



Metodología del modelo bottom-up LRIC para la estimación de los costes mayoristas del ADSL-IP y NEBA

Diciembre 2011

Lista de figuras y tablas	iii
1 Introducción	1
2 Demanda de accesos de banda ancha y xDSL	3
2.1 <i>Introducción</i>	3
2.2 <i>Demanda nacional de accesos de banda ancha fija</i>	4
2.3 <i>Desagregación de accesos de banda ancha fija por geotipos y centrales</i>	6
2.4 <i>Número de accesos xDSL por central</i>	11
2.5 <i>Cuota de mercado en NEBA</i>	20
2.6 <i>Resultados</i>	22
3 Fibra óptica	25
3.1 <i>Introducción</i>	25
3.2 <i>Cobertura de fibra</i>	25
3.3 <i>Demanda de accesos fibra</i>	29
3.4 <i>Centrales cabecera</i>	31
4 Demanda de tráfico	33
4.1 <i>Introducción</i>	33
4.2 <i>Best effort y oro</i>	33
4.3 <i>Real time (VoIP)</i>	35
4.4 <i>IPTV de Telefónica</i>	36
4.5 <i>Vídeo a la carta de Telefónica</i>	38
4.6 <i>Resumen clases de servicio incluidas en el modelo</i>	39
5 Modelización de la estructura de red y dimensionamiento de los equipos	41
5.1 <i>Estructura de la red</i>	41
5.2 <i>Modelado de la red</i>	42
5.3 <i>Dimensionamiento de los equipos</i>	45
6 Calidad de servicio	49
6.1 <i>Introducción</i>	49

6.2	<i>Modelización de la QoS</i>	50
6.3	<i>Opción 1: dimensionamiento basado en la demanda punta agregada</i>	52
6.4	<i>Opción 2: Dimensionamiento usando la demanda punta de cada servicio ponderado por calidad de servicio</i>	54
	<i>Ejemplo de modelización QoS: Oro</i>	56
	<i>Ejemplo de modelización de QoS: Real time</i>	58
6.5	<i>Opciones 3 y 4: Sobredimensionamiento de la red</i>	61
6.6	<i>Conclusión</i>	62
7	Cuestiones económicas	65
7.1	<i>Depreciación económica</i>	65
7.2	<i>Costes operativos</i>	69
8	Asignación de costes de red a servicios	73
8.1	<i>Definición</i>	73
8.2	<i>Proceso de cálculo</i>	81
8.3	<i>Costes de alta</i>	82
9	Resultados intermedios	87

Lista de figuras y tablas

Figura 1. Metodología estimación accesos xDSL relevantes para el modelo.....	4
Figura 2. Líneas de acceso a internet: datos reales y estimación	6
Figura 3. Estimación techo de demanda de los geotipos	8
Figura 4. Curvas S de demanda de número de líneas de acceso por geotipo.....	10
Figura 5. Demanda Nacional (Fibra TF, Cable y xDSL) por geotipos	11
Figura 6. Desagregación cable	14
Figura 7. Desagregación demanda Fibra TF y xDSL.....	15
Figura 8. Cuota de mercado de xDSL de Telefónica a nivel nacional	16
Figura 9. Número de accesos xDSL (Telefónica, bucle desagregado y acceso indirecto)	18
Figura 10. Distribución del mercado de acceso xDSL (Telefónica, bucle desagregado y acceso indirecto)).....	19
Figura 11. Desagregación de la demanda nacional de accesos de Banda Ancha fija	20
Figura 12. Demanda nacional banda ancha fija por tipo de acceso ..	22
Figura 13. Cuota de mercado de la fibra en el mercado de banda ancha.....	30
Figura 14. Minimización de distancias por el algoritmo de estructura óptima en los casos de nodos unidos mediante distancias lineales y rectilíneas	44
Figura 15. Factores de calidad de servicio: Inputs clave y resultados	60
Figura 16. Factores de enrutamiento.....	79
Tabla 1. Descripción de los geotipos	7
Tabla 2. Características de los geotipos	9
Tabla 3. % acceso indirecto y cuota de alternativos a Telefónica en mercado xDSL	21

Tabla 4. Cuota de mercado de NEBA en el mercado de fibra	22
Tabla 5. Número de accesos por tecnología resultante (miles)	23
Tabla 6. Resultados probit – variables significativas	27
Tabla 7. Cobertura a nivel de central – ejemplo hipotético con cobertura nacional de 3.000 UUll y sólo cuatro centrales	28
Tabla 8. Centrales con cobertura de fibra	29
Tabla 9. Clientes de fibra (en miles)	31
Tabla 10. Tráfico medio por usuario en hora pico (kbps)	35
Tabla 11. Kbps generados en media por usuario de voz sobre IP en la hora cargada.	36
Tabla 12. IPTV: número de canales y tráfico por cada DSLAM	38
Tabla 13. IPTV: número de canales y tráfico para cada OLT	38
Tabla 14. Clases de servicio incluidas en el modelo	39
Tabla 15. Principales equipos y drivers de dimensionamiento	47
Tabla 16. Parámetros de QoS definidos por NEBA	49
Tabla 17. Resumen de enfoque para los costes operativos	72
Tabla 18. Servicios de red	75
Tabla 19. Elementos de red definidos y sus drivers	77
Tabla 20. Actividades para alta acceso NEBA naked según situación previa del par	83
Tabla 21. Actividades para alta de acceso NEBA no naked según situación previa del par	84
Tabla 22. Tiempos empleados en las actividades de alta de acceso	85

1 Introducción

Este informe describe la metodología del modelo bottom-up de costes incrementales (Long Run Average Incremental Costs – LRAIC) que Frontier Economics se encuentra desarrollando para estimar el coste bottom-up LRIC de los servicios mayoristas ADSL-IP (nacional y provincial) y NEBA.

El objetivo del modelo consiste en estimar el coste mayorista de los servicios bitstream ADSL-IP provincial, ADSL-IP nacional y NEBA. El modelo dimensiona y costea una red de transporte hipotética que toma como referencia dada la ubicación de los DSLAMs/OLTs de Telefónica y los puntos de interconexión de los servicios mayoristas y estima la ubicación de los nodos intermedios de la red de agregación Ethernet y la red core IP. El modelo no toma en consideración la red de acceso, esto es, la red que conecta el equipo de acceso (DSLAM, OLT) de la central con la ubicación fija del abonado (pares de cobre y fibra óptica de la central al abonado). El coste mensual de estos bucles es un valor de entrada del modelo.

La estructura del documento es la siguiente. La Sección 2 describe la metodología para la estimación de la demanda de accesos xDSL. La Sección 3 se refiere a la cobertura y demanda de accesos de fibra y la Sección 4 aborda la demanda de tráfico. Las secciones 5 y 6 describen la metodología para el dimensionamiento de los equipos y el tratamiento previsto para la calidad del servicio. La Sección 7 aborda las cuestiones económicas más relevantes de la modelización: método de depreciación y costes operativos. La Sección 8 incluye la descripción de la asignación de costes a servicios y la Sección 9 describe los resultados intermedios que el modelo produce.

2 Demanda de accesos de banda ancha y xDSL

2.1 Introducción

En los modelos bottom-up la red se dimensiona a partir de la demanda relevante. En esta sección se describe cómo se estima la demanda de accesos xDSL por central de Telefónica, mientras que en el capítulo 3 se describe lo propio para la demanda de accesos de fibra óptica. Ambas tecnologías (con excepción del bucle desagregado en el caso xDSL) son las relevantes para configurar la demanda que determina el dimensionamiento de la red y, en consecuencia, el coste de los servicios mayoristas NEBA y ADSL-IP.

El proceso para calcular el número de accesos xDSL relevantes para el modelo consta de los siguientes pasos¹:

- estimación del número total de accesos de banda ancha a nivel nacional en tecnología fija (esto es fibra óptica –FTTH²–, cable y xDSL)³ (sección 2.2 y paso 1 en la siguiente figura);
- desagregación de esta demanda de banda ancha en diferentes geotipos y, posteriormente, desglose entre las centrales (sección 2.3 y pasos 2 y 3 en la siguiente figura);
- A nivel de central, desagregación de los accesos de banda ancha en tecnologías: cable, fibra⁴, bucle desagregado y bitstream (paso 4 en la siguiente figura). Los accesos xDSL relevantes para el dimensionamiento de red del modelo son los accesos minoristas de Telefónica y los de los competidores que usan el servicio bitstream (sección 2.4).

En los siguientes apartados explicamos en detalle el proceso a seguir.

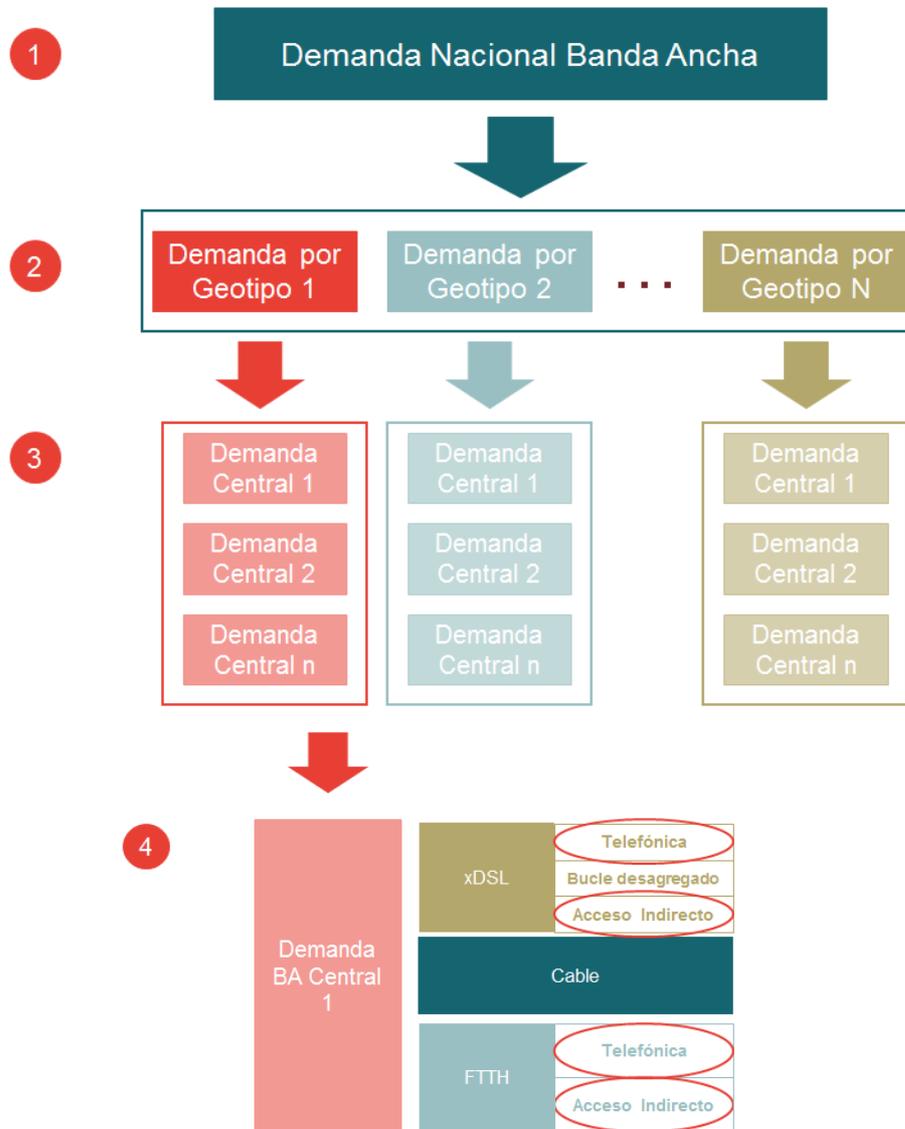
¹ Por conveniencia en la exposición, la estimación de la demanda de accesos de fibra por central se explica en la siguiente sección.

² Salvo que se especifique de otro modo, en este documento los términos fibra y FTTH se usarán de una forma equivalente.

³ No se consideran LMDS y “otros accesos fijos”, en la denominación de los informes trimestrales de la CMT, por suponer un número muy pequeño de accesos.

⁴ El despliegue de fibra a nivel nacional se asume que se realiza tanto por Telefónica como por otros operadores (véase sección 3.3.2). No obstante, la fibra relevante a efectos de modelización son los accesos minoristas de Telefónica y de terceros operadores (éstos últimos usando el servicio mayorista de acceso indirecto). La fibra que aparece reflejada en la figura 1, ha separado previamente la provista por operadores distintos de Telefónica sobre su propia red.

Figura 1. Metodología estimación accesos xDSL relevantes para el modelo



Nota: en círculo, marcados los accesos relevantes para el modelo
 Fuente: Frontier Economics

2.2 Demanda nacional de accesos de banda ancha fija

Estimamos el número de accesos de banda ancha a nivel nacional hasta 2020 utilizando una función logística (curva S). Esta función se utiliza habitualmente para predecir la demanda de servicios de banda ancha y tiene la ventaja de que se

Demanda de accesos de banda ancha y xDSL

puede calibrar de forma que refleje los datos históricos. Requiere de una predicción exógena de número de accesos en el largo plazo. Inicialmente hemos fijado esta cifra en 14 millones, basado en el informe *Market Development up to 2015*”. Telenor. Diciembre 2010⁵. Dicho informe establece que el techo en la penetración de la banda ancha fija para el mercado residencial en Europa Occidental se alcanzará en 2018 y su valor será 19% más alta que la actual. Bajo el supuesto de que el comportamiento de todo el mercado de la banda ancha fija en España siga el mismo patrón que el del resto de Europa Occidental y dada la penetración actual en España, se estima que el techo en el número de accesos a finales de esta década sea de 14.000.000.

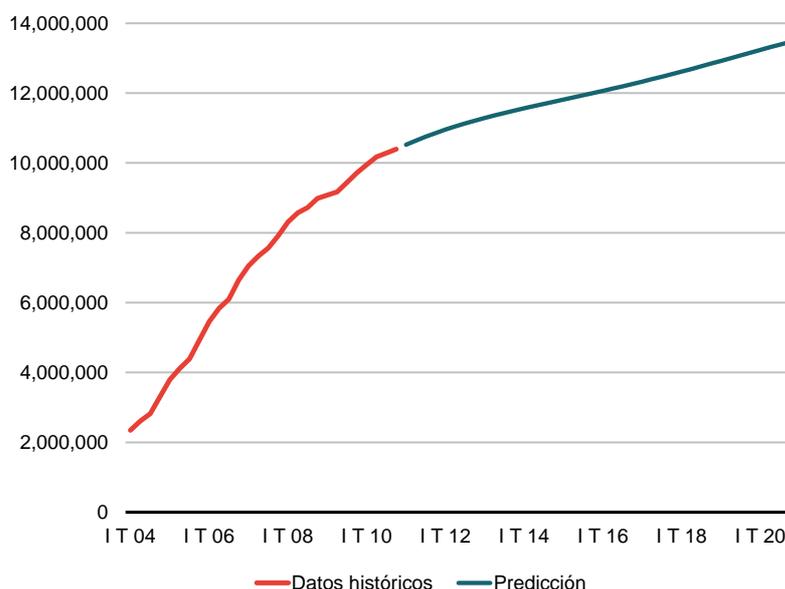
Realizaremos sensibilidades sobre este valor para tener en cuenta otros estudios. Por ejemplo, el informe “Plan Avanza2. Estrategia 2011-2015”⁶, julio 2010, indica que el objetivo del Gobierno es alcanzar el 75% de hogares con acceso a internet a través de Banda Ancha a finales de 2015. Bajo el supuesto de que dicho porcentaje es válido para 2020 y usando predicciones del número de hogares en España hasta 2020 basadas en la tasa de crecimiento observada entre 2003 y 2010, se estima que el techo en el número de accesos sólo para el mercado residencial sería de 14.000.000.

El siguiente gráfico muestra el número histórico de líneas y las predicciones realizadas asumiendo un techo de 14 millones de accesos de banda ancha⁷.

⁵ http://projects.celtic-initiative.org/march/march/UserFiles/file/CP5-013-MARCH-D3_4-final.pdf

⁶ http://www.planavanza.es/InformacionGeneral/Estrategia2011/Documents/Estrategia_2011-2015_PA2.pdf

⁷ La demanda total de accesos de banda ancha en 2020 es cercana a 13.5 millones. La cifra de 14 millones hace referencia a un techo asintótico.

Figura 2. Líneas de acceso a internet: datos reales y estimación

Fuente: Frontier Economics

2.3 Desagregación de accesos de banda ancha fija por geotipos y centrales

2.3.1 Desagregación por geotipos

Una vez estimados los accesos de banda ancha a nivel nacional, se resta la demanda de accesos de fibra de redes de otros operadores (se detalla la estimación en la sección 3.3.2). La demanda resultante se distribuye entre las centrales⁸. Una desagregación basada en el número de accesos actuales implicaría aplicar una misma tasa de crecimiento a todas las centrales, lo que no parece realista, ya que no están en la misma etapa de desarrollo de banda ancha. Por lo tanto, hemos asumido que las centrales se pueden agrupar en distintos geotipos, estimando el momento de desarrollo en que se encuentra cada geotipo.

La determinación de los geotipos se basa en varios criterios. Por un lado asumimos que las centrales localizadas en Madrid y Barcelona forman parte de un

⁸ Como se menciona en el documento, el techo de la demanda de banda ancha es 14 millones. Adicionalmente, el techo de la demanda de fibra de operadores alternativos es 0,35 millones (basado en los supuestos expuestos en la sección 3.3.2, la demanda de fibra de operadores alternativos en 2020 es de alrededor de 336.000 accesos). Por lo tanto, el techo de la demanda de banda ancha menos fibra de otros operadores es 13.65 millones

geotipo específico. Este criterio fue también empleado en un informe previo para la CMT⁹, con la salvedad de que en dicho informe las centrales localizadas en Madrid y Barcelona forman geotipos distintos. Para los propósitos del modelo aquí desarrollado y dado el limitado número de centrales en cada una de estas ciudades, resulta adecuado agruparlas. Además, no se encuentran diferencias sustanciales en la evolución del número de líneas de acceso de banda ancha en ambas ciudades.

El siguiente criterio utilizado en la definición de los geotipos para aquellas centrales que no están localizadas en Madrid o Barcelona es el número de habitantes servidos por la central según los últimos datos disponibles del censo de población, referido a 2001. Los límites superiores e inferiores han sido determinados de forma que los geotipos agrupen un número parecido de centrales, pero al mismo tiempo permitiendo que los geotipos recojan la diversidad de las centrales.

Tabla 1. Descripción de los geotipos

Geotipo	Descripción del geotipo
1	Madrid y Barcelona
2	Más de 10.000 habitantes
3	Más de 3.000 y menos de 10.000 habitantes
4	Más de 1.500 y menos de 3.000 habitantes
5	Más de 1.000 y menos de 1.500 habitantes
6	Más de 600 y menos de 1.000 habitantes
7	Más de 250 y menos de 600 habitantes
8	Menos de 250 habitantes

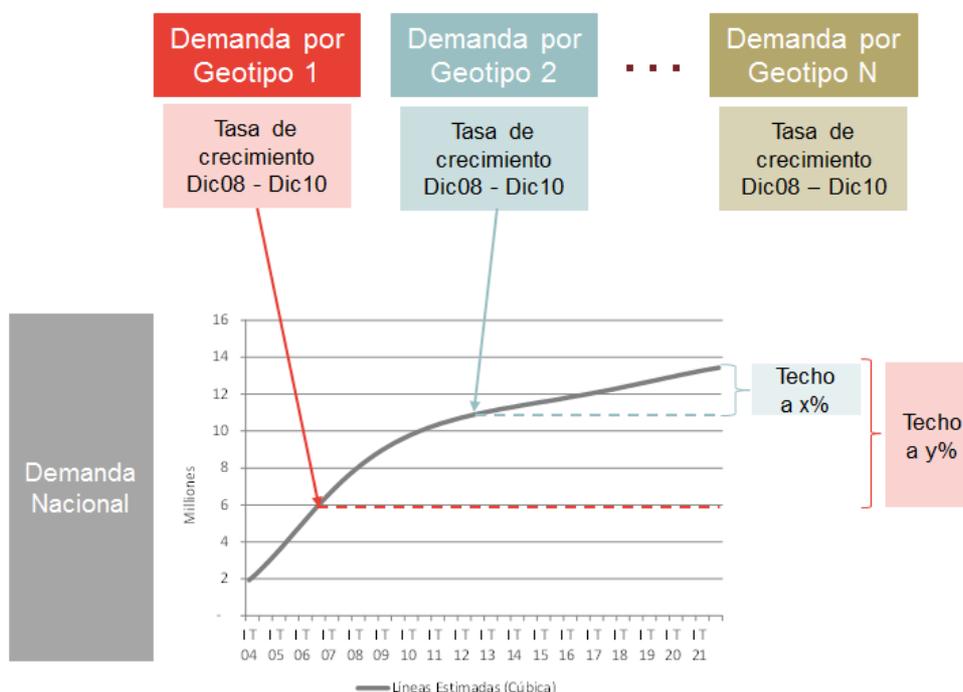
Fuente: Frontier Economics

Para averiguar en qué estado de desarrollo se encuentra un geotipo dado, calculamos la tasa de crecimiento en el número de líneas de acceso de banda ancha desde diciembre del 2008 hasta diciembre de 2010. Este periodo se corresponde con los datos disponibles en los informes de seguimiento de la situación competitiva de los servicios de acceso a Internet de banda ancha, publicados periódicamente por la CMT. El siguiente paso es determinar el

⁹ Isdefe, Informe final sobre los resultados del modelo de despliegue de redes FTTH/GPON en España, febrero 2009

periodo en el que la demanda nacional experimenta esa misma tasa de crecimiento. Esta información se utiliza para fijar el techo para cada geotipo, ya que asumimos que la distancia de un geotipo a su techo es, en términos porcentuales, la misma que la distancia de la demanda nacional a su techo en el momento en el que la demanda nacional experimentó ese mismo crecimiento. El enfoque se muestra en el siguiente gráfico.

