptica y regulación de la CMT (2009)**

El despliegue de redes de fibra óptica comenzó más de una década después del nacimiento de las redes de cable en España. En el 2009 la regulación emitida por la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones - CMT era aplicable a la tecnología ADSL hasta la velocidad de 30 megas, cabe precisar que la penetración de redes de alta velocidad era casi inexistente. Para este tipo de tecnología, la CMT dictaminó que el mercado geográfico comprendería una sola zona que abarcaría todo el territorio nacional. Adicionalmente, Telefónica de España fue identificada como un operador con un poder de mercado significativo (SMP) y, como tal la CMT le impuso como obligación proporcionar acceso a su red legada (red ADSL) a otros operadores a precios orientados a costes.

- **Recomendación de la Comisión Europea (2014)**

Con fecha 9 de octubre de 2014, la Comisión Europea adoptó la Recomendación N° DOUE L295/79 sobre los mercados pertinentes de productos y servicios del sector de las comunicaciones electrónicas susceptibles de regulación ex ante. Entre los mercados que, de acuerdo con la citada Recomendación, se consideran a priori susceptibles de regulación ex ante, se encuentra el mercado de acceso local al por mayor facilitado en una ubicación fija (mercado 3 a), el mercado de acceso central al por mayor facilitado en una ubicación fija para productos del mercado de masas (mercado 3 b) y el mercado de acceso de alta calidad al por mayor facilitado en una ubicación fija (mercado 4). La Comisión Europea recomendó que las Autoridades Nacionales Reguladoras (ANR) pueden determinar el alcance geográfico de los mercados de telecomunicaciones sean transnacionales, nacionales, regionales o locales.

- **Regulación de la CNMC (2016)**

El 24 de febrero de 2016, la CNMC aprobó la Resolución N° ANME/DTSA/2154/14/MERCADOS 3a 3b 4 por la cual se aprueba la definición y el análisis del mercado de acceso local al por mayor facilitado en una ubicación fija en España y los mercados residencial y empresarial de acceso de banda ancha al por mayor en España, la designación de operadores con poder significativo de mercado y la imposición de obligaciones específicas. La cual será tratada ampliamente en el acápite 2.3 de este informe.

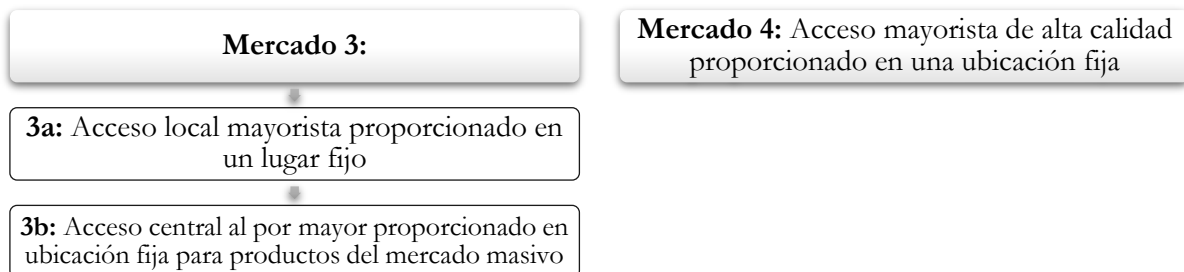
- **Recomendación de la Comisión Europea sobre mercados relevantes y división geográfica de mercado (2020)**

Con fecha 18 de diciembre de 2020, la Comisión Europea adoptó la Recomendación N° DOUE L439/23 relativa a los mercados pertinentes de productos y servicios dentro del



sector de las comunicaciones electrónicas susceptibles de regulación ex ante. Entre los mercados que, de acuerdo con la citada Recomendación, se consideran a priori susceptibles de regulación ex ante, de acuerdo con el siguiente detalle:

**Gráfico N° 4: Recomendación de mercados susceptibles de regulación ex ante**



Fuente: Elaboración propia a partir de Recomendación N° DOUE L439/23.

Para que dicho mercado pueda ser objeto de regulación ex ante, será preciso verificar el cumplimiento de tres criterios acumulativos: (i) la presencia de barreras a la entrada importantes y no transitorias, (ii) una estructura del mercado que no tiende hacia una competencia efectiva dentro del horizonte temporal pertinente, y (iii) la legislación en materia de competencia por sí sola resulta insuficiente para abordar adecuadamente las deficiencias detectadas. Como resultado, quince miembros de los estados miembros de la UE ya tenían alguna forma de segmentación geográfica en los mercados 3 (a), 3 (b) o 4, a nivel de definición de mercado, remedio o ambos.

**Tabla N° 3: Las ANR que aplican segmentación geográfica de mercados**

	Mercado 3 <sup>a</sup>	Mercado 3b	Mercado 4
<b>Segmentación geográfica de mercados</b>	Finlandia, Hungría, Italia, Polonia	Finlandia, Alemania, Hungría, Irlanda, Lituania, Polonia, Portugal, España	Austria, Croacia, Finlandia, Irlanda
<b>Segmentación geográfica como remedio</b>	Chipre, Bélgica, Dinamarca, España	Dinamarca, Francia	Francia
<b>Ambos</b>	Italia	Bélgica, Italia	Portugal

Fuente: Elaboración propia a partir de (European Commission, 2020)

El despliegue progresivo de fibra se desarrolla sólo en algunas partes del país, generando territorios heterogéneos en los Estados miembros; además, los criterios de las Agencias Reguladoras son distintos para medir la competencia, generando políticas heterogéneas

**2.3. Política de división geográfica del mercado aplicada en España**

Dada la evolución general del entorno competitivo, cabe abordar que nunca se manifestaron en primer plano las cuestiones territoriales, a pesar de que la brecha digital era uno de los objetivos clave en el proceso regulatorio. La componente geográfica fue

estudiada por la CNMC mediante análisis semestrales. Es en el estudio de junio de 2015, a la par que realiza la segunda fase regulatoria, se detecta lo siguiente:

- Todos los operadores están desplegando principalmente sus redes NGA (FTTH o HFC) en los núcleos de población de mayor interés por concentración o por renta per cápita.
- Los operadores entrantes desplegaron sus redes de transporte hasta las centrales locales y nodos intermedios del incumbente en lugares en los que se concentraba gran cantidad de pares de cobre.
- Los operadores siguen utilizando la solución de acceso indirecto en aquellos lugares en los que la concentración de usuarios no justifica suficientemente las inversiones.