Figura 3. Estimación techo de demanda de los geotipos



Fuente: Frontier Economics

Una vez obtenido el techo para cada geotipo, estimamos una curva logística (Curva S) distinta para cada geotipo, que toma como punto de partida los datos históricos y converge al techo estimado para cada geotipo. Es decir, se estiman distintas curvas logísticas de crecimiento de banda ancha fija para cada geotipo.

La siguiente tabla muestra las características principales de los distintos geotipos resultantes. Como se puede observar, nuestro análisis permite determinar el estado de desarrollo de la banda ancha en los distintos geotipos¹⁰. En este sentido nuestros resultados son coherentes con los resultados esperados a priori. Observamos que para aquellos geotipos pertenecientes a centrales con menos

¹⁰ Una mayor diferencia entre la demanda actual y el techo estimado por geotipo (mayor porcentaje hasta el techo) implica un menor nivel de desarrollo actual.

accesos su nivel de desarrollo es menor. Por otro lado, en las centrales localizadas en Madrid y Barcelona la banda ancha se encuentra más desarrollada.

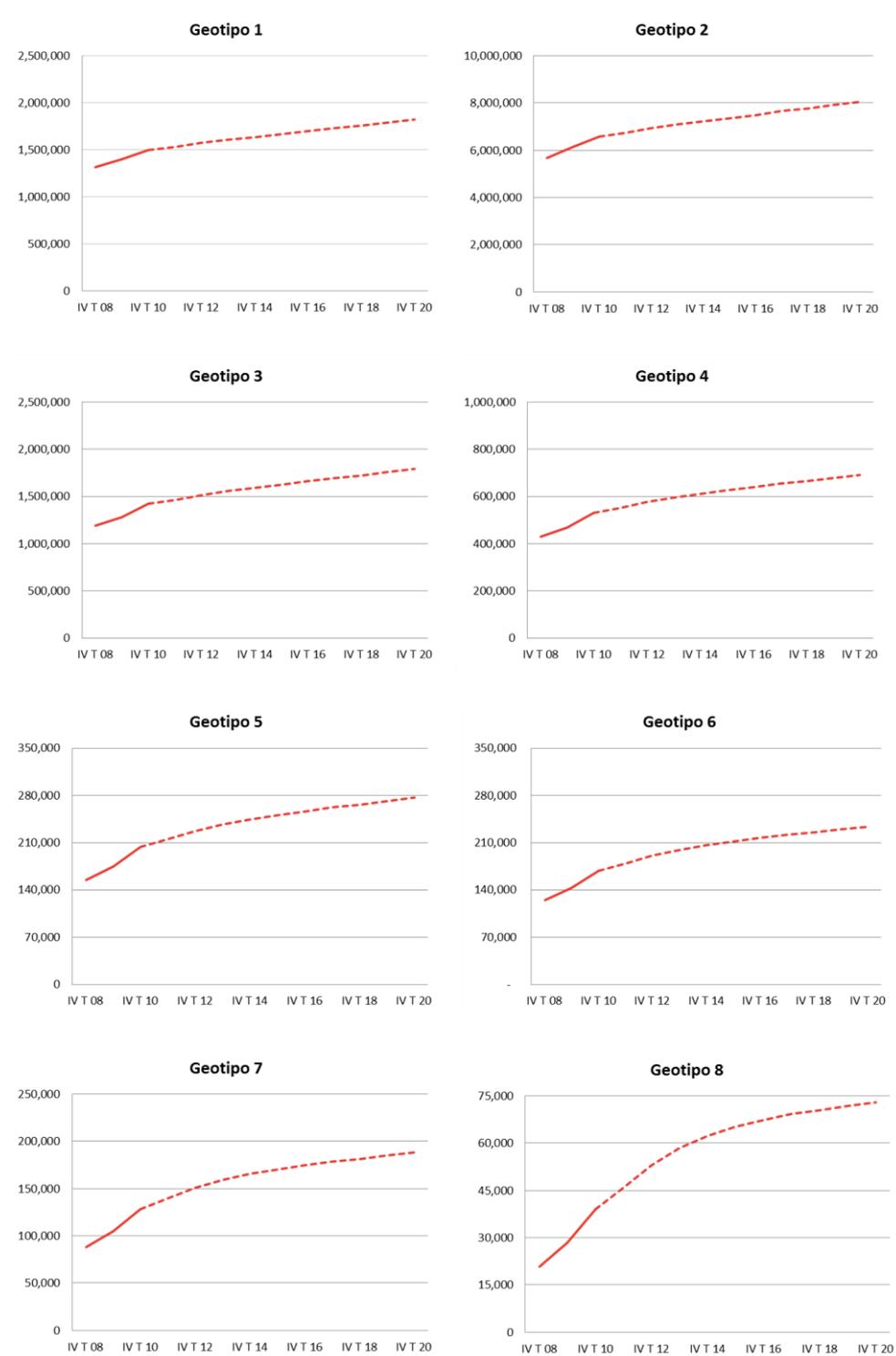
Tabla 2. Características de los geotipos

Geotipo	Centrales (áreas MIGA)	Número de accesos de banda ancha (dic 2010)	Número de accesos medios por central (dic 2010)	Techo Estimado	% hasta el techo
1	118	1,497,620	12,692	1,951,449	30.3%
2	780	6,582,577	8,439	8,460,141	28.5%
3	1100	1,423,287	1,294	1,822,451	28.0%
4	1149	531,227	462	687,600	29.4%
5	823	204,038	248	268,696	31.7%
6	1117	168,415	151	227,601	35.1%
7	1643	128,160	78	176,530	37.7%
8	1612	39,013	24	55,532	42.3%
TOTAL	8342	10,574,335	1,268	13,650,000	29.1%

Fuente: Frontier Economics

A continuación se muestran las curvas S estimadas para cada uno de los 8 geotipos que hemos identificado. Se observa que en aquellos geotipos con menor nivel de desarrollo el crecimiento esperado es mayor, dado que la distancia entre el nivel de demanda actual y el techo estimado es mayor.

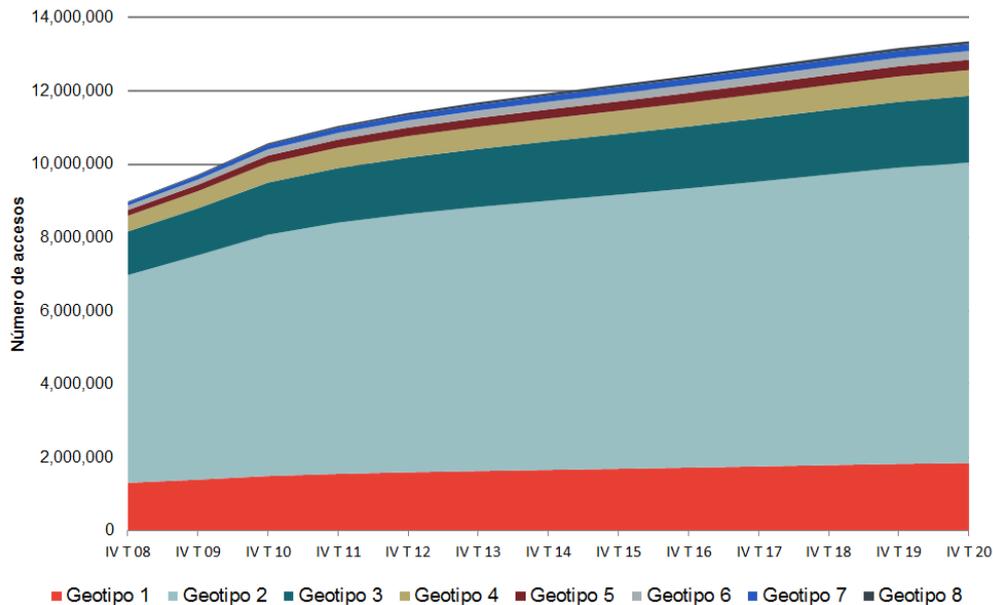
Figura 4. Curvas S de demanda de número de líneas de acceso por geotipo



Fuente: Frontier Economics

Finalmente, la agregación de la demanda por geotipo resulta en la Demanda Nacional, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 5. Demanda Nacional (Fibra TF, Cable y xDSL) por geotipos



Fuente: Frontier Economics

2.3.2 Desagregación a centrales

Para desagregar la demanda de acceso de banda ancha por geotipo entre las centrales de ese geotipo, hemos supuesto que los accesos en cada central crecen a la misma tasa que su respectivo geotipo. Por lo tanto, la predicción de demanda de accesos por central se obtiene aplicando, al nivel actual de accesos, la misma tasa de crecimiento que la de su geotipo correspondiente. De esta forma se obtiene la estimación de la demanda de accesos de banda ancha para cada central hasta finales de 2020.

2.4 Número de accesos xDSL por central

Los accesos xDSL que generan tráfico sobre la red de Telefónica (y por tanto son relevantes para el modelo) son los de sus propios clientes y los de los operadores que hacen uso del servicio de acceso indirecto (bitstream). Por tanto, para calcular qué accesos xDSL en las centrales son de Telefónica o utilizan un servicio mayorista bitstream de los operadores alternativos, restamos al total de

accesos de banda ancha el número de accesos de cable, de fibra¹¹ y de bucle desagregado a nivel de central, tal y como explicamos en los siguientes apartados.

2.4.1 Accesos de cable

Para calcular el número de accesos de cable por central utilizamos las tasas de crecimiento nacionales empleadas en el informe de Isdefe¹² ajustadas por el ratio entre el crecimiento asumido por Isdefe para el año 2010 y el crecimiento real en dicho año. Así, el crecimiento en el número de accesos de cable se ralentiza desde un 5.8% anual en 2010 hasta un 0.8% en 2020.

Aplicando a los accesos actuales de cable a nivel nacional el porcentaje de crecimiento asumido obtenemos la demanda nacional de accesos de cable para el periodo 2011-2020. Con esta información se puede obtener también la demanda nacional de acceso de banda ancha menos cable para el mismo periodo.

Para calcular el número de accesos de cable por central el modelo estima el número de accesos de cable por central como resultado de la resta entre la “demanda de banda ancha” y la “demanda de banda ancha menos cable” en cada central.

La demanda de acceso de “banda ancha menos cable” por central se calcula de la siguiente manera:

- Para aquellas centrales en las cuales no existe cobertura de cable a diciembre de 2010 la demanda de banda ancha menos cable coincidirá con la demanda de banda ancha.
- Para aquellas centrales en las cuales sí existe cobertura de cable a diciembre de 2010 la demanda de banda ancha menos cable crecerá a una tasa anual que refleja el crecimiento de la banda ancha de la central (dado su geotipo correspondiente) y el incremento de la demanda de cable a nivel nacional.

¹¹ El tráfico generado por los accesos de fibra, tanto minoristas como mayoristas también es relevante en el modelo y son tratados en la sección 4 de este informe.

¹² Isdefe, Informe final sobre los resultados del modelo de despliegue de redes FTTH/GPON en España, febrero 2009. El documento explica que se asume que los operadores de cable van a estar en disposición de competir con los operadores de fibra por dos razones: (i) los operadores de cable ya están presentes, en mayor o menor grado, en todos los geotipos considerados; y (ii) actualmente, operadores como ONO están comercializando servicios de banda ancha de 50 Mbps, adelantándose a ofertas similares en fibra óptica. El documento establece que el número de accesos de cable en el mercado residencial se calcula bajo el supuesto que un 60% de la cuota de mercado perdida por Telefónica es atraída por los operadores de cable, repartiéndose el otro 40% entre los operadores alternativos. Bajo el supuesto que el mercado empresarial del cable y el residencial crecerán a la misma tasa, se estiman las tasas de crecimiento anual del cable a nivel nacional, que son utilizadas en el modelo.

- Para calcular la tasa anual de banda ancha menos cable calculamos los crecimientos a nivel nacional del número total de accesos de banda ancha y del número de accesos de cable.
 - Si ambas variables crecieran a la misma tasa, el número de accesos de banda ancha menos cable a nivel nacional crecería a ese tasa¹³. En ese caso, las estimaciones de banda ancha menos cable a nivel de central se obtendrían multiplicando el valor del año anterior por la tasa de crecimiento de accesos de banda ancha de dicha central en ese año.
 - Como el crecimiento del número de accesos de banda ancha y cable es distinto, calculamos un factor de ajuste nacional que refleja la diferencia de crecimientos y lo aplicamos a cada central.
 - Este factor de ajuste es la diferencia en términos porcentuales entre la demanda de banda ancha menos cable a nivel nacional estimada anteriormente y la demanda de banda ancha menos cable si el cable tuviese una cuota de mercado constante en el mercado de banda ancha.¹⁴
- De esta forma, el número de accesos de banda ancha menos cable en una central se obtiene multiplicando el valor del año anterior por la tasa de crecimiento del número de accesos de banda ancha en dicha central y el factor de ajuste nacional que refleja los diferentes crecimientos de la banda ancha y del cable.

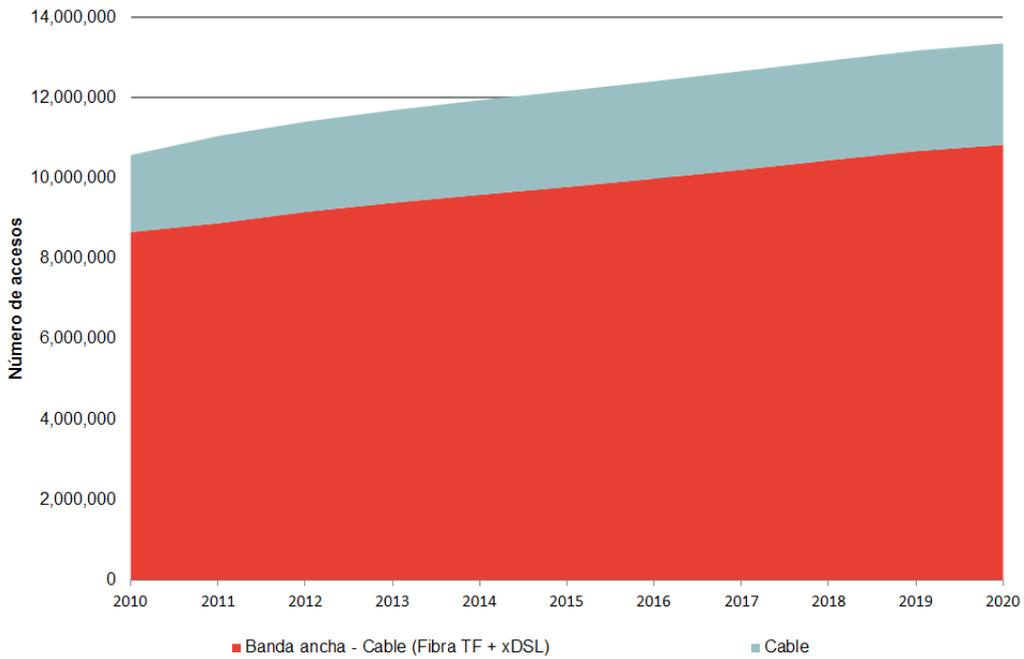
Este proceso permite estimar la demanda de acceso de cable en cada central.

La siguiente figura muestra la desagregación de la demanda de cable sobre la demanda de banda ancha a nivel nacional.

¹³ Es decir si en una central hay diez accesos de banda ancha y dos de cable y ambos crecen al 10%, la diferencia entre banda ancha y cable crecerá también al 10%.

¹⁴ Por ejemplo, si la demanda de banda ancha menos cable estimada a nivel nacional es de 5 millones y la demanda de banda ancha menos cable que resultaría si la cuota de mercado del cable fuese constante es de 5.2 millones, el factor de ajuste sería igual a -3.85%

Figura 6. Desagregación cable



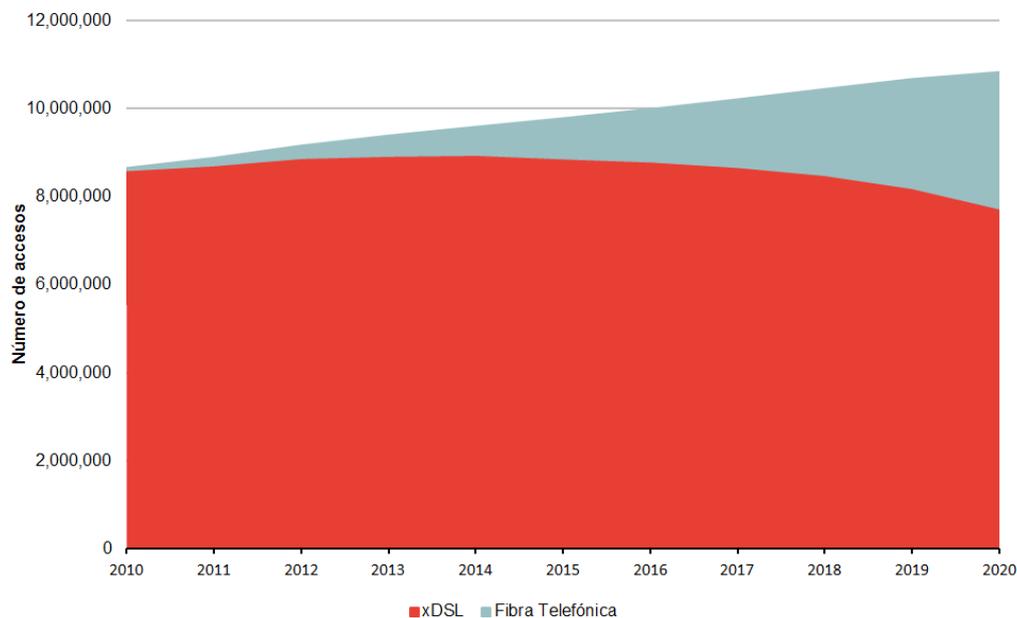
Source: Frontier Economics

2.4.2 Accesos de fibra

Los accesos de fibra relevantes son los minoristas de Telefónica y los de los competidores que usan servicios de acceso bitstream (NEBA).

El número de accesos de fibra se calcula siguiendo la metodología que se explica en la siguiente sección de este informe. Como se muestra abajo, nuestras estimaciones indican un claro efecto sustitución entre la fibra y el xDSL. Mientras que la demanda total de acceso de fibra más xDSL aumenta a un ritmo anual medio cercano al 2% entre 2011 y 2020, la demanda total de acceso de fibra presenta un aumento medio del 60% para el mismo período. Como resultado, la demanda de acceso de xDSL continúa su crecimiento hasta el año 2014, pero a partir de ese punto se observa una caída del mismo.

De esta forma, en 2011 la fibra solamente representa el 2% de los accesos Fibra y xDSL, mientras que, por el efecto sustitución, representa el 29% en 2020.

Figura 7. Desagregación demanda Fibra TF y xDSL

Fuente: Frontier Economics

2.4.3 xDSL minorista de Telefónica

Con el objetivo de calcular la demanda de acceso de xDSL minorista de Telefónica en cada central, partimos de una estimación de la demanda nacional de acceso de xDSL de Telefónica basada en su cuota en el mercado de xDSL.

La evolución de la cuota de xDSL de Telefónica es estimada de la siguiente forma:

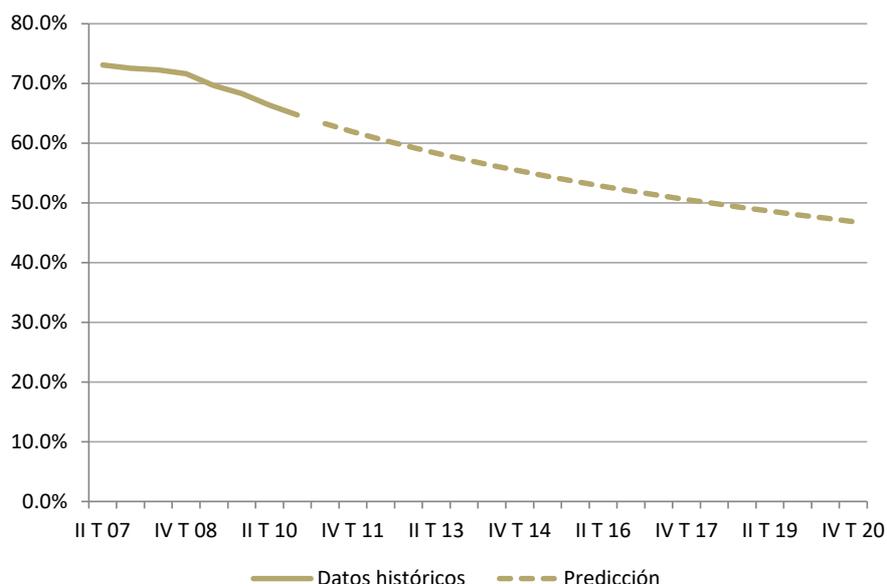
- Asumimos que en 2020 la cuota de xDSL de Telefónica convergerá a la media europea de la cuota de xDSL de los operadores incumbentes.
- La media europea de la cuota de xDSL de los operadores incumbentes en 2020 es estimada usando información histórica¹⁵ entre 2004 y 2010, junto con una predicción basada en una aproximación potencial.
- La cuota de mercado de xDSL de Telefónica resultante en 2020 según los supuestos anteriores es del 46.9%.

¹⁵ Información proveniente de los Informes de Implementación del Marco Regulatorio de Telecomunicaciones de la Comisión Europea.

- Con información del nivel de la cuota de mercado de xDSL de Telefónica en 2010 (64.7%) y su nivel estimado en 2020 (46.9%) se construye una senda de aproximación.

La evolución resultante se muestra en la siguiente figura.

Figura 8. Cuota de mercado de xDSL de Telefónica a nivel nacional



Fuente: Frontier Economics

Esta información es usada para estimar la demanda de accesos de xDSL de Telefónica a nivel nacional. El siguiente paso es distribuir esta demanda entre las centrales de forma que refleje el crecimiento de la demanda de xDSL de la central y el incremento/disminución de la demanda de xDSL Telefónica, lo que se hace de forma que la cuota de mercado de Telefónica disminuya en todas ellas en la misma proporción.

2.4.4 Bucle desagregado

La diferencia entre accesos xDSL y xDSL minoristas Telefónica corresponde a los accesos desagregados e indirectos. En las centrales no abiertas a desagregación esta diferencia se corresponde con accesos indirectos. En las centrales abiertas a desagregación, el reparto entre accesos indirectos y desagregados se hace aplicando a esta diferencia, esto es, a la diferencia entre accesos xDSL y xDSL minoristas, la proporción de accesos desagregados que había en dicha central a fecha de diciembre de 2010. El supuesto es que una vez los operadores han incurrido en el coste de llevar sus equipos a la central, el coste incremental de ofrecer un acceso adicional xDSL en esta modalidad es menor que en el caso de acceso indirecto, por lo que los nuevos accesos xDSL utilizarán

en su mayor parte este servicio mayorista, siendo la cuota de mercado del bucle desagregado un buen indicador de esta probabilidad.

Adicionalmente el modelo toma en cuenta que el número de centrales con desagregación de bucle variará en el tiempo. Para ello utilizamos supuestos de crecimiento del número de dichas centrales basándonos en información histórica de la CMT. El supuesto base es que el número de centrales con desagregación aumentará un 5.2% al año. Además, el modelo tendrá en cuenta un posible cierre de centrales a partir de 2017¹⁶, pero este cierre se reflejará únicamente en una menor tasa de crecimiento del número de centrales abiertas para la desagregación (2.2% anual).

Con estos supuestos obtenemos 731 centrales con desagregación a finales de 2010 y 1.081 a finales de 2020. El reparto para cada central de nuevos accesos xDSL entre indirecto y bucle desagregado utiliza un supuesto similar al caso anterior, ya que desde un punto de vista económico es necesario que exista un número de bucles desagregados suficientemente alto como para que tenga sentido para un operador desplegar sus equipos en la central. Por tanto, para estas centrales se supone una distribución entre desagregados e indirectos equivalente a la media de las centrales ya abiertas anteriormente.

De cara a decidir qué centrales son las que se abren cada año, se da prioridad a las centrales de mayor tamaño, medido como número de pares por central.

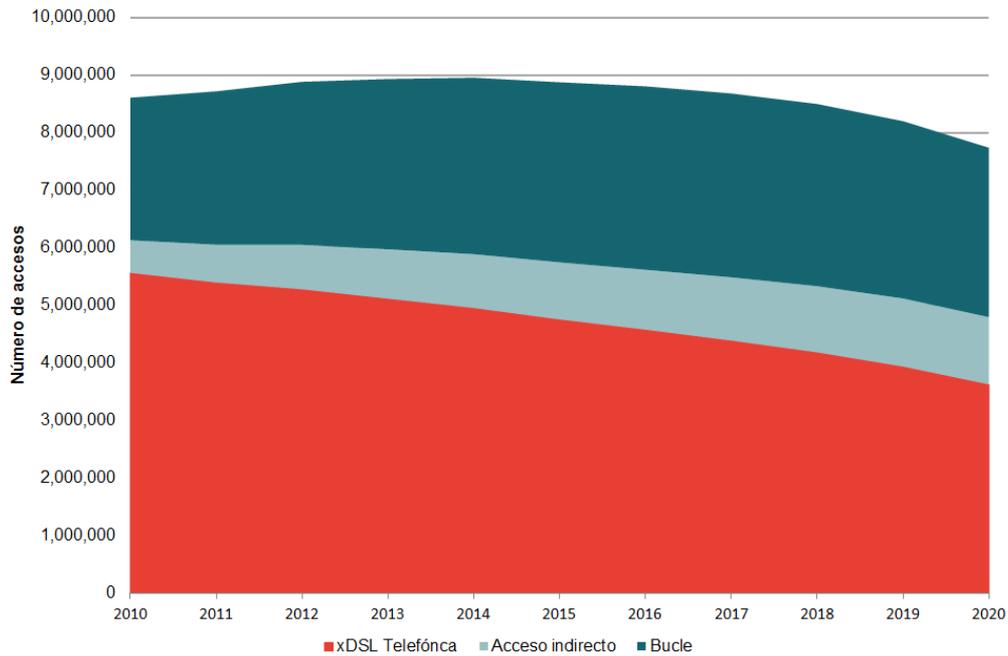
2.4.5 Acceso indirecto

La demanda de acceso indirecto en cada central es calculada como la resta entre la demanda de acceso xDSL y la demanda de xDSL Telefónica y bucle en cada central.

De esta manera se obtiene la desagregación del mercado nacional de accesos de xDSL. A continuación se muestran los resultados obtenidos.

¹⁶ El año 2017 es un supuesto, basado en el plazo de preaviso de 5 años para el cierre de centrales OBA impuesto por la CMT

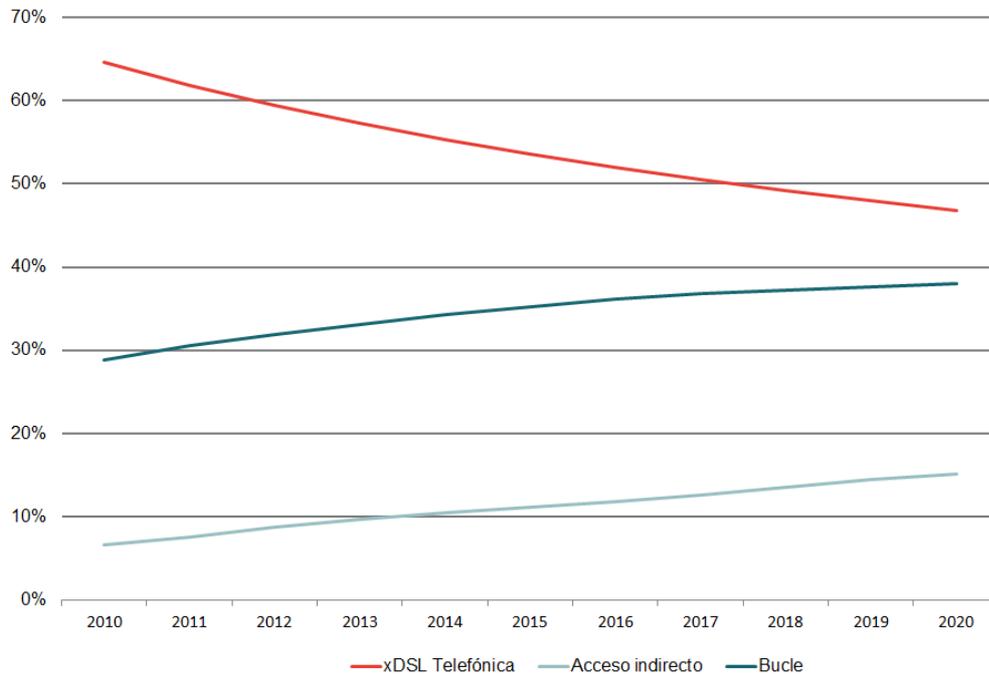
Figura 9. Número de accesos xDSL (Telefónica, bucle desagregado y acceso indirecto)



Fuente: Frontier Economics

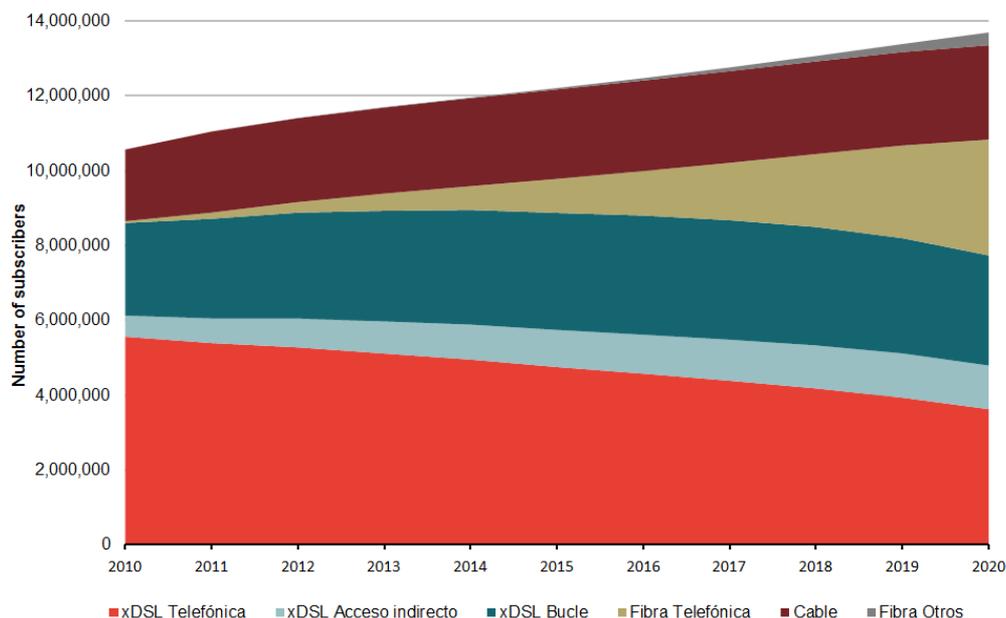
En términos de cuota de mercado sobre el total de accesos de xDSL, como se ha explicado, el peso de Telefónica disminuye progresivamente hasta alcanzar el 46.9% en 2020 (estimación de la media europea). Por el contrario, nuestras estimaciones muestran que el peso relativo tanto del bucle desagregado como del acceso indirecto dentro del mercado de xDSL experimentará un aumento, pasando del 29% y 7% a finales del 2010 a cerca del 38% y del 15% a finales de 2020, respectivamente (véase siguiente Figura).

Figura 10. Distribución del mercado de acceso xDSL (Telefónica, bucle desagregado y acceso indirecto)



Fuente: Frontier Economics

El resultado nacional de la evolución de los distintos tipos de acceso de banda ancha fija se muestra en la siguiente figura. Como se ha explicado anteriormente, la demanda nacional de accesos de banda ancha se desagrega en demanda de cable, fibra, bucle desagregado, xDSL Telefónica, y acceso indirecto xDSL. Los accesos relevantes para el modelo (a efectos de dimensionar la red) son los minoristas de fibra y xDSL de Telefónica y los mayoristas de acceso indirecto xDSL y FTTH.

Figura 11. Desagregación de la demanda nacional de accesos de Banda Ancha fija

Fuente: Frontier Economics

2.5 Cuota de mercado en NEBA

Es necesario definir la cuota de mercado de NEBA en el mercado de xDSL y en el mercado de fibra. En el primer caso, el cálculo tiene en cuenta la migración a NEBA de los distintos tipos de clientes mayoristas de xDSL existentes en la actualidad (ADSL IP provincial, y GigADSL). Los supuestos de migración de estos clientes se fijan a nivel nacional y sólo varían en función de si la central tiene DSLAM IP o sólo DSLAM ATM, según se comenta en la sección 5.1.1.

- Centrales con DSLAM IP: los clientes de ADSL IP nacional no migran a NEBA y los clientes GigADSL y ADSL IP provincial migran a NEBA en tres años¹⁷.
- Centrales con solo DSLAM-ATM: el tráfico de los suscriptores de GigADSL no se tiene en cuenta para el modelo (pues circula por la red ATM, que no forma parte de este modelo) y ningún cliente de ADSL IP migra a NEBA (pues en dichas centrales no hay cobertura NEBA). El

¹⁷ En concreto, asumimos que en 2012 el 25% de los clientes de GigADSL y ADSL provincial habrán migrado a NEBA y que este porcentaje subirá al 60% en 2013 y al 100% en 2014.

modelo contemplará también un escenario en el que la cobertura de NEBA es 100%, en el cual los supuestos de migración serán los mismos que para las centrales con DSLAM IP.

Los nuevos usuarios de xDSL en cada año seguirán el patrón existente en ese momento en su central. Por ejemplo, si la cuota de ADSL IP en el mercado bitstream sobre xDSL en el año 2012 en las centrales con DSLAM IP es del 44% el porcentaje de nuevos clientes que suponemos contratarán el servicio ADSL IP en esas centrales será del 44%.

En el caso de la fibra el modelo asume un porcentaje a nivel nacional de los accesos de fibra que utilizarán el servicio mayorista NEBA en 2012 y una evolución anual hasta 2020. Para calcular esta cuota inicial y la evolución anual hemos usado datos históricos de la evolución del servicio bitstream sobre cobre y de la evolución de los competidores en xDSL. Esta información se resume en la siguiente tabla:

Tabla 3. % acceso indirecto y cuota de alternativos a Telefónica en mercado xDSL

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
% acceso indirecto¹⁸	14%	22%	18%	8%	6%	4%	4%	4%
% accesos competidor en xDSL¹⁹	28%	27%	30%	29%	28%	29%	31%	34%

Fuente: Frontier Economics con información informes anuales CMT

El supuesto inicial en el modelo es que la cuota de NEBA en los accesos de fibra de Telefónica convergerá a 35% en 2020, que es la cuota de los competidores en xDSL en 2010 tras cerca de 10 años de competencia en banda ancha. El modelo asume un nivel de partida del 10%, cercano aunque inferior al 14% que tenía el servicio de acceso indirecto sobre cobre en 2003. La razón de tomar este porcentaje (inferior al 14% pero relativamente alto para la demanda de un servicio nuevo en su primer año) es que pasa un tiempo hasta que un servicio mayorista funciona sin fricciones y, al mismo tiempo, tanto los operadores como el regulador cuentan con la experiencia de los servicios mayoristas de cobre.

Los nuevos usuarios de fibra en cada año seguirán el patrón existente en ese momento. Es decir, si la cuota de NEBA en el mercado de fibra en el año 2012 es del 10% el porcentaje de nuevos clientes de fibra que suponemos contratarán el servicio NEBA en esas centrales será del 10%.

¹⁸ Porcentaje GigADSL y ADSL IP sobre total acceso xDSL cobre.

¹⁹ Porcentaje sobre la suma de alternativos xDSL y Telefónica

Conforme a lo anterior, la cuota de mercado de NEBA en el mercado de fibra será la siguiente:

Tabla 4. Cuota de mercado de NEBA en el mercado de fibra

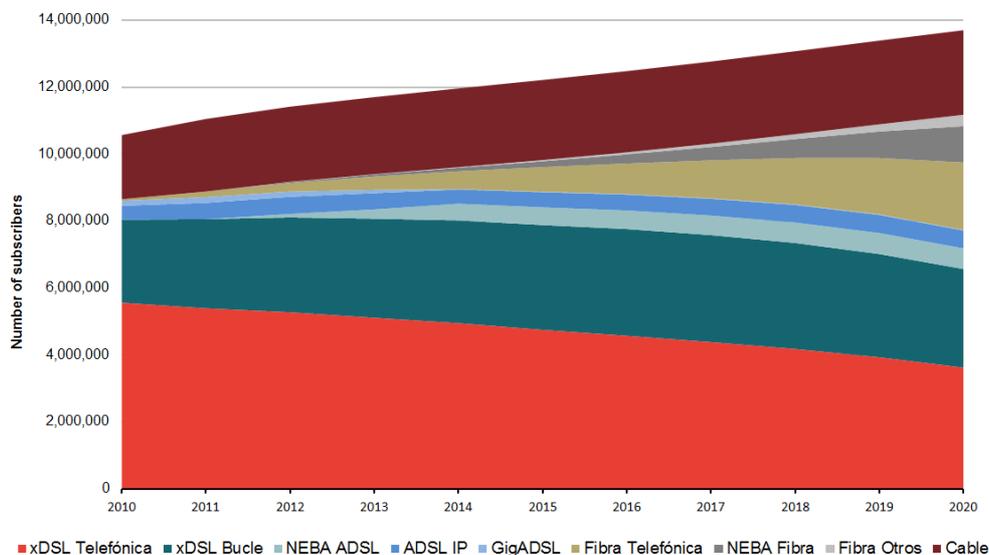
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0%	0%	10%	13%	16%	19%	23%	26%	29%	32%	35%

Fuente: Frontier Economics

2.6 Resultados

El siguiente gráfico y la siguiente tabla muestran el número de accesos estimados para todas las categorías. Como se ha explicado anteriormente, se harán sensibilidades a los supuestos empleados antes de llegar a los números definitivos.

Figura 12. Demanda nacional banda ancha fija por tipo de acceso



Fuente: Frontier Economics

Tabla 5. Número de accesos por tecnología resultante (miles)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
xDSL Telefónica	5,395	5,278	5,114	4,953	4,753	4,576	4,386	4,181	3,935	3,625
ADSL IP	483	512	486	424	451	473	500	524	540	534
GigADSL	175	156	97	10	12	13	14	15	16	17
ULL	2,665	2,831	2,958	3,066	3,128	3,187	3,195	3,165	3,081	2,944
NEBA ADSL	-	104	277	501	530	555	584	611	628	618
Cable	2,168	2,243	2,303	2,353	2,392	2,424	2,453	2,477	2,501	2,525
Fibra Telefónica	166	254	400	534	738	915	1,135	1,386	1,684	2,013
NEBA Fibra	-	28	60	102	173	273	399	566	792	1,084
Fibra Otros	-	9	9	20	38	62	98	146	214	342
TOTAL	11,051	11,416	11,703	11,962	12,214	12,478	12,764	13,072	13,391	13,701

Fuente: Frontier Economics

Demanda de accesos de banda ancha y xDSL

3 Fibra óptica

3.1 Introducción

El modelo incluye los accesos de fibra óptica y el tráfico generado por los mismos. En esta sección explicamos cómo se ha estimado la cobertura de fibra óptica a nivel nacional y su desagregación a nivel de centrales, así como la demanda de accesos de fibra tanto nacional como por central.

La estimación de los accesos de fibra óptica comprende los siguientes pasos:

1. Estimación de la cobertura de fibra a nivel nacional para Telefónica²⁰
2. Estimación de las centrales de cobre que van a tener cobertura de fibra
3. Estimación del número de accesos de fibra a nivel nacional
4. Reparto del número de accesos de fibra a nivel nacional entre las centrales de cobre con cobertura de fibra²¹
5. Determinación de las centrales cabecera.

Dado los pasos anteriores, esta sección del informe se estructura en tres partes:

- Cobertura, que cubre los puntos 1 y 2;
- demanda, que cubre los puntos 3 y 4; y
- centrales cabecera, que cubre el punto 5.

3.2 Cobertura de fibra

La estimación de las centrales con cobertura de fibra se realiza en dos etapas. Primero se estima la cobertura a nivel nacional y a continuación se determinan las centrales de cobre con cobertura.

3.2.1 Estimación del porcentaje de cobertura de fibra de Telefónica a nivel nacional

Conforme a los datos disponibles, medimos la cobertura nacional como el porcentaje de unidades inmobiliarias (UUII) pasadas. Este porcentaje se estima utilizando como punto de partida cuatro tipos de datos:

²⁰ Nótese que aunque un porcentaje de este despliegue de fibra óptica podrá ser llevado a cabo por operadores distintos de Telefónica, nuestras previsiones se refieren a las unidades inmobiliarias pasadas por Telefónica únicamente.

²¹ Dado que las previsiones de accesos de fibra a nivel nacional se realizan para todo el mercado, hacemos unos supuestos sobre la demanda de accesos de fibra a nivel nacional que se atenderá a través de infraestructura física distinta de la de Telefónica (10% en 2020).