Con ello, la CNMC establece criterios para caracterizar la geografía combinando las tres vías de prestación de servicio: la OBA, el acceso indirecto y las propias redes FTTH o HFC que despliegan los operadores alternativos. Además, fija la unidad territorial en las centrales locales del operador incumbente, lo que puede asimilarse a núcleos de población con una o varias de ellas según su tamaño.

**Tabla N° 4: Obligaciones según la zona geográfica**

<b>Tipo de mercado</b>	<b>Zona competitiva</b>	<b>Resto del territorio</b>
Mercado de acceso directo (mercado 3_a)	En 66 municipios existen un mínimo de 3 operadores desplegando simultáneamente redes de nueva generación. No habrá obligaciones regulatorias sobre la red de fibra óptica de Telefónica. Se mantiene el acceso regulado a la red de cobre: (i) acceso a la red de cobre de telefónica (ii) Acceso a la infraestructura de la obra civil	En el resto del territorio, Telefónica deberá tener una oferta mayorista de acceso virtual a su red de fibra óptica (NEBA local): (i) acceso a la red de cobre de telefónica (ii) Acceso a la infraestructura de la obra civil (iii) NEBA LOCAL: acceso virtual a la fibra óptica de Telefónica desde la cabecera central.
Mercado de acceso indirecto residencial (mercado 3_b)	Se amplió el alcance de la zona competitiva hasta 758 centrales, lo que equivale a más de 7 millones de líneas de banda ancha (el 58% del total de líneas en España).  En esta zona competitiva, se eliminarán todas las obligaciones	En la zona menos competitiva, que componen el resto de las centrales (más de 8.000), la CNMC mantiene la obligación de ofrecer un acceso mayorista indirecto sobre: (i) la red de cobre y

	de NEBA cobre y fibra (con límite de 30 Mbps) en un plazo de 6 meses	(ii) la red de fibra óptica de Telefónica, sin el límite de velocidad de 30 Mbps), excepto en las centrales pertenecientes a los 66 municipios.
Mercado de acceso indirecto empresarial (mercado 4)	Dado el menor nivel de competencia detectado en el segmento empresarial, la CNMC obliga a Telefónica a poner a disposición de los operadores alternativos una oferta mayorista de acceso indirecto sobre fibra y cobre para el sector empresarial (NEBA empresarial), que estará disponible en todo el territorio nacional.	

Fuente: Elaboración propia a partir de Informe Económico Sectorial de las Telecomunicaciones y Audiovisual 2018

- **Situación competitiva**

Desde la regulación vigente del 2016, el número de conexiones de fibra hasta el hogar (FTTH) en España ha pasado de 3,1 millones en 2015 a 10,4 millones en 2020, lo que representa un incremento del 230%. Es decir, si en 2015 las líneas de fibra FTTH representaban el 23% del mercado, actualmente son la tecnología predominante con cerca del 70% del total de conexiones de banda ancha.

La cobertura de esta tecnología supera el 80% de los hogares. Estas cifras sitúan a España como uno de los países líderes europeos tanto en cobertura como en penetración de las conexiones de fibra FTTH. Por otra parte, desde la última revisión se ha producido la entrada efectiva de un cuarto operador de ámbito nacional, Masmóvil, que se ha configurado como una alternativa a Telefónica, Orange y Vodafone a escala nacional. Así como Euskaltel, con el lanzamiento de su nueva marca Virgin, y Digi.

- **Nueva propuesta de división de mercado geográfico (2020)**

En noviembre de 2020, la CNMC propone ampliar la zona competitiva de 66 a 592 municipios, mientras que el resto de los municipios formarían parte de la zona no competitiva. Por ello, lanzó una consulta pública para la revisión de los mercados de banda ancha (Mercados 3a/3b).

La propuesta de la CNMC busca un equilibrio entre garantizar la competencia efectiva y promover la inversión en redes de nueva generación (NGA, que permiten disfrutar de conexiones de muy alta velocidad, fundamentalmente de fibra óptica). En el análisis y definición de estos mercados se plantean obligaciones diferenciadas en función del nivel de competencia que existe en las distintas zonas del territorio nacional.

### 3. Datos y Métodos

#### 3.1. Base de datos

La base de datos utilizada para estimar un modelo que determina el volumen de inversión desplegada para brindar el servicio de banda ancha a nivel provincial fue recopilada a partir de la siguiente información de acceso público:

- Los datos sobre el número de líneas de banda ancha para las tecnologías HFC y FTTH se utilizó la información oficial sistematizada por la CNMC y publicada en la página web de CNMC Data.
- Los datos sobre el número de habitantes por municipio, densidad de población, número de empresas por provincia, entre otros, fueron recopiladas de las estadísticas oficiales de acceso público del Instituto Nacional de Estadística (INE).

Los estudios previos realizados sobre las variables de la presente investigación son los siguientes:

**Tabla N° 5: Evidencia empírica de las variables dependientes e independientes**

Variable dependiente		
Variable	Evidencia empírica	Literatura
Infraestructura civil desplegada	La infraestructura civil desplegada por los operadores, medida como la aproximación al nivel de inversión	Briglauer et al. (2013); Friederiszicket al. (2008)
Variables independientes		
Variable	Evidencia empírica	Literatura
Densidad de la población	Existe una relación positiva y significativa entre la densidad de la población y la inversión total de plataformas de banda ancha.	Montolio y Trillas (2013); Chung (2006)
Tamaño del mercado	Tamaño del mercado afecta positivamente la inversión de plataformas de banda ancha.	Prieger (2003); Tang (2009)

Fuente: Elaboración propia.

Para la **variable dependiente** consistente en la infraestructura civil desplegada por los operadores (INFR) se construyó como el acceso (número de líneas) instalado para las tecnologías de cable y fibra óptica (HFC y FTTH), ubicados en cada una de las provincias españolas.

**Tabla N° 6: Construcción de variable dependiente**

Variable	Construcción de variable	Fuente
INFR_CABLE	Accesos instalados por los operadores de la tecnología de cable, ubicados en cada provincia española.	CNMC Data
INFR_FIBRA	Accesos instalados por los operadores de la tecnología de fibra óptica, ubicados en cada provincia española.	CNMC Data

Fuente: Elaboración propia.

Las **variables explicativas** utilizadas en el análisis son distintas para cada tecnología (HCF y FTTH), debido a que la tecnología HTC no se le aplicó la política regulatoria materia de análisis, se consideran atributos económicos y demográficos de las provincias; por el contrario, a la tecnología FTTH se aplicó la política regulatoria de división de mercado geográfico, por lo que adicionalmente a las variables independientes consideradas para la tecnología HFC, se evaluará la correlación que tiene con las variables de concentración de mercado (HHI) y los años de aplicación de la política regulatoria (Reg\_geo), de acuerdo con el siguiente detalle:

**Tabla N° 7: Construcción de variables independientes**

Variable	Construcción de variable	Fuente
P.I.B. (pib_per_capita)	Explica las áreas geográficas en las que los operadores de banda ancha concentran sus inversiones.	INE
Extensión Urbana (ext_urb)	La variable estima la población residente en municipios de más de 10.000 habitantes, en relación con toda la provincia.	INE
Dens-urb	La densidad de población es una variable explicativa importante en el nivel de inversión realizada por los operadores.	INE
Isla <sup>1</sup>	Es una variable ficticia que toma el valor 1 cuando la provincia está formada por una o más islas y 0 cuando la región está ubicada en tierra firme.	INE
City_medium	Contiene el número de ciudades de una provincia de tamaño intermedio (una población de entre 100.000 y 500.000 habitantes).	INE
City_large	Se refiere al número de ciudades de una provincia con más de 500.000 habitantes.	INE
Capital	Mide la población de la capital de cada provincia en relación con la población total de esa provincia.	INE
Desempleo	Porcentaje de la población activa total que está desempleada.	INE

<sup>1</sup> Si los operadores de banda ancha deciden proporcionar servicios de telecomunicaciones en una isla, podrían incurrir en costos de implementación más altos que en el continente. En consecuencia, esperaríamos una relación negativa entre esta variable y el nivel de inversión en una provincia.

Large_Firms	Número de grandes empresas en relación con la población total	INE
HHI	El Índice de Herfindahl o Índice de Herfindahl e Hirschman (HHI) estima la concentración de mercado a partir de la cuota por líneas de banda ancha fija por operador, haciendo distinción para cada tecnología HFC y FTTH <sup>2</sup>	CNMC Data
Reg_geo	Variable ficticia que indica los años en que se aplicó la política regulatoria de división de mercado geográfico (2016} <sup>9</sup> . Si =1 Si=0 se aplicó la política de división de mercado geográfico y si=0 no se aplicó la política.	Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia.

Al respecto, cabe indicar que la **variable PIB** (pib\_per\_capita) podría ser endógena al nivel de inversión en plataformas de banda ancha, es decir, el ingreso per cápita por región podría verse significativamente influenciado por el nivel de inversiones en banda ancha realizadas. Para evitar este problema, se utiliza la tasa de desempleo (desempleo) y el número de grandes empresas en relación con la población total (large\_firms) como variables instrumentales en los datos de panel. Estas variables están altamente correlacionadas con la variable del PIB per cápita, pero mucho menos influenciadas por la banda ancha.

Sobre las **variables demográficas**, Los operadores deciden sus inversiones a una escala geográfica menor que la de la provincia. Esto se debe a que cada provincia puede contener un conjunto de municipios muy heterogéneos, incluso existe la definición de Entidad Singular de Población<sup>3</sup> que es más pequeña que un municipio. Por esta razón, recopilamos las características demográficas de cada provincia

Respecto a la **dimensión geográfica**, la dimensión a nivel municipal es relevante, por ello consideramos el número de grandes núcleos de población dentro de cada provincia. Los operadores de telecomunicaciones deben centrar sus inversiones iniciales en estas ciudades más grandes, con una alta densidad de población para crear economías de densidad, es decir, cuanto mayor sea la densidad de población, mayor será el ahorro de costos de implementación y mantenimiento para los operadores. Por lo tanto, se espera que los operadores elijan inicialmente las provincias con mayor densidad de población.

<sup>2</sup> El índice de Herfindahl (HHI) o índice de Herfindahl-Hirschman se define como la suma del cuadrado de las cuotas de mercado de las distintas empresas que operan en una industria. Un mercado es competitivo si el IHH es inferior a 1000, moderadamente competitivo si se encuentra entre 1000 y 1800, concentrado si está por encima de 1800.

<sup>3</sup> Entidad Singular de Población: Según los datos recopilados de los operadores titulares de redes de banda ancha, por la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones e Infraestructuras Digitales en relación con cada una de las 61.818 entidades singulares de población existentes en España y de la metodología desarrollada por la Secretaría, se obtuvo la cobertura conjunta proporcionada por todos los operadores en relación con cada plataforma tecnológica.

Sobre la **población urbana**, es más apta que la población total de la provincia porque los operadores de banda ancha inician la inversión solo en áreas por encima de un umbral mínimo de tamaño de población, más de 10.000 habitantes.

La **variable HHI** es el *Índice de Herfindahl (HHI)* o *Índice de Herfindahl-Hirschman* se calcula como la suma del cuadrado de las cuotas de mercado de las distintas empresas que operan en una industria y es una medida del nivel de concentración de mercado. Este índice es utilizado habitualmente por las autoridades de defensa de la competencia para determinar si el nivel de competencia en un mercado es adecuado o si, por el contrario, existe poder de monopolio por parte de las empresas que operan en ese mercado.

Finalmente, la **variable ficticia Reg\_geo** establece el valor de 1 y 0 si la política regulatoria de división geográfica de mercado establecida por la CNMC se encontraba vigente o no, respectivamente. Esto es, que el 24 de febrero de 2016 se emitió la Resolución N° ANME/DTSA/2154/14/MERCADOS 3a 3b 4 que aprueba la política de división de mercado geográfico. Es preciso indicar que si bien la Comisión Europea emitió la Recomendación en el 2014 sobre los mercados 3\_a, 3\_b y 4, en España la citada normativa fue emitida en el año 2016, por lo que esta consideración está incorporada en la variable dummy.