- número de UUII con cobertura de fibra a finales de 2010 y julio de 2011;
- previsión anual hasta 2015 de Telefónica de UUII cubiertas; y
- escenario de cobertura bajo para Telefónica del informe de Isdefe²², que equivale a más de 12 millones de UUII en nuestro modelo.

Utilizando la información anterior trazamos una evolución temporal en el despliegue de la cobertura de fibra, sobre la cual se realizan sensibilidades.

3.2.2 Estimación de las centrales con cobertura

Una vez obtenido el número de UUII que serán cubiertas a nivel nacional hay que establecer cómo se distribuyen dichas UUII por el territorio nacional, más concretamente por las áreas de central. Para ello utilizamos los datos de variables socioeconómicas (población, densidad de población, densidad de locales, situación laboral, tipo de empleo, nivel de educación y edad)²³ y de la cuota de mercado del cable que hay disponibles a nivel de central, e implementamos modelos econométricos binarios, tal y como se explica a continuación.

Modelos binarios

Los modelos binarios permiten establecer relaciones económicas cuando la variable dependiente toma sólo dos valores. En este caso nos ayudan a determinar la relación entre las variables socioeconómicas y el hecho de que una central tenga o no cobertura de fibra.

Hay dos modelos binarios principales, el probit y el logit. El modelo usará el probit, ya que se ha comprobado que predice correctamente (un 91% de aciertos) las centrales con cobertura de fibra hasta la fecha.

Los modelos binarios estiman el impacto que cada variable socioeconómica tiene en la decisión de cubrir o no cubrir una central. En este caso, el probit muestra que las variables significativas a la hora de dar cobertura a una central son las siguientes:

²² Isdefe, Informe final sobre los resultados del modelo de despliegue de redes FTTH/GPON en España, febrero 2009. El documento divide España en nueve geotipos que agrupan a los municipios en función de la población y estima la cobertura en cada uno de ellos utilizando una función logística durante los 15 años siguientes al estudio. La cobertura media de Telefónica a nivel nacional en 2023 es igual al 46% de las Unidades Inmobiliarias.

²³ Datos del censo de población de 2001 repartidos a nivel de central en base a sus datos de cobertura

Tabla 6. Resultados probit – variables significativas

Variables significativas al 5%	
Con efecto <u>positivo</u> sobre la cobertura	Población Densidad de población % de gente ocupada % de gente con estudios de tercer grado
Con efecto <u>negativo</u> sobre la cobertura	Cuota de mercado de cable en el mercado de banda ancha

Fuente: Frontier Economics

Además, los modelos binarios permiten predecir para cada central una probabilidad de que sea cubierta. Utilizamos estos porcentajes para ordenar las centrales de mayor a menor probabilidad. Una vez ordenadas, asumimos que se irá dando cobertura a las centrales en el orden así establecido hasta alcanzar el número de UUII cubiertas estimadas a nivel nacional.

Al implementar el proceso anterior hay que tener en cuenta que en la realidad no se cubren con red de fibra el 100% de las UUII dentro del área de central. Asumir que es así supone que los costes de despliegue estimados serán más bajos que en la realidad, ya que las UUII se concentrarían en pocas centrales. El modelo toma como base los datos de cobertura en cada central a marzo de 2011.²⁴

La siguiente tabla muestra la metodología descrita en el párrafo anterior para establecer qué centrales tendrán cobertura de fibra mediante un ejemplo hipotético.

²⁴ El modelo permitirá introducir un valor distinto por central para cada año. Mantener constante el porcentaje de cobertura por central implica que el aumento de UUII se traduce únicamente en la apertura de nuevas centrales y ningún incremento de cobertura en las centrales ya abiertas, lo cual no coincide con la realidad observada hasta ahora.

Tabla 7. Cobertura a nivel de central – ejemplo hipotético con cobertura nacional de 3.000 UUII y sólo cuatro centrales

1	2	3	4	5	6	7
Central	Probabilidad de ser cubierta	UUII en el área de central	% de cobertura por central	UUII a cubrir por central	UUII a cubrir acumuladas	¿Tiene cobertura el área MIGA?
1	97%	10.000	10%	1.000	1.000	Sí
2	87%	5.000	10%	500	1.500	Sí
3	75%	15.000	10%	1.500	3.000	Sí
4	72%	8.000	10%	800	3.800	No

Fuente: Frontier Economics

En la tabla vemos las centrales ordenadas por su probabilidad de ser cubiertas. La tercera columna indica las UUII en cada central²⁵ y la cuarta el porcentaje de cobertura de cada central explicado anteriormente. El producto de las columnas tres y cuatro nos da el número de UUII a cubrir por central (columna 5). La columna 6 contiene el número de UUII a cubrir acumuladas, es decir, muestra para cada central la suma de las UUII a cubrir de las centrales con una probabilidad superior o igual a la suya de ser cubierta. Así, el proceso de llenado empieza comparando la primera fila de la columna 6 (es decir, 1.000) con el número total de UUII a cubrir (3.000 en este ejemplo hipotético). Al ser 1.000 menor que el objetivo de 3.000, sabemos que cubrir la primera central no basta para alcanzar la cobertura nacional estimada, por lo que necesitamos cubrir centrales adicionales. Así, cubrimos la segunda central y vemos que todavía necesitamos centrales adicionales porque el número acumulado de UUII cubiertas (1.500) es menor que la cobertura nacional. La tabla muestra que añadiendo la tercera central alcanzamos la cobertura nacional estipulada, ya que el número de UUII cubiertas acumuladas de las tres primeras centrales es de 3.000 UUII.

El número estimado de centrales con cobertura de fibra por año es el siguiente, si bien se realizarán sensibilidades sobre los mismos:

²⁵ No se disponen datos de UUII para todas las centrales. Para las centrales sin datos, se estima el número de UUII multiplicando su número de accesos totales por el ratio medio *UUII/número de accesos totales* en las centrales para las que se dispone de información sobre las UUII.

Tabla 8. Centrales con cobertura de fibra²⁶

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
166	238	616	745	899	981	1,119	1,272	1,369	1,412	1,425

Fuente: Frontier Economics

3.3 Demanda de accesos fibra

Estimamos el número de accesos de fibra en cada central de cobre calculando primero un número de accesos totales a nivel nacional, aplicando después un porcentaje de esta demanda de acceso de fibra que tendría lugar sobre la red de Telefónica²⁷ y distribuyendo posteriormente esa demanda entre las centrales de cobre cubiertas por fibra.

3.3.1 Demanda de fibra a nivel nacional

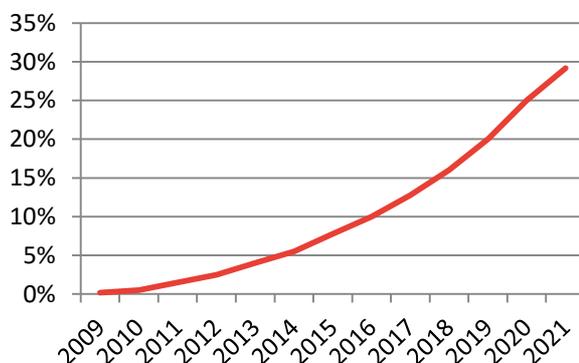
Los datos históricos de los informes trimestrales de la CMT en los que se recogen las estadísticas del sector de las telecomunicaciones muestran un crecimiento exponencial de la cuota de mercado de fibra en el mercado de banda ancha desde el año 2009. Por otra parte, diversos estudios²⁸ consideran que esta cuota de mercado rondará el 30% en el entorno del año 2020.

En lo que no hay consenso es en la trayectoria de aquí al 2020: unos estudios consideran que el crecimiento exponencial se mantendrá durante todo el periodo, mientras que otros abogan por una trayectoria con forma de curva logística (es decir, con mayor crecimiento en los primeros años y menor en los últimos), ya que consideran que la fibra alcanzará su tope alrededor del año 2020. Como se muestra en el siguiente gráfico hemos adoptado un enfoque intermedio, con un crecimiento exponencial durante la mayor parte del periodo y un crecimiento menor en los últimos años.

²⁶ Se considera que una central tiene cobertura de fibra si más de 1% de sus UUII tienen cobertura

²⁷ Bien porque Telefónica comercializa directamente el acceso minorista o porque es un competidor quien lo hace a través del servicio mayorista de acceso indirecto. El resto de accesos serían provistos por otros operadores a través de su propia infraestructura física.

²⁸ Celtic Telecommunications Solutions, Market Development up to 2015, diciembre 2010; Heavy Point, European FTTH forecast 2010-2015, febrero 2011; Isdefe, Informe final sobre los resultados del modelo de despliegue de redes FTTH/GPON en España, febrero 2009.

Figura 13. Cuota de mercado de la fibra en el mercado de banda ancha

Fuente: Frontier Economics

3.3.2 Demanda de fibra en cada central

Una vez estimada la cuota de mercado de la fibra en el mercado de banda ancha a nivel nacional para cada año, obtenemos el número de accesos de fibra a nivel nacional multiplicando esa cuota de mercado por el número de accesos de banda ancha. A este número se le aplica posteriormente un porcentaje para tener en cuenta el número de accesos de fibra de operadores distintos de Telefónica que utilizan como soporte su propia infraestructura. El supuesto es que este porcentaje parte de un 1% en 2012 y alcanza el 10% de la demanda total de fibra a nivel nacional en 2020. Finalmente, los accesos de fibra sobre infraestructura de Telefónica se reparten entre las centrales con cobertura de fibra para tener el número de accesos de fibra por central.

Para ello se asume que la demanda de acceso de fibra en una central dada es igual a su demanda el anterior año ajustada por dos factores:

1. **El aumento en las UUII cubiertas en dicha central.** Este aumento conlleva un incremento en el número de accesos fibra porque algunas de estas nuevas UUII cubiertas contratará fibra. Se asume que en estas UUII la penetración será del 5%.
2. **El aumento en la penetración en las UUII ya cubiertas en años anteriores.** Este incremento ocurre porque en las UUII ya cubiertas habrá nuevos clientes que contratarán fibra en el nuevo año, es decir, que aumentará la penetración en las zonas ya cubiertas. Este aumento es el mismo en términos porcentuales para todas las centrales y se calcula de forma que los nuevos usuarios en estas zonas sumados a los nuevos usuarios estimados en el punto anterior sean iguales al incremento de usuarios a nivel nacional.

La siguiente tabla muestra el número de clientes de fibra en cada año. Nótese que sobre las cifras siguientes se harán sensibilidades:

Tabla 9. Clientes de fibra (en miles)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Fibra construida por Telefónica	166	282	460	636	911	1,189	1,534	1,952	2,477	3,098
Fibra otros	0	9	9	20	38	62	98	146	214	342
Total	166	292	469	656	949	1,251	1,632	2,098	2,691	3,440

Fuente: Frontier Economics

3.4 Centrales cabecera

Las centrales cabecera de fibra son aquellas desde las que se realiza el despliegue de fibra óptica hasta los hogares y es donde se instalan los equipos activos que dan servicio a los clientes²⁹. Dichas centrales son un subconjunto de las centrales de cobre, debido al mayor alcance de la fibra óptica (hasta 20 Km en GPON) en comparación con los accesos de cobre (de unos pocos kilómetros). Por lo tanto, una vez obtenidas las centrales de cobre con cobertura de fibra hay que establecer cuáles serán centrales cabecera. Esto se hace con criterios geográficos, de manera que no haya centrales de cobre con cobertura de fibra que no tengan una central cabecera suficientemente cerca, ni haya dos centrales cabecera tan próximas que sean redundantes.

En caso de que haya varias centrales de cobre con cobertura de fibra situadas tan cerca que sólo sea eficiente que una de ellas sea central cabecera, se elegirá como central cabecera la que tenga el mayor número de DSLAMs.

El proceso seguido es, en detalle, como sigue:

1. Para cada provincia calculamos la matriz de distancias entre las centrales de dicha provincia.
2. Identificamos la central que está a la mayor distancia total con respecto a las demás centrales.
3. Buscamos las centrales que están a una distancia menor o igual de 7.5 kilómetros de esa central (es decir, 5 Km de margen para asegurar que todos los

²⁹ En la arquitectura GPON desplegada por Telefónica y considerada en el modelo estos equipos son los OLT

hogares conectados por cobre a esa central están a menos de 12.5 Km de la central cabecera).

4. De entre todas esas centrales elegimos como central cabecera aquella con mayor número de DSLAMs.
5. Repetimos el proceso para las centrales que no están asociadas a ninguna central cabecera.

Mediante este proceso se obtiene el siguiente número de centrales cabecera en cada año.

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
87	249	304	377	415	489	563	611	636	642

Fuente: Frontier Economics

4 Demanda de tráfico

4.1 Introducción

Esta sección describe la metodología para estimar la demanda de tráfico, la capacidad necesaria para atenderlo y otros aspectos que afectan al dimensionamiento de red tales como la calidad y los niveles de la red de Telefónica que utilizan (red de agregación y red core IP).

La demanda de tráfico no se realiza para aplicaciones individuales sino para las distintas *clases de servicios* que Telefónica ofrece sobre su red. Esto incluirá las tres clases de servicio ofrecidos en NEBA, las dos de ADSL-IP, así como las clases de tráfico que Telefónica tiene para prestar los servicios minoristas (véase tabla resumen al final de la sección). Por ejemplo, la mayoría del tráfico mayorista y minorista se ofrecerá probablemente en *best effort*, sin distinción entre si el tráfico es mayorista o minorista. El modelo supone que Telefónica usará clases de servicios equivalentes a “oro” y “real time” para ofrecer servicios a sus clientes de negocios y usuarios de VoIP. Asimismo, el modelo supone que los niveles de servicio empleados para ofrecer el IPTV de Telefónica son distintos a los incluidos en los servicios mayoristas NEBA y ADSL-IP y, por lo tanto, deben ser identificados por separado.

En algunos casos, una única aplicación se prestará en una determinada clase de servicio. Este es el caso de la clase de servicio de IPTV, que se usará únicamente para el servicio IPTV de Telefónica, que tendrá una calidad específica. Lo mismo ocurre con el servicio “real time”, que se empleará para dar servicios de VoIP. En estos casos, las previsiones de demanda del servicio se harán realizando predicciones para una aplicación concreta. Sin embargo, clases de servicios como “best effort” y “oro” se emplearán para varias aplicaciones (incluyendo sustitutos para servicios que se ofrecen sobre otras clases de servicios como voz y video³⁰). La previsión de estas clases de servicio no se hará en base a la predicción de usos de cada aplicación que soportan sino en base a predicciones concretas para estas clases de servicios.

A continuación ofrecemos más detalle sobre los aspectos anteriores.

4.2 Best effort y oro

Asumimos que todos los clientes de acceso navegan por Internet. No distinguimos entre usuarios mayoristas y minoristas porque los datos facilitados por la CMT muestran que el tráfico por usuario en ambos casos es muy similar.

³⁰ Por ejemplo servicios de VoIP como Skype o vídeos de youtube.

Calculamos el tráfico medio por usuario xDSL/fibra en hora pico en cuatro casos:

- Tráfico best effort de usuarios xDSL;
- Tráfico oro de usuarios xDSL;
- Tráfico best effort de usuarios de fibra;
- Tráfico oro de usuarios de fibra.

Este tráfico medio por usuario se supone igual en todo el territorio nacional.

Para obtener el tráfico total en hora pico best effort y oro que deberá ser gestionado por los DSLAMs y OLTs de cada central, multiplicamos el tráfico medio por usuario en cada central por el número de usuarios xDSL/fibra en esa central.

Para calcular el tráfico best effort y oro sobre xDSL en 2010 usamos datos de la CMT sobre la distribución de los accesos según el ancho de banda y calidad³¹ y el tráfico medio por usuario para cada ancho de banda. Para fibra calculamos la distribución de accesos empleando los datos proporcionados por Telefónica³², el número de accesos de xDSL por ancho de banda de Telefónica suministrados por la CMT. Suponemos que el tráfico medio por usuario en hora punta de los clientes de fibra es igual al de los clientes de xDSL para un mismo ancho de banda. Para los clientes de fibra con ancho de banda contratado igual a 50 Mbps (para los que no se dispone de equivalencia en xDSL), asumimos que el tráfico de banda ancha por usuario en hora pico es de 230kbps tras analizar la relación entre ancho de banda contratado y el tráfico en hora pico para los demás grupos.

Con estos datos, obtenemos el tráfico medio por usuario como una media del tráfico en hora punta por tipo de acceso ponderado por el número de accesos de cada tipo.

Una vez obtenidos los valores en 2010 los proyectamos hasta 2020 asumiendo que crecerán a la misma tasa anual, del 30% en los primeros cinco años y del 20% en los últimos años. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

³¹ Asumimos que la calidad “alto caudal garantizado” es igual a la calidad “oro”.

³² Estos datos han sido proporcionados por Telefónica en respuesta al cuestionario enviado para la realización de este modelo bottom-up

Tabla 10. Tráfico medio por usuario en hora pico (kbps)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Best effort ADSL	95	123	160	208	270	351	422	506	607	728	874
Gold ADSL	85	111	144	187	244	317	380	456	548	657	788
Best effort fibra	192	250	325	423	550	714	857	1,029	1,234	1,481	1,778
Gold fibra	0	0	325	423	550	714	857	1,029	1,234	1,481	1,778

Fuente: Frontier Economics

4.3 Real time (VoIP)

Esta clase de servicio se refiere al servicio VoIP con calidad real time. Otros servicios de VoIP con calidad distinta a real time como, por ejemplo, “best effort”, no estarían incluidos en esta categoría.

El cálculo del tráfico total real time se calcula a partir del número de usuarios del servicio y del tráfico medio por usuario, que se supone igual para todos los usuarios con independencia de su ubicación.

El modelo adopta el supuesto de que todos los usuarios de fibra de Telefónica y de NEBA sobre fibra demandan VoIP. Asimismo supone que los consumidores de ADSL-IP no tienen VoIP y que el 100% de los usuarios de NEBA sobre cobre tendrán VoIP en 2020, tomando como supuesto una cifra inicial del 40%. Asimismo se asume que los usuarios xDSL de Telefónica no tienen VoIP durante el período de tiempo que abarca el modelo. Se harán sensibilidades sobre los supuestos anteriores.

El modelo asume el mismo tráfico medio de VoIP por usuario tanto en fibra como en xDSL. Para el año 2010 se usa como dato el tráfico medio por usuario de tarifa plana publicado en el informe anual de la CMT del año 2010 (4.677 minutos por usuario de tarifa plana y año³³). Se asume que este tráfico medio evolucionará a una tasa del -9%. Esta tasa se ha calculado como la media entre

³³ 44.433 millones de minutos repartidos entre 9,5 millones de líneas con tarifa plana.

2004 y 2010 de la tasa de variación anual en el tráfico de voz fija por línea (tanto de tarifa plana como de tráfico por tiempo).

El consumo en hora punta de cada usuario se obtiene multiplicando el tráfico anual por usuario por el porcentaje de ese consumo que ocurre en hora punta³⁴. A partir del tráfico de voz por usuario en la hora cargada y los usuarios de servicios de VoIP por DSLAM/OLT mediante la fórmula de Erlang se obtiene el número de usuarios simultáneos suponiendo una determinada probabilidad de bloqueo³⁵. La capacidad total es igual al número de usuarios por el ancho de banda utilizado por usuario. El modelo permite elegir entre distintos anchos de banda para reflejar distintos códecs posibles³⁶.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de capacidad por usuario de VoIP real time para los dos códecs contemplados.

Tabla 11. Kbps generados en media por usuario de voz sobre IP en la hora cargada.

Códec	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
G.711 (20 ms)	2.4	2.2	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	0.9
G.711 (10 ms)	3.1	2.8	2.6	2.3	2.1	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2
G.729 (20 ms)	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4

Fuente: Estimación Frontier Economics usando datos de CMT

4.4 IPTV de Telefónica

Aquí nos referimos a la IPTV de Telefónica prestada con calidad distinta del best effort, es decir, Imagenio. En el modelo se supone que los operadores alternativos no ofrecerán IPTV con calidad específica en bitstream y que este servicio se sigue prestando como en la actualidad, a partir de bucles desagregados. Se asume que este tráfico hará uso de la red de agregación Ethernet pero no de la red core IP.

La capacidad necesaria para este servicio depende de la forma en que se provea el servicio. Por ejemplo, la concurrencia esto es, el número de usuarios que

³⁴ Se asume que un 10% del tráfico diario se realiza en hora punta.

³⁵ Se asume una tasa de bloqueo de este tráfico del 0.02%

³⁶ En principio consideraremos dos VoIP G.711 (10-20ms), con consumo por usuario de 100kb/s (20 ms) y 130 kb/s (10ms) y G.729 (con 20ms) con capacidad de 41 Kb/s.

demandan el servicio al mismo tiempo, no es relevante si todos los canales se envían a todos los DSLAMs con cobertura Imagenio.