Si los operadores españoles han diseñado sus planes de inversión basándose únicamente en criterios económicos, en el modelo econométrico todas estas variables deberían tener un impacto significativo y positivo en la inversión. Las Tablas N° 12 y 13 contienen la matriz de correlaciones para las variables utilizadas en las estimaciones de cable y fibra óptica. Se realizó la prueba de multicolinealidad resultando que la correlación entre las variables no es alta para ningún par de variables consideradas, por lo que se elimina la posibilidad de multicolinealidad.

**Tabla N° 8: Estadísticos descriptivos del modelo de inversión para plataformas HFC**

Variable	Descripción	Obs	Mean	Std. Dev.	Minimum	Maximum
inf_hfc	Número de líneas instalados conectados por tecnología de cable (HFC)	676	336535.6	915191	0	8776551
pib_per_cap	PIB per cápita en euros corrientes	676	22 063.29	4 660.746	14 568	37 761
ext_urb	Superficie total ocupada por la población urbana (km2)	676	6 146.478	3 148.306	12	14 331.53
dens_urb	Porcentaje de población residente en municipios de más de 10.000 habitantes	676	308.9033	1 067.604	3.36	7 207.25
isla	Variable ficticia igual a 1 si la región está formada por islas	676	0.0576923	0.2333333	0	1
city_medium	Número de ciudades de tamaño intermedio ubicadas en la región	676	1.078402	1.503007	0	9
city_large	Número de ciudades de gran tamaño ubicadas en la región	676	0.1153846	0.3197221	0	1
Capital	Participación de la población de la capital en su número total de habitantes	676	0.3422107	0.1872995	0.0846335	1
desempleo	Porcentaje de la población activa total que está desempleada	676	0.3237611	0.1335404	0.0503445	0.7301635
large_firms	Número de grandes empresas en relación con la población total	676	0.2562286	0.1585888	0.0422537	1.362865

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 9: Estadísticos descriptivos del modelo de inversión para plataformas FTTH**

Variable	Descripción	Obs	Mean	Std. Dev.	Minimum	Maximum
inf_ftth	Número de líneas instalados conectados por tecnología de fibra óptica (FTTH)	676	336535.6	915191	0	8776551
pib_per_cap	PIB per cápita en euros corrientes	676	22 063.29	4 660.746	14 568	37 761
ext_urb	Superficie total ocupada por la población urbana (km2)	676	6 146.478	3 148.306	12	14 331.53
dens_urb	Porcentaje de población residente en municipios de más de 10.000 habitantes	676	308.9033	1 067.604	3.36	7 207.25
isla	Variable ficticia igual a 1 si la región está formada por islas	676	0.0576923	0.2333333	0	1
city_medium	Número de ciudades de tamaño intermedio ubicadas en la región	676	1.078402	1.503007	0	9
city_large	Número de ciudades de gran tamaño ubicadas en la región	676	0.1153846	0.3197221	0	1
Capital	Participación de la población de la capital en su número total de habitantes	676	0.3422107	0.1872995	0.0846335	1
desempleo	Porcentaje de la población activa total que está desempleada	676	0.3237611	0.1335404	0.0503445	0.7301635
large_firms	Número de grandes empresas en relación con la población total	676	0.2562286	0.1585888	0.0422537	1.362865
HHI	<i>Índice de Herfindahl-Hirschman</i> mide nivel de concentración de mercado.	260	3297.24	668.9813	2177.532	6363.105
reg_geo	Establece el valor de 1 y 0 si la política regulatoria de división geográfica de mercado se encontraba vigente o no	676	0.3076923	0.4618802	0	1

Fuente: Elaboración propia



**Tabla N° 10: Matriz de Correlación del modelo de inversión para plataformas HFC**

Variable	inf_hfc	pi_b_per_cap	ext_urb	dens_urb	isla	city_medium	city_large	capital	desempleo	large_firms
inf_hfc	1.0000									
pi_b_per_cap	0.3075	1.0000								
ext_urb	0.1202	-0.2506	1.0000							
dens_urb	0.0118	-0.0947	-0.3921	1.0000						
isla	-0.0182	-0.0181	-0.1974	-0.0180	1.0000					
city_medium	0.6293	0.3029	0.0774	-0.0192	0.0885	1.0000				
city_large	0.5224	0.1541	0.3429	0.0047	-0.0894	0.4189	1.0000			
capital	-0.0065	0.1837	-0.2510	0.6747	-0.0462	-0.0724	0.1478	1.0000		
desempleo	-0.0696	-0.6725	0.1932	0.1814	0.0602	-0.0364	-0.0177	-0.0534	1.0000	
large_firms	-0.0227	-0.0793	0.0411	-0.2416	-0.0034	0.0577	-0.1212	-0.6487	-0.0398	1.0000

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 11: Matriz de correlación del modelo de inversión para plataformas de fibra óptica FTTH**

Variable	inf_ftth	pi_b_per_cap	ext_urb	dens_urb	isla	city_medium	city_large	capital	desempleo	large_firms	HHI	reg_geo
inf_ftth	1.0000											
pi_b_per_cap	0.3454	1.0000										
ext_urb	0.1634	-0.2397	1.0000									
dens_urb	0.0123	-0.1215	-0.3954	1.0000								
isla	-0.0197	-0.0340	-0.1989	-0.0190	1.0000							
city_medium	0.8500	0.3351	0.0655	-0.0237	0.0959	1.0000						
city_large	0.7073	0.1545	0.3459	0.0020	-0.0894	0.4206	1.0000					
capital	-0.0174	0.1612	-0.2565	0.6717	-0.0538	-0.0833	0.1386	1.0000				
desempleo	-0.1808	-0.7763	0.2203	0.2512	0.0353	-0.0616	-0.0502	-	1.0000			
large_firms	0.0144	-0.0864	0.0146	-0.2635	0.0071	0.0639	-0.1496	-	0.0764	1.0000		
HHI	-0.1986	-0.0749	-0.3935	0.3236	0.3036	-0.1826	-0.1703	0.2173	0.0085	-0.0994	1.0000	
reg_geo	0.1139	0.1520	0.0035	0.0009	-0.0000	0.0026	0.0000	0.0041	-0.3193	0.0182	-0.0283	1.0000

Fuente: Elaboración propia

### 3.2. Aproximación empírica

La metodología seleccionada ha sido una regresión de datos de panel de mínimos cuadrados ordinarios en dos etapas (2SLS/IV). Considerando que se cuenta con una base de datos mixta de serie temporal (2007 al 2019) y corte transversal (52 provincias de España) y las variables explicativas anteriormente descritas.

Se estiman dos modelos diferentes de inversión donde se utilizaron distintas variables explicativas, considerando distintos períodos de tiempo: 2007-2011 en el caso de las plataformas de cable (HFC) y 2011-2019 en el de las plataformas de fibra (FTTH). Siguiendo el objetivo de analizar la distribución geográfica de las plataformas de banda ancha (cable y fibra óptica) que realizan los operadores desde el inicio de sus actividades, por lo que el modelo de inversión para cada una corresponde a un período de tiempo diferente y tienen distintas variables explicativas que intentan establecer la correlación a la aplicación de la política regulatoria por tipo de tecnología. Algunas variables se expresan en logaritmos para que los coeficientes se puedan interpretar como elasticidades.

#### Ecuación para el modelo de inversión HFC:

$$\text{Infr} = \text{constante} + \beta_1 \text{PIB} + \beta_2 \text{EXT\_URB} + \beta_3 \text{DENS\_URB} + \beta_4 \text{ISLA} + \beta_5 \text{CITY\_MEDIUM} + \beta_6 \text{CITY\_LARGE} + \beta_7 \text{CAPITAL} + \epsilon$$

#### Ecuación para el modelo de inversión FTTH:

$$\text{Infr} = \text{constante} + \beta_1 \text{PIB} + \beta_2 \text{EXT\_URB} + \beta_3 \text{DENS\_URB} + \beta_4 \text{CITY\_MEDIUM} + \beta_5 \text{ISLA} + \beta_6 \text{CITY\_LARGE} + \beta_7 \text{CAPITAL} + \beta_8 \text{HHI} + \beta_9 \text{REG\_GEO} + \epsilon$$

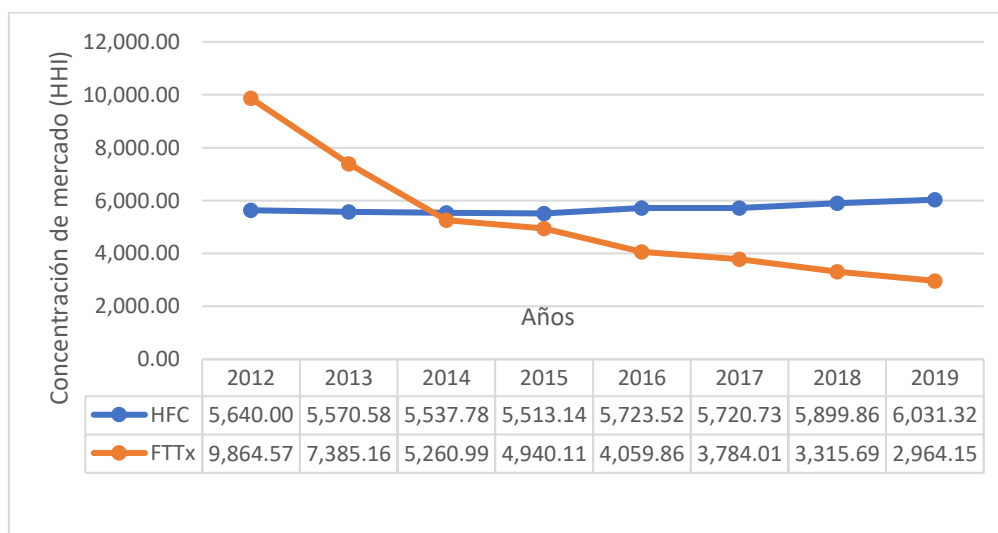
No corresponde aplicar la regresión por efectos fijos, ya que esto significaría centrarnos en las variaciones de nuestros datos, mientras que el enfoque de nuestro análisis está en las diferencias en la inversión de banda ancha entre las provincias. Además, la variable de tiempo es limitada: para la tecnología de HFC se tomaron los años del 2007 al 2011 y para la tecnología de FTTH se tomaron los años del 2011 al 2019. En un modelo de efectos fijos, esto daría lugar a una menor confiabilidad del resultado obtenido de las estimaciones.

Asimismo, cabe precisar que no se aplica el modelo SURE debido a que cada ecuación que tiene distintas variables dependientes e independientes, cada una intenta explicar el modelo de inversión para cada tecnología, con temporalidad diferente para cada tecnología: del 2007 al 2011 para el modelo de inversión de cable HFC donde no se aplicó regulación, y del 2011 al 2019 para el modelo de inversión de FTTH donde se aplicó la política regulatoria de división geográfica de mercado. Por lo que no se requiere interrelacionar ambas fórmulas, sino realizar un análisis independiente.

## Índice de Herfindahl e Hirschman

Para estimar la concentración de mercado en base al despliegue de las plataformas de banda ancha, se calcula el Índice de Herfindahl o Índice de Herfindahl e Hirschman (HHI) para informar sobre la concentración económica del mercado, aplicados por Junqueira y De Lima (2002) y Clarke (1993), es un indicador frecuentemente empleado por gobernantes o autoridades responsables de mantener y proteger mercados de competencia. Este se calcula a partir de la cuota por líneas de banda ancha fija por operador, considerando a los operadores Movistar, Orange, Vodafone, Grupo MASMOVIL, Euskatel, Adamo, Digi, RCable, Jazztel, Ono y otros para cada provincia, del 2015 al 2019, incluyendo la oferta para todo el territorio nacional, haciendo distinción entre ambas tecnologías estudiadas HFC y FTTH. La fuente tomada para el cálculo de este índice fue la información publicada por CNMC Data para el periodo de 2015 al 2019.