En el caso de que la concurrencia sea relevante, la capacidad necesaria para dimensionar la red dependerá del número de usuarios suscritos a Imagenio, el número de canales en alta definición (HD) y definición estándar (SD) a los que están suscritos, la capacidad de dichos canales³⁷ y su evolución en el tiempo. Según el informe anual de la CMT, en 2010 Telefónica tenía 785.293 abonados a IPTV. Estudios externos estiman que el crecimiento anual en Europa occidental de los usuarios de IPTV entre 2009 y 2014 será del 19%³⁸. Otros indican que el crecimiento de los usuarios de IPTV en Europa entre 2009 y 2014 será del 92%, lo que es equivalente a una tasa compuesta media anual del 11,2%³⁹. En el modelo asumimos que el crecimiento del número de usuarios de IPTV de Telefónica hasta el 2015 será del 15% (media entre las dos fuentes utilizadas) y la mitad entre 2016 y 2020.

Si Imagenio se presta enviando todos los canales a todos los DSLAM/OLTs, la capacidad para dimensionar la red es función del número de canales en alta definición y definición estándar multiplicado por el ancho de banda de cada canal. La página web de Telefónica informa de que hay más de 70 canales en Imagenio actualmente y de que en fibra, es posible contratar cuatro canales adicionales en alta definición. Asumimos que sobre xDSL no se ofrecen canales en alta definición debido al elevado ancho de banda que estos requieren⁴⁰, que actualmente se ofrecen 122 canales y que este número aumentará en uno al año. Para fibra asumimos que hay 122 canales en definición estándar y cuatro en alta definición y que el número total de canales aumentará en uno al año. Asumimos que este incremento se divide en un aumento de dos canales por año de alta definición y una disminución de un canal por año de definición estándar.

En ambos casos, el cálculo se hace para las centrales con cobertura Imagenio, que se suponen constantes entre 2010 y 2020.

Las siguientes tablas muestran el número de canales sobre xDSL y fibra y el tráfico que estos generan en cada DSLAM y OLT.

³⁷ Este cálculo se hace sólo para las centrales con cobertura de Imagenio (para lo que se usarán datos en disposición de la CMT)

³⁸ Fuente: *European IPTV Forecast, 2009 To 2014*, disponible en <http://www.mrgco.com/iptv/gf0610.html>

³⁹ Fuente: *Analysys Mason. European IPTV subscriptions to double in five years*, disponible en <http://www.analysismason.com/About-Us/News/Insight/European-IPTV-subscriptions-to-double-in-five-years/>

⁴⁰ Alrededor de 8Mbps por canal

Tabla 12. IPTV: número de canales y tráfico por cada DSLAM

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Nº canales SD	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132
Tráfico por DSLAM (Mbps)	366	369	372	375	378	381	384	387	390	393	396

Fuente: Frontier Economics usando datos CMT

Tabla 13. IPTV: número de canales y tráfico para cada OLT

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Nº canales SD	122	121	120	119	118	117	116	115	114	113	112
Nº canales HD	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Tráfico por OLT (Mbps)	398	411	424	437	450	463	476	489	502	515	528

Fuente: Frontier Economics usando datos CMT

4.5 Vídeo a la carta de Telefónica

El tráfico de vídeo a la carta (VoD) de los operadores alternativos está incluido dentro de las clases de servicio best effort/oro y, como tal, no se modeliza explícitamente sino como se ha comentado en el primer apartado de esta sección. El dimensionamiento de la red para acomodar el VoD de los clientes de Telefónica se hace a partir del número de canales simultáneos retransmitidos en la hora pico, información solicitada a Telefónica. Se asume que hay cobertura de vídeo a la carta en todos los DSLAMs/OLTs.

4.6 Resumen clases de servicio incluidas en el modelo

Tabla 14. Clases de servicio incluidas en el modelo

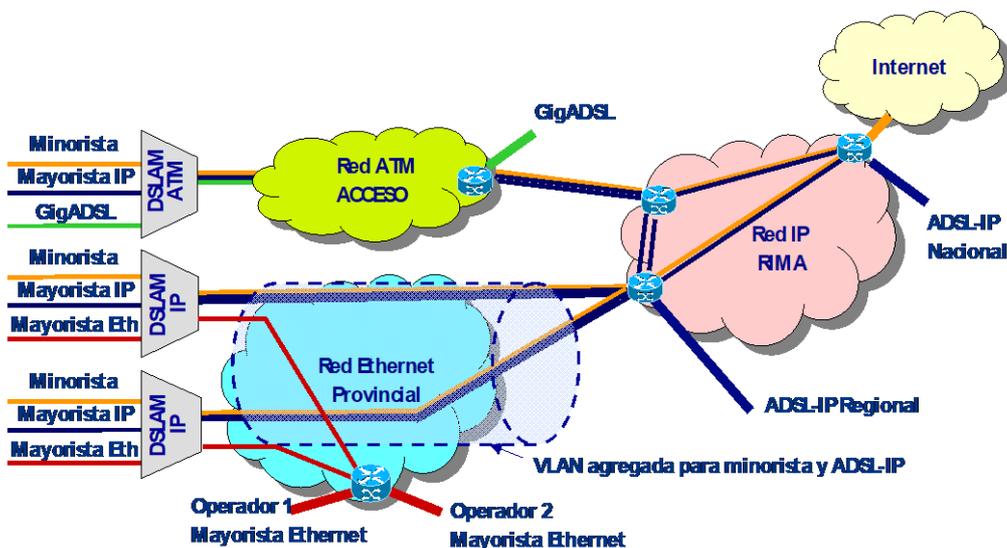
Clase de servicio	Características de tráfico
Best effort	NEBA Best Effort ADSL-IP nacional y provincial (best effort) Minorista de Telefónica (best effort)
Oro	NEBA oro ADSL-IP provincial y nacional (oro) Minorista de Telefónica (oro)
Real Time	NEBA Real Time (VoIP) Telefónica Real Time (VoIP)
IPTV	Telefónica IPTV
Vídeo a la carta	Telefónica vídeo a la carta

Fuente: Frontier Economics

5 Modelización de la estructura de red y dimensionamiento de los equipos

5.1 Estructura de la red

La red del modelo se basa en la arquitectura de red de Telefónica, es decir, contiene una red de agregación Ethernet (de nivel 2) provincial, con un punto de entrega del servicio NEBA, y una red core IP nacional (RIMA) que interconecta las redes de agregación provinciales mediante routers IP, en la que están los puntos de entrega del servicio ADSL-IP nacional y ADSL-IP provincial.



Fuente: Especificación del servicio NEBA

Siguiendo el requerimiento de la CMT, el modelo toma como dadas la ubicación de los DSLAMs/OLTs existentes en la red, de acuerdo a los modelos “scorched node”⁴¹, mientras que la ubicación de los nodos de agregación y los de la red IP serán el resultado de un algoritmo de optimización.

Los DSLAM y OLT de las centrales se conectan a los equipos de la red de agregación. También forman parte de la red del modelo los BRAS/Radius necesarios para prestar el servicio ADSL-IP. Además de los equipos descritos, forman parte del modelo los equipos de transporte (como equipos DWDM) y de OSS/BSS (sistemas de gestión de equipos y de red) necesarios para su funcionamiento. En cuanto a las centrales, se tiene en cuenta en el modelo la existencia en la red de un número creciente de nodos remotos, que contienen DSLAMs de pequeño tamaño y dan cobertura a unos pocos cientos de clientes. Estos nodos se conectan por fibra óptica a una central próxima, y el modelo

⁴¹ Se asume que no se crearán centrales nuevas.

tendrá en cuenta sus costes. A efectos del modelo, se asume que todos los nodos se encuentran a la misma distancia de su central correspondiente, y que esta distancia es igual a 5 kilómetros⁴². El número de nodos remotos en el modelo crece a una tasa de un 12% anual, que es la media de crecimiento desde mediados de 2009.

5.1.1 Cobertura del servicio NEBA

Como es habitual en este tipo de modelos, en la consideración de los equipos a modelizar se sigue el principio de activo equivalente moderno, es decir, no se toma en consideración el activo existente en la red sino que se modeliza uno nuevo de similar funcionalidad.

La aplicación de este principio tiene especial relevancia en el caso de los DSLAMs ATM, ya que el modelo los considera DSLAMs IP. Sin embargo, se asume que en las centrales donde sólo hay DSLAMs ATM no habrá cobertura del servicio NEBA, fundamentalmente porque no existe una obligación de 100% de cobertura del servicio y porque la transición de una red de agregación ATM, como la que existe en estas centrales sólo ATM, a otra Ethernet no es de esperar que suceda en el corto plazo ni está confirmado que vaya a producirse. En el resto de centrales el modelo asume que existe cobertura NEBA, ya que es esperable que esa sea la situación en el medio largo plazo.

En las centrales con cobertura NEBA el modelo asume que habrá una transición del ADSL-IP provincial y de GigADSL a NEBA en un período de 3 años desde 2012. Esto implica que la mayor parte del tráfico ADSL-IP será nacional (proveniente de los operadores que no deseen acceder a mercado provincial).

En las centrales sin cobertura NEBA, es decir, las centrales con DSLAMs ATM únicamente, asumimos que los operadores alternativos no pueden ofrecer calidad real time y que el tráfico bitstream se reparte entre GigADSL y ADSL-IP (en ambas variantes, provincial y nacional), quedando el tráfico GigADSL fuera del modelo al utilizar la red ATM. En cualquier caso, el modelo incorporará una opción en la que la cobertura NEBA se extiende a todas las centrales.

5.2 Modelado de la red

El modelo tiene una estructura de red jerárquica con tres niveles: local, regional y nacional. Dicha estructura está “anclada” en dos grandes elementos: la demanda de los usuarios y una serie de “puntos fijos”.

⁴² Estimación basada en datos de Telefónica para un tipo de nodos y en el hecho de que (1) se incluyen todos los tipos de nodos, y (2) a partir de la obligación de Telefónica de solicitar autorización para los nuevos nodos de interceptación, éstos no tenderán a situarse muy cerca de la central.

- Los puntos fijos que el modelo toma como datos son la ubicación de las centrales (en ellas están los DSLAMs y OLT (consecuencia del enfoque de nodo quemado –“scorched node”)) y los puntos de interconexión determinados por la regulación.
- El número de accesos y el tráfico generado por los mismos, junto con su ubicación, determinan la localización de los nodos de las redes de agregación y core y el tamaño y la estructura de los enlaces de transmisión, tal y como se explica más adelante.

5.2.1 Red de acceso local

En la red local, aunque el modelo no determina la localización de los DSLAMs, sí calcula su equipamiento, que se obtiene en base a la demanda prevista a nivel de área MIGA. La ubicación y el dimensionamiento de los OLTs vienen determinados por la predicción del modelo del despliegue y la demanda de fibra óptica.

5.2.2 Red de agregación provincial

La estructura de la red de agregación se determina a nivel provincial. Los determinantes de la red de agregación son:

- la ubicación y número de DSLAMs y OLTs;
- el coste de los equipos de red y de la infraestructura pasiva (cables, ductos, canalizaciones, etc.); y
- el nivel de tráfico, cuando el número mínimo de nodos necesarios para dar cobertura no proporciona suficiente capacidad.

Para establecer los nodos de agregación empleamos un algoritmo que agrupa los DSLAM/OLT en clusters que tienen como objetivo minimizar el coste de la infraestructura pasiva, dado que este componente de coste es el principal de la red de agregación.

Asumiendo que cada DSLAM/OLT está conectado a un nodo de agregación, para cada cluster se dimensionan dos nodos de agregación. Los nodos de agregación se conectan al nodo core de la red provincial, normalmente a través de diversas rutas por motivos de redundancia.

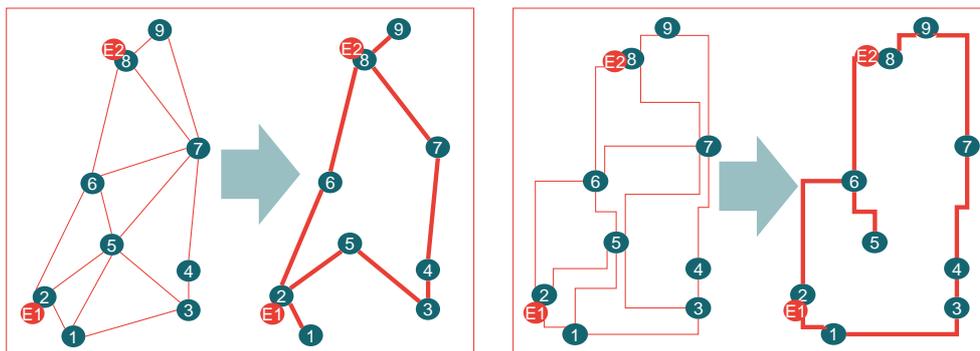
La estructura de red incluye un nivel intermedio en la jerarquía entre los nodos de agregación conectados a los DSLAM/OLTs y los nodos provinciales de la red core. En concreto, hay dos nodos de agregación de segundo nivel en cada provincia. Cada nodo de agregación de primer nivel está conectado a los dos nodos de agregación de segundo nivel de la provincia.

El modelo estima la estructura y enrutamiento para la red tomando en cuenta el nivel de tráfico en el medio plazo, la distancia entre nodos y los requerimientos

**Modelización de la estructura de red y
dimensionamiento de los equipos**

de redundancia y fiabilidad en la estructura de red. Esto resulta en un árbol de expansión, que se determina usando un algoritmo de despliegue óptimo (*optimum spanning algorithm*) que, tomando como dada la ubicación de los nodos de agregación, determina la estructura de la red regional de forma que todos los nodos estén conectados. El algoritmo tiene en cuenta la distancia, medida como distancias rectilíneas (ver siguiente figura), y el tráfico a transportar entre los nodos

Figura 14. Minimización de distancias por el algoritmo de estructura óptima en los casos de nodos unidos mediante distancias lineales y rectilíneas



Fuente: Frontier Economics

5.2.3 Red IP nacional

La red IP se dimensiona en dos capas:

- El nivel frontera (*edge layer*)
- El nivel core

Dada la obligación de ofrecer un servicio ADSL-IP provincial, los nodos del nivel frontera de la red IP se sitúan en el PAI provincial. Los nodos están dimensionados para ofrecer redundancia en el caso de un fallo técnico. Cada nodo Ethernet está conectado físicamente a dos nodos IP.

La ubicación de los routers de la red core estará determinada por la ubicación de los mismos en la red de Telefónica. Se realiza este supuesto porque la localización de los routers de la red core depende de la provisión de otros servicios que no forman parte de este modelo, como servicios ofrecidos a empresas, y que habitualmente se sitúan en grandes ciudades

La necesidad de mayor redundancia hace que para la red core se emplee un árbol de expansión en el que todos los nodos estén conectados a dos nodos distintos (redundancia). El árbol de expansión de la red nacional se calcula minimizando las distancias lineales pero permite fijar un factor (establecido inicialmente en 1.3) que, a la hora de estimar los costes, refleje el hecho de que las zanjas no pueden

seguir una trayectoria recta entre los nodos. Además, por motivos de fiabilidad de la red, se asume que la conexión entre cada par de nodos contiene dos pares de fibras, pudiendo cada uno de ellos transportar todo el tráfico entre ambos nodos.

Se asume que hay al menos un BRAS por provincia y que está localizado en el segundo nivel de la red de agregación provincial. El modelo estima el número de Radius de la red pero no su localización.

5.3 Dimensionamiento de los equipos

Esta sección discute los factores de dimensionamiento de los equipos de las redes local, provincial y nacional.

Red local

Los principales elementos de la red local son DSLAMs y OLTs. Los drivers de costes principales de estos elementos son:

- DSLAMs: número de abonados y número y tipología de los puertos de agregación Ethernet.
- OLTs: número de puertos ópticos iluminados y número y tipo de los puertos de agregación Ethernet.

El principal driver de coste de los nodos de acceso es la capacidad en términos de suscriptores, lo que a su vez viene determinado por el número esperado de los mismos. Sin embargo la capacidad deber ser mayor que el número esperado de suscriptores teniendo en cuenta configuraciones mínimas y la necesidad de un margen de utilización para poder permitir un incremento neto en el número de líneas en el corto plazo, y la prestación eficiente de nuevas conexiones aunque no exista incremento neto. Para tomar esto en cuenta, el modelo dimensiona los equipos conforme a la demanda del año siguiente y utiliza un factor de utilización de puertos del 80% para los DSLAMs y del 90% para puertos OLTs-GPON⁴³. Cada enlace tiene dos pares de fibra, pudiendo cada par transportar todo el tráfico por sí mismo.

La configuración básica de los nodos de acceso proporcionará un nivel determinado de capacidad de tráfico. Cuando esta capacidad no sea suficiente para atender a la demanda de tráfico dada una determinada calidad de servicio, el modelo incluirá capacidad adicional en términos de mayor número de enlaces (n x gigabit Ethernet) o enlaces de mayor capacidad (de 1 Gigabit Ethernet a 10Gigabit Ethernet). Este incremento en capacidad también afectará al dimensionamiento de la red de soporte regional.

⁴³ Otros factores de utilización usados en el modelo son los siguientes: 80% para puertos Ethernet e IP y 1 slot vacante por chasis para el equipamiento Ethernet e IP.

Red provincial

Los elementos principales de la red regional y sus drivers de costes son:

- Nodos de agregación: número y tipo de puertos Ethernet.
- Red de Fibra: número de enlaces punto a punto en cada segmento físico
- Routers frontera (Edge routers): tasa pico de throughput en los paquetes y número y tipo de puertos.
- BRAS/Radius: número de sesiones de los servicios.
- Tecnología DWDM: se asume que se emplea tecnología DWDM para distancias superiores a 40 kms. Para distancias inferiores, se determina si los enlaces emplean tecnología CWDM según el trade off en el largo plazo entre el coste de instalación de estos equipos y el de instalar fibras nacionales.

El enfoque para el dimensionamiento de la red está afectado por la forma en que se modeliza la calidad del servicio (véase sección 6).

En un enfoque de sobredimensionamiento, la capacidad será determinada, en primer lugar, por la capacidad en los enlaces de los nodos de acceso (DSLAMs/OLTs), en vez de por el tráfico generado por los nodos de acceso directamente. Por ejemplo se asume que se emplean puertos de 10 Gb en todos los OLTs independientemente de su tráfico. El modelo, por lo tanto, permite incluir una configuración exógena para los puertos salientes del nodo de agregación de la red provincial y para los routers frontera

Para el resto de enfoques, que tratan de emparejar la capacidad en los enlaces y nodos con el tráfico generado por los clientes, el modelo estimará el tráfico en cada enlace/nodo generado por los clientes servicios por ese enlace/nodo. Cuando sea apropiado (particularmente bajo la opción 3 de calidad de servicio – véase sección 6) se aplican factores de QoS para asegurar que la capacidad necesaria se cumple para los niveles de tráfico relevantes y que el enlace/nodo se dimensionará para asegurar que la capacidad es suficiente y no existe congestión dado un porcentaje de utilización apropiado.

La redundancia en la red provincial consiste en que cada nodo de nivel uno está conectado con otros dos nodos de nivel dos. Cada uno de estos enlaces tiene dos pares de fibra, y cada uno de estos pares está sobredimensionado de forma que puede transportar todo el tráfico. Los nodos no tienen puertos adicionales ya que, si se estropea un enlace se asume que el tráfico de un nodo de agregación de primer nivel se puede re-direccionar por el otro nodo de agregación de segundo nivel.

Red nacional

Para la red nacional se tienen los siguientes elementos de red y factores de dimensionamiento:

- Core routers: tasa pico de throughput en los paquetes y número y tipo de puertos.
- Cables y canalizaciones: kilómetros de las rutas resultantes de los algoritmos de clustering y estructura óptima, y número de fibras.
- Tecnología DWDM: se asume que se emplea tecnología DWDM para distancias superiores a 80 kms. Para distancias inferiores, se determina si los enlaces emplean tecnología DWDM según el trade off en el largo plazo entre el coste de instalación de estos equipos y el de instalar fibras nacionales.

Tabla 15. Principales equipos y drivers de dimensionamiento

Equipos	Drivers
DSLAMs, OLTs	Número de líneas, puertos ópticos iluminados y puertos Ethernet
Nodos de agregación	Número y tipo de puertos Ethernet
Routers	Tasa pico de throughput en los paquetes y número y tipo de puertos
BRAS/Radius	Nº de sesiones ppp de usuarios
Cables y canalizaciones	Kilómetros de rutas y número de fibras
Transporte CWDM y DWDM	Número de canales por tipo de multiplexor

Fuente: Frontier Economics

En la red nacional, todos los nodos están conectados a otros dos nodos. Cada uno de estos enlaces tiene dos pares de fibra, y cada uno de estos pares está sobredimensionado de forma que puede transportar todo el tráfico. Los nodos no tienen puertos adicionales ya que, si se estropea un enlace se asume que el tráfico de un nodo de agregación de primer nivel se puede re-direccionar por el otro nodo de agregación de segundo nivel.

Otros equipos

Además de los equipos anteriores, existen los siguientes⁴⁴:

- OSS/BSSs
- Equipos específicos del servicio mayorista, como por ejemplo equipos de interconexión dedicados.

Los OSSs están compuestos de:

- Aplicaciones de aseguramiento de servicio (gestión y monitorización de alarmas de red y equipamiento y gestión de rendimientos de red)
- Sistema de provisión de servicios
- Sistema inventario de red y planta externa

Los BSSs se utilizan para dar el alta de servicios mayoristas y minoristas.

Los equipos específicos de interconexión mayorista son switches Ethernet y routers IP que se dedican en exclusiva para la interconexión. El modelo asume que en los puntos de interconexión Telefónica dedica un equipo exclusivo a la interconexión con otros operadores, no siendo este equipo utilizado para el resto del tráfico de la red.

Los costes de los elementos anteriores son relevantes y, por tanto, están incluidos en el modelo.

⁴⁴ Otros costes relevantes son los de licencias y software. Estos costes estarán incluidos en el precio de los equipos.

6 Calidad de servicio

6.1 Introducción

En esta sección se detalla el tratamiento que se da en la modelización a las calidades de servicio de NEBA. La definición del producto NEBA comprende tres clases de servicio:

- Best effort (BE), para el que el único parámetro de calidad de servicio (QoS) definido es la pérdida de paquetes;
- Oro, para el que los parámetros de calidad de servicio definidos son pérdida de paquetes y retardo medio; y
- Real Time (RT) para el que los parámetros definidos son pérdida de paquetes, retardo medio y variación en el retardo (“jitter”)

En la siguiente tabla se incluyen los valores para los parámetros de calidad de servicio⁴⁵:

Tabla 16. Parámetros de QoS definidos por NEBA

Clase de servicio	Pérdida máxima de paquetes	Retardo medio de paquetes	Variación en el retardo de paquetes (percentil 95)
QoS BE	0.8%		
QoS ORO	0.4%	66 ms	
QoS RT	0.02%	45 ms	10 ms

Fuente: *Nuevo Servicio Ethernet de Banda Ancha (NEBA) Especificación funcional y desarrollo (B1) V6*

La especificación del servicio NEBA da más detalles sobre los parámetros de calidad de servicio:

- Estos parámetros se miden desde el equipo de cliente hasta el punto de entrega al operador (PAI).
- Los valores de referencia reflejados no se garantizan durante la ejecución de tareas programadas de operación y mantenimiento de la red.

⁴⁵ Nuevo Servicio Ethernet de Banda Ancha (NEBA) Especificación funcional y desarrollo (B1) V6

- Los valores de retardo y variación de retardo toman como referencia un tamaño de trama de 64 bytes.
- Los valores de retardo propuestos tienen en consideración el retardo introducido por el router, siendo éste típicamente del orden de 10 a 15 ms (esto implica que el máximo retardo en la red debería ser 10-15 ms menos).
- Estos parámetros se miden considerando el 100% del tiempo salvo durante la ejecución de tareas programadas de operación y mantenimiento de la red.

Se trata de parámetros máximos para cualquier usuario, y no una media para todos los usuarios en la red.

Las redes se dimensionan generalmente según el tráfico en la hora cargada y los requerimientos de QoS para la hora cargada, ya que de esta forma los requerimientos de calidad se excederían en otros momentos en los que el tráfico es significativamente inferior. Un enfoque de modelización conservador sería dimensionar la red para asegurar que la QoS se atiende en la hora cargada, ya que esto asegurará que los requisitos de QoS se cumplen en su conjunto. El modelo utilizará este enfoque.

6.2 Modelización de la QoS

La cuestión de la calidad de servicio en una red de paquetes multiservicio es compleja. Los operadores, tras el despliegue inicial, dimensionan la red siguiendo un proceso iterativo en el que monitorizan métricas específicas relativas a la utilización de los nodos y los enlaces, provisionando capacidad adicional cuando se exceden determinados umbrales (por ejemplo cuando el 80% de la capacidad en un enlace se utiliza en la hora cargada). Cuando los parámetros de calidad de servicio se definen para ciertos tipos de servicio, las métricas definidas en los acuerdos de servicio (*Service Level Agreements*) se pueden usar como parte del proceso de monitoreo.

Este proceso iterativo descansa en cómo se comporta la red en la práctica (es decir, dadas las características reales de la red en cuestión y el tráfico existente) y no en un proceso analítico basado en el conocimiento de las características del distinto tipo de tráfico que pasa por la red. El enfoque seguido por los operadores posiblemente da lugar a una combinación apropiada entre tráfico y capacidad.

Tratar de modelizar la QoS que se ofrecería en una red determinada y con los distintos mix de tráfico es muy compleja por varias razones:

- Mientras que la capacidad necesaria para algunos tipos de tráfico, tales como los servicios de voz, puede resumirse fácilmente en un único

parámetro (p.ej. Erlangs) o en un pequeño número de ellos, para otros tipos de tráfico, tales como Internet de banda ancha, esto no es tan sencillo por cuestiones como el impacto del nivel de auto-correlación del tráfico en la QoS.

- Mientras que la QoS para servicios de conmutación por circuitos se puede definir de una manera sencilla por un único parámetro, por ejemplo la tasa de bloqueo, la QoS para servicios de conmutación por paquetes puede consistir en varios parámetros tales como retardo medio, proporción de paquetes perdidos o jitter;
- Una proporción significativa del tráfico en la red tiene una calidad que solo se mide en términos de pérdida de paquetes. Esto implica que la QoS en la red puede gestionarse hasta cierto punto simplemente de-priorizando el tráfico BE al no haber requisitos de retraso máximo. Aunque esta de-priorización se puede usar para satisfacer que se cumplen los requisitos de calidad de servicio de otros servicios, la red se debe dimensionar teniendo en cuenta el tráfico BE, para asegurar que el límite de pérdida de paquetes de este tipo de tráfico no se sobrepasa.
- Para servicios que no admiten retardos, la definición de la capacidad del componente de red puede necesitar tomar en cuenta otros parámetros además de la capacidad nominal, tales como tamaño de *buffer* o la posibilidad de priorizar distintos tipos de tráfico. Estos parámetros adicionales necesitan conocerse para cada componente, e incluirse como inputs en cualquier solución analítica, lo que irremediablemente conduce a la necesidad de formular relaciones complejas que no son fácilmente reducibles a una simple fórmula.
- La capacidad necesaria es afectada también por la coexistencia en la red de distintos tipos de tráfico. Un ejemplo sencillo sería aquel en el que dos tipos de tráfico distintos, con picos en diferentes momentos del día, coexisten en la red de tal forma que el tráfico pico resultante para ambos será menor que la suma del tráfico punta para los dos servicios.

Si bien se pueden usar técnicas tales como modelos de simulación para abordar estas cuestiones, incluso simulaciones para un único elemento de red son complejas computacionalmente y altamente dependientes del conjunto de inputs. La extensión de dichas técnicas para una red nacional completa, que gestiona además diferentes clases de tráfico y para los que hay un elevado grado de incertidumbre (por ejemplo de demanda), es muy compleja. Además, ello tampoco implica replicar con exactitud el proceso iterativo que lleva a cabo un operador real monitorizando continuamente el uso de la red y redimensionando los recursos cuando se alcancen ciertos umbrales.

En consecuencia el modelo usa varias alternativas a la QoS que ofrecen estimaciones razonables, teniendo en cuenta además otras circunstancias

comunes en este tipo de ejercicios, y en particular, la realización de predicciones de demanda a largo plazo. Usando varios enfoques para la QoS junto con análisis de sensibilidad, el modelo es capaz de ofrecer resultados razonables sobre el impacto de la QoS.

En principio es posible pensar en cuatro opciones para modelizar la calidad del servicio:

- Opción 1: dimensionamiento de la capacidad de red a partir de la agregación de la capacidad punta requerida por cada tipo de servicio.
- Opción 2: dimensionamiento de la capacidad de la red como la suma de las capacidades de red requeridas para cada tipo de servicio en donde aquellos servicios prestados que ofrecen mayor calidad que el “best effort” tendrían un peso relativo mayor en la suma.
- Opción 3: sobredimensionamiento de los equipos a partir del dimensionamiento realizado en la opción 1.
- Opción 4: sobredimensionamiento de los equipos a partir del dimensionamiento realizado en la opción 2.

Es razonable esperar que la opción 1 proporcione el dimensionamiento de menor coste, y puede considerarse que estaría por debajo del coste real ya que no toma en consideración la variabilidad del tráfico dentro de la hora pico. La opción 2 resultaría en una estimación de costes más elevada, ya que implícitamente asume que cada servicio tiene una capacidad reservada en la red, no tomando en cuenta el potencial de la multiplexación estadística entre distintos tipos de tráfico. Las opciones 3 y 4 parten del dimensionamiento realizado en las opciones 1 y 2, respectivamente, y añaden capacidad adicional para intentar acercarse a la forma en que los operadores parecen dimensionar los equipos en la práctica.

A continuación ofrecemos más detalle sobre las cuatro opciones de modelización de QoS.

6.3 Opción 1: dimensionamiento basado en la demanda punta agregada

6.3.1 Dimensionamiento de red

En este caso la capacidad de la red, el tipo de equipamiento en cada nodo y cada equipo de transmisión se dimensionan según la demanda punta agregada para dicho nodo/enlace, para asegurar que ningún enlace estará congestionado teniendo en cuenta las predicciones de uso. Esto implica que el equipo de red tendrá drivers de capacidad y drivers de cobertura, aunque en la práctica no todo el equipo tendrá drivers de capacidad y cobertura que sean vinculantes (*binding*),

ya que en algunos casos los equipos necesarios para dar cobertura tendrán más capacidad de la necesaria para atender el tráfico.

Para calcular la demanda punta agregada es necesario calcular la demanda punta de cada clase de servicio⁴⁶, teniendo en cuenta los distintos niveles de calidad. Para cada clase de servicio el volumen de tráfico en la hora punta se expresa como un requerimiento de ancho de banda medio. Por ejemplo en el caso del tráfico de voz esto será equivalente al producto del número de Erlangs y el ancho de banda unitario requerido para una conversación. Para el tráfico de paquetes, se basa en una estimación del ancho de banda medio por suscriptor multiplicado por el número de suscriptores.

Nótese que el ancho de banda medio por abonado en la hora cargada no representa el ancho de banda punta dentro de la hora cargada, ya que debido a la variación aleatoria, la demanda no está igualmente distribuida sobre la hora pico. Cuando algún tráfico admite retardos, las variaciones de la demanda dentro de la hora cargada pueden suavizarse haciendo que este tipo de tráfico se encole, priorizando otro tráfico que es real time (p.ej. voz) o que tiene menos tolerancia al retardo (p.ej. IPTV o tráfico oro). Hacemos el supuesto que retardando/descartando el tráfico best effort, podemos suavizar el tráfico completamente para asegurar que el ancho de banda máximo requerido dentro de la hora cargada es igual al ancho de banda medio.

6.3.2 Implicación sobre los costes de la QoS

Una característica de esta opción es que se puede establecer una relación de causalidad de costes entre la capacidad dedicada y cada servicio: la capacidad de red dedicada a un producto en particular se puede identificar estimando la capacidad incremental requerida en la red cuando este servicio se añade al resto de los servicios de red. Sin embargo, esta relación será bastante débil porque, debido a que la capacidad se añade en grandes incrementos, gran parte del equipamiento tendrá niveles de utilización por debajo del límite a partir del cual se añade más capacidad. Por lo tanto, el coste incremental de añadir o quitar una pequeña cantidad de tráfico será relativamente pequeño ya que solo reflejará los cambios en la capacidad de los elementos de red que están cerca del límite a partir del cual se añade (o quita) capacidad.

Bajo este enfoque, si empleamos las predicciones de tráfico actuales, en las que la mayor parte del tráfico es *best effort*, el coste unitario incremental de servicios con diferente calidad es igual, ya que es el volumen total de tráfico el que influye en el dimensionamiento. Sin embargo, si el mix de tráfico cambia significativamente el supuesto de que los requisitos de calidad pueden satisfacerse de-priorizando tráfico best effort puede no cumplirse. En ese caso el coste de los servicios con

⁴⁶ Véase sección 4

mayor calidad será mayor. Por lo tanto, es razonable recuperar una mayor proporción de los costes fijos y comunes con servicios de mayor calidad, incluso si bajo los supuestos actuales los costes incrementales unitarios son independientes de la calidad de servicio.

6.4 Opción 2: Dimensionamiento usando la demanda punta de cada servicio ponderado por calidad de servicio

6.4.1 Dimensionamiento de red

Esta opción es similar a la anterior con la excepción de que el input de tráfico no es simplemente una agregación del tráfico de todas las clases de servicios, sino que se aplican pesos relativos que reflejan la priorización de tráfico con mayor calidad de servicio.

Los pesos se calculan de tal forma que se reserva una capacidad suficiente para para poder proveer la calidad de servicio requerida en esa capacidad y para ese servicio en concreto. El supuesto implícito es que no es posible atender los requerimientos de capacidad en la hora cargada de los servicios que no admiten retardos (tales como el tráfico de voz) retardando otro tipo de tráfico como el BE. Por este motivo, ha de proporcionarse la capacidad suficiente para cada servicio individualmente, de tal forma que los requisitos de QoS se cumplan.

El modelo supone que el tráfico BE admite retardos tales que la capacidad requerida en la hora cargada es igual al tráfico medio en la hora cargada. De esta forma, los pesos relativos se calculan con respecto al tráfico BE y se basan en la capacidad teórica adicional requerida para proveer el servicio sobre el uso promedio en hora punta del BE.

QoS ORO

Para la clase de servicio oro, los parámetros de QoS se definen como tasa de descarte de paquetes y retardo medio.

La naturaleza exacta del tráfico oro no se puede conocer con certeza. Un supuesto es que el momento de llegada de los paquetes es una variable aleatoria e independiente que sigue un proceso de Poisson. En la práctica habrá cierta interdependencia al nivel de usuario individual, con los paquetes llegando en grupos, por ejemplo cuando se descarga una página web. Sin embargo, al nivel global de la red el supuesto de independencia es razonable.

Para modelizar la relación entre capacidad y retardo de paquetes es necesario realizar supuestos adicionales: (i) el tiempo de servicio requerido para cada paquete se distribuye según una distribución exponencial; (ii) hay un único servidor para todos los paquetes; y (iii) la cola de paquetes puede ser infinita.

En una red de paquetes, el primer supuesto es prácticamente equivalente al supuesto de que el tamaño de los paquetes se distribuye exponencialmente. El supuesto de que hay un único servicio es una aproximación razonable de la red de agregación, en la que el tráfico procedente de un número de usuarios se concentra en enlaces únicos en los sucesivos niveles de la jerarquía de red. La multiplexación de este tráfico conduce a que el tráfico de distintos usuarios se combine en un único caudal que conduce al siguiente nivel en la jerarquía de red. El supuesto de que la longitud de la cola puede ser infinita no es una descripción literal de cómo funcionan las redes en la práctica. Sin embargo, en una red bien dimensionada y gestionada, es improbable que el tamaño del buffer sea una restricción vinculante para el tráfico oro.

La combinación de estos supuestos simplificadores conduce a un proceso de colas del tipo M/M/1, que está definido por dos parámetros: la tasa a la que llegan los paquetes (λ) y la tasa a la que los paquetes son atendidos o tasa de servicio (μ).

La tasa de *throughput* del sistema (nodo o enlace) se define generalmente en términos de ancho de banda (Gbit/s). Esto puede convertirse en una medida de paquetes por segundo utilizando supuestos sobre el tamaño de los paquetes. En redes típicas, el tamaño medio del paquete está en torno a 576 bytes (4.5 kbits)⁴⁷. Esto a su vez da un tiempo medio de servicio (μ).

El tiempo de espera (tiempo en la cola + tiempo de servicio) en un nodo determinado y para una tasa de llegada dada (λ) puede entonces estimarse como:

$$T = 1 / (\mu - \lambda)$$

Con un requisito de tiempo de espera medio y una tasa dada de llegada de paquetes, puede calcularse la capacidad requerida para obtener este tiempo de espera⁴⁸.

⁴⁷ Valor basado en el análisis de tráfico http realizado por The Cooperative Association for Internet Data Analysis (www.caida.org).

⁴⁸ En este análisis, se supone que el tiempo de espera es la restricción vinculante y se supone que la pérdida de paquetes es cero, en consistencia con el supuesto del modelo de la longitud infinita de la cola.

Ejemplo de modelización QoS: Oro

El primer paso en el cálculo es estimar el tráfico punta medio generado en un nivel dado de la jerarquía de red, el cual se calcula a partir de un tráfico medio por usuario.

Suponiendo 10 clientes oro por DSLAM y cada abonado generando 100 kbit/s de tráfico en la hora cargada, el ancho de banda total es:

$$10 * 100 \text{ kbit/s} = 1000 \text{ kbit/s}$$

Con un tamaño medio del paquete de 4.5 kbit, la tasa de llegada (λ) es:

$$1000 \text{ kbit/s} / 4.5 \text{ kbit/packet} = 222 \text{ packet/s}$$

El siguiente paso es definir el techo para el retardo medio. Según la especificación de NEBA el retardo medio es 66 ms. Esto incluye 10-15 ms de retardo en el router, que deja un máximo de 51 ms de retardo en la red.

En una red eficiente, el retardo será mayor en los niveles de red más cercanos al usuario debido a la combinación de una menor capacidad de los enlaces y a una menor tasa de llegada de paquetes. Si suponemos que el 50% de los retardos ocurrirá en el DSLAM (dejando que el 50% del retardo restante ocurra en los switches de nivel L1 y L2 y en el PAI⁴⁹), el máximo retardo medio sería:

$$(66-15) * 50\% = 25.5 \text{ ms}$$

En el caso de la M/M/1, el tiempo de espera (retardo) total del sistema se define como:

$$T = 1 / (\mu - \lambda)$$

Donde μ es la tasa de servicio y λ es la tasa de llegada.

Reordenando se tiene que $\mu = \lambda + 1/T$ y sustituyendo la información anterior:

$$\text{Tasa de servicio} > 222 \text{ packet/s} + 1000/25.5 = 222 + 40 = 262 \text{ packet/s}$$

En terminos de ancho de banda esto es equivalente a la reserva de un ancho de banda requerido para asegurar la QoS de:

$$262 * 4.5 = 1180 \text{ kbit/s}$$

Comparando la demanda punta media con la capacidad requerida para entregar la calidad de servicio, obtenemos un peso de:

De esta forma, para asegurar la calidad de servicio al tráfico oro se le aplica un

⁴⁹ El reparto del retardo que se use en el modelo estará basado en un análisis de sensibilidad para asegurar que sea consistente con la eficiencia productiva de forma que los factores de dimensionamiento resultantes den lugar a un dimensionamiento que minimice los costes totales de la red

margin del 18% y una asignación de costes del 18% superior que la cantidad equivalente para el tráfico BE

QoS real time

La naturaleza del tráfico real time es significativamente diferente del típico tráfico de conmutación de paquetes, ya que tiende a estar basado en la conexión y a un bit rate más o menos constante (esto es, hay un alto grado de auto-correlación), por lo que no es razonable asumir que los paquetes llegan independientemente. En este caso, la función Erlang ofrece el método más apropiado para calcular la capacidad necesaria para obtener una determinada QoS, con el parámetro de paquetes descartados usado para definir la tasa de bloqueo apropiada (esto es, el paquete sería descartado si no hay capacidad suficiente disponible para atenderlo).

Desde una perspectiva de planificación de red, asumiendo capacidad dedicada, la calidad de los servicios real time es principalmente binaria, en el sentido de que hay suficiente capacidad para prestar el servicio o no. Por este motivo no es necesario tener en cuenta en el modelo los otros parámetros de calidad de servicio (retardo medio y variación en el retardo). En la práctica, donde la calidad se proporcionará dando prioridad al tráfico real time, Telefónica monitoreará todos los parámetros para asegurar que la red tiene tamaño suficiente.

De esta forma, para tráfico de voz, la capacidad requerida en términos de canales de voz para ofrecer cierto nivel de tráfico en hora pico (medido en Erlangs) para cierta calidad de servicio (blocking rate) se puede calcular usando la fórmula Erlang-B⁵⁰. El ratio canales de voz/erlangs sería entonces el factor a aplicar.

⁵⁰ El uso de la teoría Erlang supone que el estado de un paquete es binario: el paquete es transportado con un retardo mínimo (y por tanto se cumplen los parámetros de QoS para retardos y jitter) o el paquete es rechazado y se pierde.

Ejemplo de modelización de QoS: Real time

El primer paso del cálculo consiste en estimar el tráfico pico medio generado en un determinado nivel de la jerarquía de red. Esto se puede calcular a partir del número de Erlangs por abonado.

Asumiendo 100 abonados real time por DSLAM, con cada abonado generando 0.1 Erlangs de tráfico (6 minutos en media) en la hora cargada, el tráfico total será:

$$100 * 0.1 \text{ Erlang} = 10 \text{ Erlangs}$$

El siguiente paso es definir la tasa de bloqueo (suponemos 0.02%).

En una red eficiente, la pérdida de paquetes (bloqueo) será mayor en los niveles de red más cercanos al usuario debido a la combinación de una menor capacidad de los enlaces y a un menor nivel de tráfico. Si suponemos que el 70% del bloqueo ocurrirá en el DSLAM (dejando que el 30% del bloqueo restante ocurra en los switches de nivel L1 y L2 y en el PAI⁵¹), la máxima tasa de bloqueo sería:

$$0.02\% * 70\% = 0.014\%$$

Usando la fórmula de Erlang B, con menos de 24 canales esta tasa de bloqueo sería conseguida.