**Gráfico N° 5: Cálculo de HHI a nivel nacional por tipo de tecnología**



Fuente: Elaboración propia en base a información de CNMC Data

La forma mediante la cual se calcula este índice es sumando los cuadrados de las cuotas de mercado de las empresas identificadas. Cuanto mayor sea el índice, mayor nivel de concentración encontraremos y mayor poder de mercado de las empresas operantes. Se advierte que para la plataforma HFC la concentración de mercado tiene un ligero aumento; por otro lado, para la plataforma FTTH se advierte una disminución de la concentración de mercado, lo que podría deberse a la entrada al mercado de los operadores señalados líneas arriba.

## 4.- Resultados

El modelo utilizado ha sido una regresión de datos de panel de mínimos cuadrados ordinarios en dos etapas (2SLS/IV) para cada tecnología. Se incluyen 2 periodos para cada tipo de tecnología, que van del año 2007 al 2011 para la tecnología de HFC y del

año 2011 al 2019 para la tecnología FTTH. Se utilizan 52 datos de corte transversal que hacen referencia a las 52 provincias y las variables explicativas anteriormente descritas.

A partir de esta especificación econométrica, estimamos cuatro modelos diferentes para cada plataforma de banda ancha analizada (cable y fibra óptica). Estos modelos se estimaron utilizando el método de mínimos cuadrados de dos etapas (IV / 2SLS). Específicamente, no consideramos conjuntamente las variables de número de ciudades medianas, número de grandes ciudades y proporción de población en la capital.

El método de mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E) trata el problema de la endogeneidad de una o más variables explicativas en un modelo de regresión múltiple. Su principal objetivo es evitar que una o más variables explicativas endógenas, en este caso la variable independiente PIB per cápita del modelo esté correlacionadas con el término de error y poder realizar estimaciones eficientes de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) sobre el modelo inicial.

Considerando que la variable independiente consistente en el ingreso per cápita por región (PIB) podría verse significativamente influenciada por el nivel de inversiones en banda ancha realizadas. Para evitar este problema, la variable renta per cápita (PIB) se instrumenta a través de las variables tasa de paro (DESEMPLEO) y número de grandes empresas en relación con la población total (FIRMS\_LARGE) por cada provincia. Estas variables están altamente correlacionadas con la variable del PIB per cápita, pero mucho menos influenciadas por la banda ancha.

Cabe precisar que, como referencia estas variables instrumentales fueron utilizadas por Fageda, Xavier, Termes-Rife, Montserrat y Rubio-Campillo, Rafael en el artículo “Despliegue de plataformas de banda ancha: prueba empírica de un fallo de regulación” del 2017”.

**Tabla N° 12: Inversión en plataformas de cable (HFC) por provincias (2SLS)**

Variable	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Constante	1459817 (804989)***	949982 (797857.3)	389611.5 (777492)	59011.73 (783602.8)
log_pib_per_capita	-327747.8 (178266.4)*	-250639.5 (178824.6)	-160644.3 (177606.6)*	-158460.5 (187283.8)
log_ext_urb	-13961.91 (28537.89)	22930.23 (26419.3)	60283.45 (25422.13)**	125347.7 (28135.57)***
log_dens_urb	-332.3058 (24392.39)	31983.85 (22484.18)	71712.76 (20858.44)***	108426.7 (18136.87)***
isla	-27547.48 (43026.49)	-60579.31 (42367.94)	-46903.88 (44694.36)	-76971.61 (44383.58)*
city_medium	46004.73 (9119.773)***	46728.13 (9253.933)***		

city_large	116082.5 36583.13)***		124555.1 (38168.62)***	
capital				107068.9 (74261.81)
Observaciones	208	208	208	208
Provincias	52	52	52	52
R2	0.2409	0.2181	0.1740	0.1404
Hansen (p<0.05%)	0.0030	0.0082	0.0073	0.0084
Prueba F (>10)	83.7475 ***	86.1191 ***	90.0261 ***	85.0207 ***

Notas: Errores estándar entre paréntesis. Significación estadística al 1% (\*\*\*), 5% (\*\*), 10%(\*).

Cabe indicar que luego de realizar la regresión de MCO en 2 etapas, se realizó la prueba de endogeneidad, así como pruebas de robustez de los instrumentos desempleo y large\_firms incluidos en el modelo. La prueba de Hansen de restricciones de sobre identificación no rechaza la hipótesis nula entre los regresores y los instrumentos. Mientras tanto, las estadísticas F de los instrumentos incorporados en el anexo del presente informe muestran que son fuertes. En resumen, estas dos pruebas respaldan los instrumentos utilizados en nuestro modelo econométrico.

Los resultados muestran que la presencia de ciudades de tamaño mediano o grande no son un factor clave para los operadores de cable a la hora de decidir dónde enfocar sus inversiones a nivel provincial y no es una variable significativa.

La variable densidad urbana por provincia tiene un efecto significativo y positivo en la inversión en banda ancha, lo que parece indicar que los operadores de cable elaboraron planes enfocando su inversión en las provincias más atractivas en términos de densidad poblacional. Es decir, la difusión de las plataformas de cable por todo el territorio no se produjo de forma aleatoria sino que los operadores tomaron sus decisiones de inversión de forma racional.

La variable PIB per cápita es estadísticamente significativa, pero el coeficiente es negativo. Esto significa que el nivel de inversión en plataformas de cable fue inversamente proporcional al ingreso per cápita de la provincia.

**Tabla N° 13: Inversión en plataformas de fibra óptica (FTTH) por provincias (2SLS) (>2011)**

Variable	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Constante	-7016597 (2007728)***	-1.63e+07 (2733884)***	-5175202 (1762184)***	-2.53e+07 (2365156)***
log_pib_per_capita	1606020 (407289.7)***	2599920 (571297.4)***	1443157 (392809.1)***	4554786 (557878.6)***
log_ext_urb	-68224.6 (115061.6)	799242.5 (142303.5)***	-288524.9 (101197.9)***	1138330 (117322.6)***

log_dens_urb	-20441.71 (89280.08)	671890.3 (109444.7)***	-118681.1 (71200.03)**	1062326 (74137.23)***
isla	-231881.3 (148558.2)	-1034307 (196630.7)***	-143550.7 (121288.9)	-635966.4 (185070)***
city_medium	567627.9 (27751.67)***	543711.4 (39169.08)***	449824.9 (25634.68)***	
city_large	1725341 (111727.7)***		1450590 (112713.5)***	
capital			-563081.3 (211096.4)***	314129.7 (302219.9)
HHI	2.704616 (60.72433)	274.8851 (82.16275)***		
reg_geo	309062.1 (70342.71)***	284356.4 (99354.86)***	510609.5 (56698.25)***	
Observaciones	260	260	260	260
Provincias	52	52	52	52
R2	0.8842	0.7689	0.7666	0.4257
Hansen(p<0.05%)	0.0000	0.0000	0.0012	0.0004
Prueba F (>10)	302.941 ***	307.506 ***	501.565***	523.482 ***

Notas: Errores estándar entre paréntesis. Significación estadística al 1% (\*\*\*), 5% (\*\*), 10%(\*).

El ingreso per cápita (PIB) tiene un efecto significativo y positivo en las inversiones en fibra óptica a nivel provincial. Esto confirma que los operadores de fibra óptica tendieron a concentrar sus inversiones en aquellas provincias con mayores niveles de ingresos. La prueba de Hansen de restricciones de sobre identificación no rechaza la hipótesis nula entre los regresores y los instrumentos, y los estadísticos F de la primera etapa, confirman la fortaleza de los instrumentos (Ver Anexo N° 1 y 2).

Los resultados en el caso de las plataformas de fibra óptica, se advierte que todas las variables demográficas tienen un efecto significativo y positivo en los niveles de inversión en banda ancha.

De hecho, la variable de densidad urbana es positiva y significativa en los cuatro modelos empíricos. El número de ciudades medianas y grandes también es positivo y significativo, lo que indica que los operadores de fibra óptica han centrado su inversión en los principales municipios urbanos.

El número de ciudades con una población superior a 500.000 explica el nivel de inversión por provincia que realizan los operadores. Es decir, la plataforma de fibra óptica se ha introducido principalmente en las grandes ciudades en los primeros años de su difusión por todo el territorio.

Los resultados empíricos muestran que los operadores de fibra óptica han tenido en cuenta el grado de concentración de la población en cada región (CAPITAL).

Finalmente, respecto a la variable ficticia REG\_GEO tiene un efecto significativo y positivo. Los altos coeficientes que se obtuvo para esta variable indican que en el período del 2011 a 2019, el volumen de inversión de las plataformas de fibra óptica en relación con la aplicación de la política de división geográfica del mercado fue sustancial; además, el despliegue de plataformas de fibra óptica fue especialmente intenso entre 2011 y 2019.

Para probar la solidez de los resultados en el documento, se han estimado ecuaciones suplementarias para plataformas de cable y fibra óptica (ver Anexo N° 3). Así, el modelo 5 muestra los resultados utilizando regresiones de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) mientras que el modelo 6 se ha estimado utilizando el método de mínimos cuadrados de dos etapas (IV / 2SLS) sin agrupar las variables. Los resultados de este anexo están en línea con los resultados discutidos anteriormente.

## 5. Conclusiones

El análisis empírico muestra que el despliegue de plataformas de cable en toda España no se basó en decisiones puramente económicas. El hecho de que la gran mayoría de las acciones de los operadores de cable esté en manos de accionistas privados, cuyo objetivo es maximizar las utilidades, sugiere que ciertos factores externos les impidieron tomar sus decisiones de inversión solo por razones económicas.

Las regulaciones específicas que gobiernan las plataformas de cable restringieron significativamente las decisiones de los operadores sobre dónde enfocar sus inversiones, como resultado, los operadores de cable no han podido beneficiarse de las altas economías de escala y densidad que caracterizan a todas las industrias de redes.

Lo contrario sucedió en la difusión de las plataformas de fibra óptica. Aquí, la evidencia empírica muestra que las consideraciones económicas han impulsado la ubicación de las inversiones en toda España. La normativa aplicada a estas plataformas no ha repercutido negativamente en su difusión.

Respecto a la aplicación de la política regulatoria de división de mercado geográfico, si bien la literatura económica muestra que la rivalidad entre diferentes plataformas promueve la adopción de servicios de banda ancha entre la población, se advierte que las inversiones de los operadores de cable se distribuyeron de manera más equitativa en todo el territorio, mientras que los operadores de fibra óptica enfocaron sus inversiones en un pequeño número de provincias con grandes poblaciones y altos niveles de ingreso per cápita.

Para las plataformas de fibra óptica, el marco regulatorio no imponía restricciones similares a las áreas geográficas en las que los operadores podían invertir ni restringía el número de operadores que podían invertir en el mismo territorio.

Finalmente, es probable que el marco regulatorio persiguiera objetivos diferentes en cada caso. La regulación de las redes de cable tuvo en cuenta objetivos específicos de la política industrial, por ejemplo, los objetivos de distribución, mientras que la regulación de la red de fibra óptica tuvo como principal objetivo maximizar la competencia en el mercado de banda ancha. Estas diferencias produjeron resultados diferentes, como hemos visto anteriormente.

## 6. Bibliografía

- Calzada, J., García-Mariñoso, B.; Ribé, J., Rubio-Campillo, R; Suárez, D. (2017). Fiber deployment in Spain, Journal of Regulatory Economics. UB Economics – Working Papers, Col·lecció d'Economia E17 / 364, Páginas 2 – 22.
- Comisión Europea. (2018). Directrices sobre análisis del mercado y evaluación del peso significativo en el mercado dentro del marco regulador de las redes y los servicios de comunicaciones electrónicas de la UE. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018XC0507\(01\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018XC0507(01)&from=EN)
- Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia - CNMC. (2018). Informe Económico Sectorial de las Telecomunicaciones y Audiovisual 2018. 1, 1–178.
- European Commission. (2020). Commission Staff Working Document - Commission Recommendation.
- Fageda, X., Termes-Rifé, M. y Rubio-Campillo, R. (2018). Deployment of broadband Platforms: empirical evidence of a regulation failure. Revista de Economía Aplicada, vol. XXVI (Número 77), Páginas 7-30.
- García Paramio, Francisco J. (2017). La regulación de las redes de nueva generación (NGA) en España: Efectos en el despliegue de nuevas infraestructuras de Fibra Óptica Hasta el Hogar (FTTH) y en el número de accesos minoristas de banda ancha. Universidad de León.
- Junqueira, Cristiane y De Lima, Marcos André (2002). Índices de Concentração, Secretaria de Acompanhamento Econômico – SEAE, Ministerio de Fazenda, Documento de trabalho N° 13.
- Rodríguez Rodríguez, Diego (2021). Trece cuestiones sobre regulación en telecomunicaciones. UCM y FEDEA.
- Rubio-Campillo, Rafael (2015). Impacto de las políticas regulatorias y de la competencia en el ámbito de las telecomunicaciones. Universitat de Barcelona.