Comparando la demanda punta con la capacidad requerida para entregar la QoS obtenemos un peso de:

$$24/10 = 2.4$$

De esta forma, para asegurar la calidad de servicio al tráfico real time se le aplica un margen del 140% en los cálculos de red y una asignación de costes del 140% superior que la cantidad equivalente para el tráfico BE.

En el modelo se estiman los factores de calidad de servicio para los distintos elementos de red empleados para ofrecer servicios NEBA:

- los DSLAMs y los enlaces que los unen con los switches Ethernet de primer nivel;
- los OLTS y los enlaces que los unen con los switches Ethernet de primer nivel;
- los switches en el primer y segundo nivel de agregación; y
- los enlaces entre los switches de primer y segundo nivel.

⁵¹ Al igual que para el tráfico oro, el reparto del bloqueo se hará tras realizar un análisis de sensibilidad de forma que se minimicen los costes totales de la red

Los factores son distintos a diferentes niveles de red por el impacto de la agregación de tráfico y la variabilidad del mismo. A niveles superiores de red se da servicio a más clientes y se reduce la variabilidad del tráfico en la hora punta con respecto al nivel medio de tráfico. Esta reducción en variabilidad relativa implica que el ratio entre el tráfico punta y el tráfico medio será menor y, por lo tanto, el factor de sobredimensionamiento necesario será menor para una calidad de servicio dada.

Este efecto también se tiene en cuenta al distribuir el objetivo de calidad de servicio entre los diferentes niveles de red, de forma que se supone que la gran mayoría de bloqueos y retrasos de tráfico ocurren en los niveles inferiores de red. Esto debería minimizar el coste total de la red.

Los factores se calculan con respecto al tráfico *best effort*, al que por definición se asigna un factor igual a 1. El tráfico IPTV, al requerir una capacidad constante, no varía durante la hora pico y, por lo tanto, la capacidad necesaria será exactamente igual al ancho de banda medio para la aplicación. Por este motivo se le aplica un factor igual a 1.

Por lo tanto, calculamos factores para:

- servicios real time;
- calidad oro; y
- video a la carta no best-effort (cuyo factor se calcula a partir de una tasa de bloqueo)

Para cada combinación de elementos de red y calidades se calcula, utilizando la metodología explicada en los ejemplos descritos más arriba, un factor de dimensionamiento basado en los siguientes parámetros:

- el tráfico típico por enlace (en paquetes o Erlangs); y
- los requisitos de calidad de servicio para el nivel de red correspondiente (en términos de retraso medio o de tasa de bloqueo)

La siguiente tabla muestra los inputs clave y los factores resultantes de calidad de servicio usados en la versión actual del modelo. Nótese que estos factores pueden variar en función de cuestiones tales como el reparto del retardo entre diferentes niveles de red (véase caja de texto anterior).

Figura 15. Factores de calidad de servicio: Inputs clave y resultados

Total traffic per link/node			OLT	DSLAM	L1	L2
4 Real time	<i>Erlangs</i>		15.4	2.0	115.7	658.0
5 Gold	<i>packet/s</i>		1,968.8	253.1	14,777.3	84,045.7
7 VOD traffic	<i>Erlangs</i>		82.5	10.6	619.3	3,522.6

QoS Parameters by network level			DSLAM/ OLT	Level 1	Level 2
4 Real time	<i>blocking rate</i>		0.012%	0.005%	0.003%
5 Gold	<i>mean delay (s)</i>		0.0306	0.0128	0.0077
7 VOD traffic	<i>blocking rate</i>		1.200%	0.500%	0.300%

Capacity required			OLT	DSLAM	L1	L2
4 Real time	<i>Channels</i>		32.0	10.0	157.0	751.0
5 Gold	<i>packet/s</i>		2,001.5	285.8	14,855.7	84,176.4
7 VOD traffic	<i>Channels</i>		98.0	18.0	659.0	3,602.0

QoS Factors (capacity/traffic)			OLT	DSLAM	L1	L2
4 Real time			2.08	5.05	1.36	1.14
5 Gold			1.02	1.13	1.01	1.00
7 VOD traffic			1.19	1.70	1.06	1.02

Los parámetros de calidad (tasas de bloqueo y retraso medio) en cada nivel de la red mostrados en la tabla se obtienen multiplicando los requisitos de calidad de cada servicio, por el porcentaje de retraso/bloqueo asignado a cada nivel de red. Este porcentaje se fijará, como se ha explicado anteriormente, por un proceso iterativo hasta encontrar los valores que se minimicen los costes totales de la red.

La capacidad necesaria en cada nivel de red se calcula, a partir del tráfico a cursar en dicho nivel, siguiendo la metodología explicada en los ejemplos descritos más arriba. Finalmente, se obtienen los factores de calidad como el cociente entre la capacidad necesaria estimada y el tráfico a cursar.

6.4.2 Implicación sobre los costes de la QoS

En este enfoque, los costes incrementales son distintos para cada calidad de servicio. Estos costes incrementales guardarán la misma proporción que los factores de dimensionamiento aplicados anteriormente. Por lo tanto, recuperar la totalidad de los costes usando estos factores es equivalente a un enfoque LRIC + EPMU⁵².

⁵² Equi-proportionate mark-up. Los costes comunes se asignan a cada servicio en proporción a los costes que son directamente atribuibles a cada servicio.

6.5 Opciones 3 y 4: Sobredimensionamiento de la red

6.5.1 Dimensionamiento de red

Estas opciones utilizan criterios básicos de sobredimensionamiento (por ejemplo, doblar el número de puertos en los DSLAMs o conectar cada nodo a través de la red de transmisión usando una capacidad estándar de 10 GbE). Pensamos que esta es una opción que los operadores pueden estar implementando en la práctica en el acceso y en la red de agregación, donde el dimensionamiento de la red está basado en tráfico esperado a medio plazo.

Una vez dimensionada la red de esta manera, el modelo comprueba entonces si se atiende la demanda total o si algunos enlaces se congestionarán bajo los supuestos de volumen de tráfico⁵³. A pesar de que los niveles de tráfico estén, en media, por debajo de la capacidad nominal del enlace, la congestión puede ocurrir debido a la naturaleza no homogénea del tráfico que genera picos en el corto plazo. La naturaleza del tráfico “best effort” reconoce que cierto grado de congestión puede ocurrir en una proporción de enlaces/nodos debido a un elevado uso relativo por parte de los consumidores servidos por esos enlaces. Es decir, si en un determinado enlace o nodo el tráfico excede la capacidad disponible, por ejemplo porque hay mucha concentración de tráfico en ese punto concreto, el supuesto es que la QoS de real time y gold se atiende gestionando el tráfico BE a través de la definición de prioridades como se dice en el párrafo siguiente. Mientras que la mayoría de los enlaces permanezcan descongestionados, el nivel general de calidad de servicio estaría dentro de niveles aceptables, y a través de establecimiento de prioridades, la calidad de servicio para tráfico no “best effort” puede ser mantenida.

Pero si el modelo predice congestionamiento generalizado, esto indicaría que la capacidad estándar no es adecuada y que se necesita capacidad adicional que tendría que ser suministrada de forma generalizada. Esto se determinará con dos criterios: si más de 1% de los enlaces están congestionados o si los enlaces donde hay congestión están infradimensionados en tal grado que el tráfico de alta calidad se vería afectado (esto es la demanda excede más del 100% de la capacidad).

Por tanto, bajo este enfoque, la proporción de tráfico que es best effort, gold o real time no influye tan directamente en el dimensionamiento de la red. Es decir, el dimensionamiento de la red no depende tanto de si, por ejemplo, el 60% del tráfico en la hora cargada corresponde a “best effort” o “gold” o a “real time”.

⁵³ Nótese que cualquier capacidad instalada no se utilizará al 100% sino a un porcentaje de uso a determinar en el modelo.

6.5.2 Implicación sobre los costes de la QoS

Bajo este enfoque, la relación entre costes y volúmenes de servicio es débil, ya que para los elementos de red que están dimensionados sin tener en cuenta el tráfico los costes incrementales de proveer un incremento adicional de tráfico de un determinado tipo, o los costes evitables de no entregar una cantidad de ese tráfico, serán cero, ya que el dimensionamiento de esos elementos de red y por lo tanto sus costes no están relacionados con el volumen de tráfico.

Sin embargo, aunque los costes de estos elementos de red pueden ser considerados como fijos, los costes han que ser asignados a los servicios para asegurar que Telefónica pueda recuperar todos sus costes. Aunque a los niveles previstos de demanda la red está sobredimensionada, si el tráfico fuera a crecer más rápidamente de lo previsto se necesitaría capacidad adicional. Esta capacidad adicional también sería mayor si una mayor proporción de tráfico tuviera mayores requisitos de calidad, por ejemplo, si tráfico que actualmente es best effort migrara a real time. Por lo tanto, en el límite, todo el tráfico tiene un coste incremental y el tráfico con mayor calidad tiene un coste incremental mayor.

Por tanto, un criterio razonable para asignar estos costes⁵⁴ es basarse en las características de la red cuando se alcanzan los límites de capacidad, asignando más costes a los servicios con mayor tráfico en la hora punta y mayores requisitos de calidad.

6.6 Conclusión

En la práctica, los operadores aplican un proceso iterativo para tener en cuenta la QoS en el dimensionamiento de la red, debido a la complejidad de tratar esta cuestión desde un punto de vista analítico. Como este proceso iterativo no puede replicarse en un modelo, el modelo calcula tres distintos escenarios para tener en cuenta la QoS.

En la opción 1, el dimensionamiento de red se realiza a partir de la demanda pico total, es decir, para cada QoS, se estima la cantidad necesaria de capacidad y se suma para obtener la demanda punta total agregada. Desde este punto de vista, el hecho de que el tráfico RT tiene más prioridad no impacta en la capacidad total de red necesaria, ya que la prioridad se gestiona de-priorizando el resto del tráfico (fundamentalmente BE). En este caso la relación causal entre las distintas calidades y los costes de red es bastante débil ya que, debido a que en muchos casos la capacidad se añade en grandes incrementos, un incremento o disminución del tráfico sólo cambiará una pequeña proporción de los costes de red.

⁵⁴ Nótese que desde el punto de vista de eficiencia asignativa, el enfoque óptimo implicaría asignar estos costes en función de la elasticidad de la demanda.

En la segunda opción de modelización de la QoS, la capacidad requerida para cada clase de servicio y la QoS del servicio en cuestión afectan al dimensionamiento de la red, aplicando un factor a la capacidad necesaria para cada servicio. En el caso del tráfico BE, este factor es 1. Para el tráfico RT, el factor se calcula usando la fórmula Erlang B, y para el tráfico oro se calcula usando una teoría de colas más general. En términos de la asignación de costes, los servicios de mayor calidad son responsables de una mayor proporción de los costes incrementales para un mismo nivel de capacidad que los servicios de menor calidad.

En el escenario de sobredimensionamiento se usan reglas ingenieriles que a menudo no se basan en las predicciones de demanda sino en reglas básicas de sobredimensionamiento (por ejemplo, cada nodo se conecta a través de la red de transmisión usando una capacidad estándar de 10 GbE). Desde el punto de vista de los costes, para los equipos así dimensionados no existe apenas relación causal entre las distintas calidades y los costes de red.

7 Cuestiones económicas

7.1 Depreciación económica

Una vez estimada la cantidad de equipos y valorados estos a costes corrientes usando la información más reciente de precios, dichos valores han de transformarse en costes anuales, que cubran la depreciación del equipo y el retorno sobre el capital (carga del capital).

Si la única preocupación regulatoria es que la suma de la carga de capital descontada sea igual al valor inicial de los activos, el perfil temporal de dicha carga es irrelevante. Sin embargo, lo habitual es que el perfil temporal de la carga de capital sea una variable regulatoria clave, lo que en la práctica ha conducido a un gran debate sobre el perfil de depreciación apropiado.

En este contexto, los perfiles de depreciación económica son aquellos en los que la proporción en términos reales del coste de un activo asignado a una unidad del servicio producido por el activo, es la misma con independencia de cuándo se produce dicha unidad. Si, por ejemplo, el valor de un activo cambia de un período a otro a causa de cambios en su precio, o si cambian las unidades producidas por el activo (por ejemplo debido a aumentos en la demanda), entonces el perfil temporal de la carga de capital resulta relevante⁵⁵.

Para asegurar el principio de que la proporción en términos reales del coste del activo asignado a cada unidad producida no varía, la carga del capital debe cambiar de año en año según (i) el cambio esperado en el precio de los activos; (ii) el cambio esperado en la demanda de servicios ofrecidos por el activo⁵⁶.

Basados en lo anterior proponemos implementar tres tipos de perfiles de depreciación:

- anualidades ajustadas, que tienen en cuenta el impacto en la carga del capital de cambios en el precio de los activos;
- anualidades ajustadas con una variación constante en el nivel de uso del activo, para controlar por cambios en demanda; y

⁵⁵ Por ejemplo si el precio de los activos cae en el tiempo pero el perfil de la depreciación no lo toma en cuenta, existe un riesgo de no recuperación de costes para el operador regulado. La idea es que al bajar los precios de los equipos, la entrada es más factible, lo que haría más difícil recuperar el coste de inversión. Es por esto que si se prevé que el precio de los activos va a disminuir el futuro, un perfil de depreciación económica recuperaría una proporción del coste del activo mayor al comienzo de su vida útil (esto es, *front-loaded*)

⁵⁶ De esto se deduce que si no cabe esperar cambios en la demanda o en los precios, el perfil de depreciación económica implicaría que la carga del capital es constante a lo largo de la vida económica de activo. Este es el supuesto bajo el que las anualidades pueden entenderse como depreciaciones económicas.

- depreciación basada en el uso de los activos.

A continuación describimos cada uno de los enfoques.

7.1.1 Anualidades ajustadas

La fórmula de la anualidad ajustada es como sigue:

$$Anualidad = \frac{WACC - VAP}{1 - \left(\frac{1 + VAP}{1 + WACC}\right)^{VU}},$$

donde:

- WACC es el costo medio ponderado del capital (weighted average cost of capital),
- VAP es la variación anual del precio del activo
- VU es la vida útil del activo.

La anualidad ajustada tiene la ventaja de reflejar las estimaciones de los precios de mercado mediante un solo supuesto y de dar lugar a una remuneración previsible e igual en términos reales para todos los años, independientemente de la edad de los activos. Hay que notar que, al contrario de lo que a veces se dice, el valor presente neto de la carga de capital para un activo es igual al coste de adquisición de dicho activo.

7.1.2 Anualidades ajustadas para incluir cambios en el nivel de uso del activo

Una extensión lógica del modelo de depreciación anterior es realizar un ajuste adicional para incluir cambios previstos en el nivel de uso de los activos, de forma que todas las unidades producidas contribuyan de la misma forma a la recuperación de costes. Al ajustar para incluir los cambios en volumen a lo largo del tiempo, esta metodología puede ser considerada como una mejor aproximación a la depreciación económica si los ingresos por unidad de tráfico se espera que se mantengan constantes en términos reales. Así, la anualidad se ajusta en este caso por dos factores, la variación en el precio de los activos y la variación en el uso de los activos según la siguiente fórmula:

$$Anualidad = \frac{WACC - VAP - VAU - VAP * VAU}{1 - \left(\frac{(1 + VAP) * (1 + VAU)}{1 + WACC}\right)^{VU}}$$

Donde la variable VAU significa cambio porcentual en el nivel de uso del activo en un año.

7.1.3 Depreciación basada en el uso de los activos

Los métodos de depreciación basados en variaciones de demanda constantes pueden provocar que la carga de capital unitaria tome valores ineficientes o poco realistas. Por ejemplo, si el volumen de demanda aumenta rápido durante los primeros años de vida útil de un activo, pero la carga del capital se mantiene prácticamente constante, la carga de capital unitaria baja con el tiempo. En algunos casos esto puede resultar en precios que no se consideran deseables porque la carga de capital es elevada durante las etapas iniciales de despliegue de red, ya que precios muy altos en esa etapa pueden no ser eficientes ni realistas desde el punto de vista comercial porque disminuirían la adopción de servicios, pudiendo llegar al extremo de que inversiones rentables no se realicen.

La depreciación basada en el uso de los activos fija, en lugar de una anualidad, un cargo de capital unitario. Esto altera la tasa de recuperación de costes a lo largo del tiempo para reflejar fielmente los cambios en la utilización de los activos.

El cálculo de la depreciación basada en el uso de los activos se hace siguiendo el procedimiento que se explica a continuación.

- Determinar el perfil de carga del capital unitario durante la vida útil de los activos. Esto puede hacerse, por ejemplo, de forma que la evolución de la carga del capital refleje cambios en los costes unitarios que tendrían potenciales nuevos entrantes.
- Estimar el perfil de carga de capital durante la vida útil de los activos multiplicando el perfil de carga unitario por una estimación del volumen de demanda.
- Calcular un multiplicador que hace que el valor presente neto de la carga del capital sea igual al valor presente neto de los flujos de caja relevantes para el activo.

Aunque este enfoque puede resultar en precios eficientes en la teoría, en la práctica hay varias dificultades de implementación:

- los cálculos de depreciación económica se definen para una clase de activos y no para activos individuales, lo que posibilita que la recuperación de costes de un activo pueda darse cuando el activo ya no está en servicio;
- requiere información de inputs clave (perfil de coste unitario asumido, volumen de servicios y flujos de caja) durante toda la vida útil de los activos;
- si se espera que la red opere indefinidamente, hay que realizar un ajuste por el valor terminal de los activos al final del periodo que abarca el modelo, ya que el coste de dichos activos no habrá sido recuperado en su totalidad en ese momento; y

- la carga del capital en cualquier periodo depende de los inputs de todos los periodos, lo que significa que el nivel eficiente de precios históricos puede cambiar retrospectivamente a medida que se dispone de nueva información.

Estas dificultades prácticas implican que los teóricos beneficios de este tipo de depreciación económica queden anulados por los costes asociados a la incertidumbre sobre el nivel de precios correcto.

7.1.4 Conclusión

El perfil de depreciación económica implica que la proporción en términos reales del coste de un activo asignada a una unidad del servicio producido por el bien es la misma con independencia de cuándo la unidad es producida. Las anualidades simples serían el caso más simple de un perfil de depreciación económica, en el que tanto el precio de los activos como el uso del mismo se mantiene constante.

Para relajar estos supuestos proponemos modelizar tres perfiles de depreciación:

- Anualidades ajustadas, que relajan el supuesto de precios constantes.
- Anualidades ajustadas para tener en cuenta además cambios en el uso del activo.
- Depreciación basada en el uso del activo, que tienen en cuenta que los cambios de precios y usos de los activos no son constantes.

Las tres opciones tienen ventajas e inconvenientes. La ventaja de la primera opción es su simplicidad, y el hecho de que la carga anual del capital no depende del momento en que se compró el activo, pero no tiene en cuenta cambios en el uso del activo. La segunda opción incorpora esta variable pero tiene como principal inconveniente que supone el mismo cambio en el uso a lo largo de la vida útil del activo⁵⁷. Finalmente la tercera opción, aun cuando solventa este problema al suponer cambios variables en el uso del activo incurre en otros problemas, siendo el más grave el que en cada año la carga de capital depende de supuestos sobre todo el ciclo de vida de la red (que pueden ser 30-40 años). Como resultado, a medida que el modelo incorpora nueva información y las predicciones son revisadas, no sólo cambia las estimaciones futuras de la carga de capital, sino también las pasadas. En este tercer caso, el modelo fija la depreciación igualando los flujos de caja generados por los activos durante los diez años del modelo con el gasto necesario para comprar dichos activos. Para

⁵⁷ No pensamos de todas formas que este sea un gran inconveniente. Incluso si se supusiera un cambio en el uso que variara con el año, la probabilidad de que cada año la predicción acertara sería muy baja. De esta forma suponer el mismo crecimiento cada año, aun cuando en la práctica cambie cada año, no es demasiado mala opción si el crecimiento supuesto coincide con el crecimiento medio durante el período.

tener en cuenta el valor del activo al final del periodo se calcula un valor terminal. Este valor terminal se basa en una estimación de los flujos de caja esperados después de estos diez años descontados al año 2020.

7.2 Costes operativos

Los costes operativos pueden clasificarse en tres grandes grupos:

- energía, espacio y ventilación;
- otros costes operativos directos, incluyendo por ejemplo planificación y gestión de red, mantenimiento, seguros, planificación, etc.; y
- costes indirectos y comunes, como servicios de soporte (por ejemplo IT, recursos humanos, y otras funciones corporativas).

El enfoque adoptado para modelizar estos componentes varía como consecuencia de la dificultad de encontrar drivers únicos que relacionen los componentes de coste con el dimensionamiento de la red. Por ejemplo, aunque es sencillo identificar los costes del espacio ocupado por un determinado equipo, no es posible identificar los costes de reparación u operación de un DSLAM, ya que los operadores cuentan con una plantilla de técnicos que atienden DSLAMs y otro tipo de equipamiento.