## ANEXOS

### Anexo N° 1: Regresiones de Plataforma HFC First Stage

Variable	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Constante	4.405554 (0.0598013)***	4.398236 (0.0527463)***	4.337087 (0.0518223)***	4.278605 (0.0564344)***
log_ext_urb	0.0027453 (0.0135702)	0.0044274 (0.0119255)	0.0183328 (0.0117458)	0.0280809 (0.0112565)**
log_dens_urb	0.0284948 (0.0117318)**	0.029972 (0.0102625)***	0.0440177 (0.0095363)***	0.0430812 (0.0077828)***
isla	0.0101668 (0.0188083)	(0.0088677 (0.0181001)	0.0060987 (0.0189037)	0.0082022 (0.0183181)
city_medium	0.0085114 (0.0038168)**	0.0085217 (0.0038078)**	-	-
city_large	0.0043229 (0.0165092)	-	0.0047018 (0.0166706)	-
capital	-	-	-	0.0498498 (0.0360608)
desempleo	-0.4941428 (0.0382619)***	-0.4952222 (0.037951)***	-0.5082354 (0.0381075)***	-0.4997163 (0.0383499)***
large_firms	-0.0702883 (0.0233107)***	-0.0721789 (0.0221129)***	-0.0790073 (0.0232064)***	-0.0585358 (0.0273176)**
Observaciones	208	208	208	208
Provincias	52	52	52	52
R-squared	0.5072	0.5070	0.4950	0.4995
Adj R-squared	0.4900	0.4923	0.4799	0.4846
Prueba F (>10)	29.41 ***	34.46 ***	32.83 ***	33.44 ***

Notas: Errores estándar entre paréntesis. Significación estadística al 1% (\*\*\*), 5% (\*\*), 10%(\*).

## Anexo N° 2: Regresiones de Plataforma FTTH First Stage

Variable	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Constante	4.556941 (0.0731802)***	4.591992 (0.0613903)***	4.434349 (0.0433033)***	4.391835 (0.037671)***
log_ext_urb	-0.0020672 (0.0129935)	-0.0087887 (0.0105126)	0.015124 (0.0082697)*	0.0279593 (0.0065496)***
log_dens_urb	0.0193978 (0.0099722)**	.0142211 (0.0080532)*	0.0129744 (0.0061351)**	0.031391 (0.0041286)***
isla	-0.0169953 (0.0153609)	-0.0113497 (0.0139539)	-0.0033142 (0.0099854)	-0.0068172 (-0.010021)
city_medium	0.0115331 (0.0026596)***	0.0117493 (0.0026471)***	0.0113266 (0.0019931)	-
city_large	-0.0108533 (0.0123205)	-	-0.0095284 (0.0090848)	-
capital	-	-	0.0993039 (0.0264524)***	0.0741914 (0.0265733)***
HHI	-2.36e-06 (6.27e-06)	-4.36e-06 (5.84e-06)	-	-
reg_geo	-.0243446 (0.0072862)***	-0.0241903 (0.0072809)***	-0.0280167 (0.0049434)***	-0.0307721 (0.0050974)***
desempleo	-.6563918 (0.0266806)***	-0.6532458 (0.0264287)***	-0.6208258 (0.0200097)***	-0.6452095 (0.0201805)***
large_firms	-0.018427 (0.0233947)	-0.0097744 (0.0212234)	0.0671197 (0.0280456)**	0.0422948 (0.0286354)
Observaciones	416	416	416	416
Provincias	52	52	52	52
R-squared	0.7517	0.7509	0.7735	0.7551
Adj R-squared	0.7427	0.7430	0.7685	0.7509
Prueba F (>10)	84.09 ***	94.58 ***	154.08 ***	179.75 ***

Notas: Errores estándar entre paréntesis. Significación estadística al 1% (\*\*\*), 5% (\*\*), 10%(\*).

### Anexo N° 3: Regresiones complementarias – Resultados por plataforma

Variable	HFC		FTTH	
	Modelo 5 (OLS)	Modelo 6 (IV/2SLS) sin agrupación	Modelo 5 (OLS)	Modelo 6 (IV/2SLS) sin agrupación
	Constante	84219.76 (121300.7)	4431252 (1232000)***	-1322020 (1705474)
log_pib_per_capita	2415.283 (26919.66)	-967509.8 (278680.6)***	775684 (339706.2)**	1790960 (402184)***
log_ext_urb	-20949.05 (7863.911)***	-66139.92 (55431.83)	-444813.5 (142422.7)***	-433594.1 (142150.1)***
log_dens_urb	-24975.23 (5437.417)***	-40994.68 (39273.42)	-174205.1 (91520.09)*	-143831.5 (91561.12)
isla	3417.552 (9450.995)	-45283.04 (67738.7)	-132060.7 (146675.6)	-141122.7 (146386.8)
city_medium	26563.25 (1942.261)***	146675.9 (14392.07)***	597284.7 (26552.36)***	572422.9 (27022.42)***
city_large	43057.8 (8790.396)***	345460.4 (62629.41)***	1971424 (123721.8)***	1968067 (123469.6)***
capital	20732.34 (16412.16)	(33935.63 118746)	-800248.8 (222848.1)***	-914012 (223707.9)***
HHI	-	-	-73.01404 (61.2865)	-63.47263 (61.19433)
reg_geo	-	-	337404.6 (68333.49)***	302022.5 (68608.75)***
Observaciones	208	208	260	260
Provincias	52	52	52	52
R2	0.6325	0.3994	0.8938	0.8900
Hansen(p<0.05%)	-	0.0024	-	0.0000
Prueba F (>10)	49.17 ***	147.933 ***	233.69 ***	305.566 ***

Notas: Errores estándar entre paréntesis. Significación estadística al 1% (\*\*\*), 5% (\*\*), 10%(\*).