Por lo tanto, la modelización reflejará la información existente entre los costes unitarios y los drivers de costes operativos, como se explica a continuación:

- Para espacio y energía, los drivers de coste serán el espacio ocupado y la energía requerida por los equipos.
- Para otros costes operativos, los drivers son más complejos de capturar, por lo que se suelen ratios sobre el coste de los activos. Estos ratios pueden estar basados en la experiencia internacional, que tiene el problema de no capturar las diferencias entre distintas jurisdicciones, o basarse en datos del operador, que tienen el problema de reflejar ineficiencias.
- Para costes indirectos y overheads, el único enfoque viable es un mark up basado en porcentajes sobre el coste de los activos.

7.2.1 Información sobre los niveles actuales de costes

Esta información procede de diferentes fuentes:

- Datos de la industria sobre los costes operativos de sus redes actuales;
- Información sobre los niveles de precios de algunos inputs, como por ejemplo los costes de la OBA y

- Benchmarks.

Información de la industria

Usualmente en este tipo de modelos, la modelización de los costes operativos se realiza a partir de información del:

- Espacio y consumo de energía de los equipos de red
- Costes de operación y mantenimiento de los distintos equipos como porcentaje del coste del equipo
- Valor absoluto de los costes de mantenimiento, y de otros costes indirectos como planificación y desarrollo de red, gestión de red, finanzas, recursos humanos, administración general, etc.

Así como de cualquier otro coste operativo o indirecto relevante y no incluido en la lista anterior.

Información de precios para determinados inputs

Los precios para el espacio, energía y aire acondicionado utilizados en la oferta de bucle de abonado deberían reflejar los costes de provisión de Telefónica. Combinando estos precios con los requerimientos de espacio y energía de los equipos, se puede estimar este gasto operativo. Sin embargo, debido a la falta de datos de espacio y consumo de los equipos, finalmente se ha optado por hacer uso de mark-ups.

Benchmarks

Idealmente, la información de costes se basará en la información específica del mercado y la red. Sin embargo, en los casos en los que la información relevante no esté disponible se utilizará un benchmark. Los benchmarks también pueden usarse para validar información de otras fuentes, por ejemplo para asegurar que los datos de los operadores son consistentes con una eficiencia operativa.

Existe un número de potenciales fuentes de información para los benchmarks:

- Modelos de costes y sistemas de contabilidad regulatoria de otras jurisdicciones (por ejemplo Reino Unido, Dinamarca, Países Bajos y Suecia)
- Estándar mark-ups aplicados en modelos bottom-up LRICs para costes indirectos y comunes.

7.2.2 Modelización

Ya sea mediante información de los operadores (junto con los de la oferta de referencia) o benchmark internacionales, es posible estimar un nivel de costes operativos para el primer año, tal y como se ha indicado anteriormente (bien

mediante estimaciones *bottom-up* para espacio y energía, bien con ratios y mark-ups).

El modelo también necesitará predecir los costes operativos del año base tomando en cuenta los siguientes factores:

- Cambios en el tamaño de la red
- Cambios en los precios; y
- Ganancias de eficiencia en el tiempo.

El impacto de los cambios en el tamaño de la red se modelizarán utilizando un driver relevante: espacio ocupado para los costes del espacio; consumo para los costes de energía y aire acondicionado y costes de reemplazamiento bruto para el resto de costes. Estos drivers se construyen multiplicando el número de equipos en la red por un peso unitario para cada tipo de equipo: espacio necesario, consumo, costes de adquisición del equipo.

Cambios en los precios se basarán en supuestos sobre tasas de inflación futura, tomando fuentes oficiales.

Se pueden aplicar supuestos sobre ganancias de eficiencia si se piensa que los datos del año base incluyen alguna ineficiencia operativa o si para determinadas categorías de costes, tales como mano de obra, es esperable que la frontera de eficiencia cambie debido a mejoras tecnológicas o en prácticas laborales.

En la siguiente tabla se resume el enfoque de modelización para los costes operativos.

Tabla 17. Resumen de enfoque para los costes operativos

Tipo de coste	Driver	Fuente primaria de datos	Fuente secundaria
Espacio	Mark-up sobre coste bruto de reposición	Operadores	Benchmarks
Energía y A/C	Mark-up sobre coste bruto de reposición	Operadores	Benchmarks
Costes operativos y de mantenimiento directos	Coste bruto de reemplazamiento	Operadores	Benchmarks
Costes indirectos y comunes (overheads)	Coste bruto de reemplazamiento	Operadores y Benchmarks	Benchmarks

Fuente: Frontier Economics

8 Asignación de costes de red a servicios

Como se mencionó en la sección dedicada a la calidad del servicio, aunque existe una relación de causalidad entre algunos costes y servicios individuales o incrementos en la demanda, una parte significativa de los costes pueden ser considerados como fijos y comunes a través de una serie de servicios. Estos costes no serían recuperados en un enfoque de precios iguales a coste incremental puro.

Con el fin de permitir la recuperación total de costes, los costes de los servicios derivados de modelos LRIC normalmente se determinan en términos medios (Long Run Average Incremental Cost – LRAIC), esto es, se calcula, para un conjunto de elementos de red definidos, el coste unitario promedio de toda la demanda que usa este elemento de red. El coste unitario implícitamente incluye costes incrementales fijos y comunes. A partir de aquí, los costes unitarios del servicio se calculan multiplicando el coste unitario promedio por elemento de red por el uso promedio de los elementos de red por cada servicio (conocido como factores de enrutamiento en las redes de voz conmutadas).

8.1 Definición

Con el fin de llevar a cabo este enfoque LRAIC, se deben seguir los siguientes pasos:

- Definición de servicios de red;
- Definición de elementos de red y el mapeo correspondiente entre componentes de red y elementos de red;
- Identificación de los drivers relevantes para cada elemento de red;
- Mapeo entre servicios de red y uso de elementos red (factores de uso y enrutamiento);
- Mapeo entre los servicios de red y los productos a ser costeados

El uso de etapas intermedias (elementos de red y servicios de red) en lugar de intentar un mapeo directo entre costes de componentes de red y los productos, simplifica el cálculo ya que se trabaja con un número inferior de elementos (esto es, los componentes) y de servicios (esto es, los productos).

8.1.1 Servicios de Red

Los servicios de red se definen para ser los componentes básicos de los productos mayoristas y minoristas.

Los servicios se dividen en dos tipos: correspondiente al uso de los elementos de red que se dimensionan en función del número de suscriptores (acceso) y

Asignación de costes de red a servicios

correspondiente a los elementos de red que se dimensionan en función del tráfico (transporte). Los productos para usuarios finales (por ejemplo mayoristas) pueden incluir ambos tipos de servicios (acceso y transporte) en un solo paquete (ADSL-IP) o pueden tarificar por acceso y transporte (o capacidad) de forma separada (NEBA).

Servicios de acceso

Los servicios de acceso corresponden a los costes de la red que varían con respecto a los suscriptores. Los servicios de acceso también deben diferenciar entre servicios que ofrecen diferentes capacidades, por ejemplo, servicios ADSL versus fibra, y aquellos que pueden ser usados por una clase de producto pero no por otra, por ejemplo ADSL-IP en zonas NEBA vs. ADSL-IP en zonas no NEBA⁵⁸.

Servicios de transporte

Los servicios de transporte se diferenciarán en tres factores:

- La clase de servicio (QoS);
- El nodo de acceso donde se genera tráfico (fibra o ADSL), y
- Donde sale el tráfico de la red modelada

El tercer factor requiere diferenciar entre tráfico minorista y mayorista, y dentro de este último, el tráfico de acuerdo con el punto de interconexión. Es importante notar que el tráfico no será diferenciado por el tipo de acceso del consumidor que genera dicho tráfico.

Lista de servicios de red

La siguiente tabla muestra los servicios de red que serán utilizados en el modelo:

⁵⁸ Aunque dado que en ambas zonas se costeará el mismo tipo de DSLAM, es probable que esta diferencia no se produzca.

Tabla 18. Servicios de red

Nombre del servicio	Tipo
Acceso ADSL-IP	Acceso cobre
ADSL minorista	Acceso cobre
NEBA ADSL	Acceso cobre
Acceso fibra NEBA	Acceso Fibra
Acceso fibra minorista	Acceso Fibra
ADSL-IP Best Effort Regional	Best effort
ADSL-IP Gold Regional	Gold
ADSL-IP Best Effort Nacional	Best effort
ADSL-IP Gold Nacional	Gold
Best Effort minorista de ADSL	Best effort
Real Time minorista de ADSL	Real time
Gold minorista de ADSL	Gold
IPTV minorista de ADSL	Tráfico IPTV
VOD minorista de ADSL	Tráfico VOD
NEBA Best Effort de ADSL	Best effort
NEBA Gold de ADSL	Gold
NEBA Real Time de ADSL	Real time
Best Effort minorista de acceso fibra	Best effort
Real Time minorista de acceso fibra	Real time
Gold minorista de acceso fibra	Gold
IPTV minorista de acceso fibra	Tráfico IPTV
VOD minorista de acceso fibra	Tráfico VOD
NEBA Best Effort de acceso fibra	Best effort
NEBA Gold de acceso fibra	Gold
NEBA Real Time de acceso fibra	Real time

Fuente: Frontier Economics

Asignación de costes de red a servicios

8.1.2 Definición de elementos de red

Los elementos de red consisten en un conjunto de componentes de red que pueden ser considerados como una sola unidad indivisible desde el punto de vista de los costes de red, incluso si los elementos pueden ser desglosados en un número de componentes diferentes desde un punto de vista físico y técnico. Por ejemplo, una red de Ethernet compuesta por una serie de switches y enlaces puede ser considerada como una sola elementos si el enrutamiento de los servicios de tráfico definidos a través de la red es esencialmente el mismo.

El siguiente paso para cada uno de los elementos de red definidos es clasificar los costes en dos grupos principales:

- costes que dependen del nivel de tráfico en la red; y
- costes que dependen del número de suscriptores.

La mayoría de los elementos de red dependen del tráfico. Los principales elementos que dependen del número de suscriptores son aquellos elementos asociados con las tarjetas de los DSLAMs/OLTs. Algunos costes relacionados con el control y la autenticación (BRAS/Radius server) también dependen del número de suscriptores, aunque el tamaño relativo de estos costes es muy pequeño.

Tabla 19. Elementos de red definidos y sus drivers

Elementos de red	Driver
DSLAM: Armazón, controladoras, alimentación, tarjeta de abonado, licencia software	Acceso
DSLAM remoto: Armazón, controladoras, alimentación, tarjeta de abonado, licencia software	Acceso
DSLAM: Puertos Ethernet (1 Gb – 10 Gb)	Tráfico
DSLAM remoto: Puertos Ethernet (1 Gb – 10 Gb)	Tráfico
OLT: Armazón, controladoras, alimentación, tarjeta de abonado, licencia software	Acceso
OLT: Puertos Ethernet (1 Gb – 10 Gb)	Tráfico
Provincial ethernet network	Tráfico
NEBA PAI	Tráfico
BRAS	Acceso
RADIUS	Acceso
Edge router	Tráfico
ADSL-IP PAI provincial	Tráfico
Enlace: Edge route - Core Router	Tráfico
Core router	Tráfico
Enlace: Core router-Core router	Tráfico
ADSL-IP PAI nacional	Tráfico

Fuente: Frontier

8.1.3 Factores de uso

Los factores de uso buscan capturar la causalidad entre el volumen de un servicio de red dado y el coste (incremental) de los elementos de red.

Asignación de costes de red a servicios

Factores de enrutamiento

Uno de los principales drivers de costes es el número de veces que en promedio un servicio usa ciertos elementos de red: el factor de enrutamiento. Los factores de enrutamiento serán importantes en términos de asignar los costes de la red core, dadas las diferentes rutas que posiblemente usan los servicios minoristas de Telefónica y el tráfico ADSL-IP a través de la red core. A nivel provincial habrá mucha menor diferenciación en el enrutamiento de los distintos tráficos, por ejemplo, a través de la red de agregación. Por ello, para muchos elementos de red los factores de enrutamiento consistirá en 1 (los servicios de red atraviesan los elementos de red) o 0 (no lo hace).

Uso relativo

Distintos tipos de tráfico pueden generar diferentes cargas sobre ciertos elementos de red, dado que utilizan una proporción diferente de la capacidad disponible que otro servicio. En el modelo, este uso relativo se reflejará mediante diferentes pesos dependiendo de la clase de servicio.

8.1.4 Mapeo entre servicios de red y productos

En algunos casos los servicios de red definidos se corresponderán directamente a un producto específico. Por ejemplo, los productos NEBA están definidos en términos de números de acceso por tipos y el ancho de banda de hora punta de forma similar a la definición de servicios de red. Sin embargo esperamos que sea necesario un precio más elevado para el exceso de capacidad en comparación con la capacidad contratada, no obstante esto puede reflejar la necesidad de incentivar a los operadores a predecir y gestionar de forma más precisa su tráfico, más que una pura causalidad en costes.

Para productos definidos con un precio único que incluye acceso y tráfico generado por usuarios de ese acceso, se requiere establecer un mapeo entre los servicios de red y el producto.

Figura 16. Factores de enrutamiento

Network service	Line cards: NEBA enabled DSLAM	Line cards: non-NEBA enabled DSLAM	Line cards: OLT	Ethernet ports: NEBA enabled DSLAM	Ethernet ports: non-NEBA enabled DSLAM	Ethernet ports: OLT	L1 Ethernet	L2 Ethernet	NEBA PAI	BRAS	RADIUS	Edge router	ADSL-IP PAI provincial	Link:Edge route - Core Router	Core router	Link: Core router-Core router	ADSL-IP PAI nacional
ADSL-IP access (ATM MIGA)		1															
ADSL-IP access (IP MIGA)	1																
Retail ADSL	1	1															
NEBA ADSL	1																
NEBA fibre access			1														
Retail fibre access			1														
ADSL-IP Best Effort Regional				1	1		1		1	1	1	1					
ADSL-IP Gold Regional				1	1		1		1	1	1	1					
ADSL-IP Best Effort National				1	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
ADSL-IP Gold National				1	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
Retail Best Effort - from ADSL				1	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	
Retail Real Time - from ADSL				1			1		1	1	1	1	1	1	1	1	
Retail Gold - from ADSL				1	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	
Retail IPTV - from ADSL				1			1		1	1	1	1	1	1	1	1	
Retail VOD - from ADSL				1			1		1	1	1	1	1	1	1	1	
NEBA Best Effort - from ADSL				1			1	1									
NEBA Gold - from ADSL				1			1	1									
NEBA Real Time - from ADSL				1			1	1									
Retail Best Effort - from fibre access						1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	
Retail Real Time - from fibre access						1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	
Retail Gold - from fibre access						1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	
Retail IPTV - from fibre access						1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	
Retail VOD - from fibre access						1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	
NEBA Best Effort - from fibre access						1	1	1									
NEBA Gold - from fibre access						1	1	1									
NEBA Real Time - from fibre access						1	1	1									
Spare																	
Spare																	
Spare																	
Spare																	

Fuente: Frontier Economics

Asignación de costes de red a servicios

8.2 Proceso de cálculo

El proceso de cálculo consistirá en las siguientes etapas:

- Estimación del coste de cada elemento de red;
- Estimación del volumen de servicios para cada elemento de red;
- Cálculo del coste unitario por elemento de red;
- Cálculo del coste unitario por servicio de red combinando el coste unitario por servicio de red y factores de uso;
- Cálculo del coste unitario de cada producto final realizando un mapeo entre los servicios de red y los productos.

8.2.1 Estimación del coste de elementos de red

El coste de cada elemento de red debe basarse en los costes directos de los componentes de red subyacentes, costes indirectos como infraestructura (edificios, energía, OSS, etc.) relacionados con estos componentes y un mark up para recuperar costes fijos y comunes.

Para los nodos de acceso, que cuenta con elementos cuyos drivers se dimensionan en función del tráfico y de los abonados, los costes comunes, como por ejemplo el espacio, habrán de distribuirse entre ambos.

8.2.2 Estimación del volumen de servicio para cada elemento de red

La demanda total para cada elemento de red se basará en una combinación de predicciones en el volumen de los servicios y los factores de uso del elemento.

8.2.3 Estimación del coste unitario de cada elemento de red

El coste unitario por cada elemento de red es calculado dividiendo el coste total del elemento por su volumen total.

8.2.4 Cálculo de coste unitario por servicio de red

El coste unitario por servicio de red puede ser calculado como la suma sobre todos los elementos de red del factor de uso para dicho servicio y el coste unitario del elemento de red relevante.

8.2.5 Cálculo del coste unitario por producto

El coste de los productos finales se estima a partir del mapeo entre servicios de red y productos.

Por ejemplo, el precio para suscriptores ADSL-IP puede construirse de la siguiente manera:

Asignación de costes de red a servicios

- El precio unitario del acceso (por ejemplo, 20 Euros/suscriptor/año) *más*;
- El coste de transmisión calculado como el coste unitario (por kbps de tráfico en hora punta -por ejemplo, 1.00 Euro por kbps/año para transmisión ADSL-IP desde el DSLAM al PAI provincial) del servicio de red correspondiente multiplicado por el uso promedio de los usuarios del producto, expresado en kbps en hora punta (por ejemplo, 50 kbps/suscriptor), dando un coste de transmisión de 50 Euros suscriptor/año.
- El coste total por suscriptor será la suma del coste de acceso y del coste de transmisión (20 Euros + 50 Euros = 70 Euros suscriptor/año)

8.3 Costes de alta

8.3.1 Acceso

Los costes de alta se corresponden con el conjunto de actividades realizadas en la central y necesarias para dar de alta un nuevo usuario NEBA multiplicadas por un coste unitario.

Accesos cobre

Como punto de partida se han tomado las actividades realizadas en la central y consideradas para el alta del servicio ADSL-IP, que incluye:

- Tramitaciones previas
- Desplazamiento a central
- Desmontaje de puente RPCA
- Montaje de puente RPCA
- Prueba de puente
- Diagnósis del bucle
- Programación de parámetros en equipos activos
- Gestión posterior alta para comunicar que ha sido efectuada
- Material cable para puentes

La relevancia e intensidad de estas altas depende de:

- El tipo de alta del servicio NEBA, en concreto si es con servicio telefónico básico (STB) prestado por Telefónica o si no lo incluye (NEBA desnudo)

Asignación de costes de red a servicios

- La situación de origen del par de cobre. En concreto distinguimos las siguientes posibilidades:
 - Par completamente desagregado
 - Par con STB de Telefónica
 - Par con STB y banda ancha BA de Telefónica
 - Par con STB y acceso indirecto
 - Par sin STB y con acceso indirecto.

En las siguientes tablas incluimos las actividades de alta en el acceso para cada caso.

Tabla 20. Actividades para alta acceso NEBA naked según situación previa del par

	Par compl. desagregado	Par con STB de Telefónica	Par con STB y BA de Telefónica	Par con STB y acceso indirecto	Par sin STB y con acceso indirecto
Tramitaciones previas	1	1	1	1	1
Desplazamiento a central	1	1	1	1	0
Desmontaje de puente RPCA	1	1	1	1	0
Montaje de puente RPCA	1	1	0	0	0
Prueba de puente	1	1	0	0	0
Diagnos del bucle	1	0	0	0	0
Programación de parámetros en equipos activos	1	1	1	1	1
Gestión posterior alta	1	1	1	1	1
Material cable para puentes	1	1	0	0	0

Fuente: Frontier Economics

Tabla 21. Actividades para alta de acceso NEBA no naked según situación previa del par

	Par compl. desagregado	Par con STB de Telefónica	Par con STB y BA de Telefónica	Par con STB y acceso indirecto	Par sin STB y con acceso indirecto
Tramitaciones previas	1	1	1	1	1
Desplazamiento a central	1	1	0	0	1
Desmontaje de puente RPCA	1	0	0	0	0
Montaje de puente RPCA	2	1	0	0	1
Prueba de puente	2	1	0	0	1
Diagnosís del bucle	1	0	0	0	0
Programación de parámetros en equipos activos	1	1	1	1	1
Gestión posterior alta	1	1	1	1	1
Material cable para puentes	2	1	0	0	1

Fuente: Frontier Economics

Accesos fibra

Las actividades implicadas son tramitaciones previas y la configuración del servicio VPLS en la red Metro-Ethernet y asignación de tráficos desde el nodo GPON/OLT. Solamente sería necesario un desplazamiento a la central si la fibra no estuviera conectada entre el ODF y el OLT, que sería la situación de un cliente de fibra conectado por primera vez.

De esta forma distinguimos dos casos en los que los costes de alta son diferentes:

Asignación de costes de red a servicios

- El servicio NEBA se solicita sobre un abonado de fibra de Telefónica, con lo que las actividades implicadas son dos: tramitaciones previas (esto es, procesamiento de la orden) y configuración del VPLSy asignación a la misma de los distintos tráficos (BE, RT, QoS) desde el nodo de acceso Fibra GPON (OLT).
- El servicio NEBA se solicita sobre un cliente que todavía no es abonado de fibra. En este caso, además de las actividades anteriores, habría que incluir un desplazamiento a la central para realizar los trabajos de conexión para esa fibra entre el ODF y el OLT⁵⁹.

Coste alta

El coste de cada tipo de alta se calcula multiplicando las actividades anteriores por el coste unitario de las mismas. Para calcular el coste unitario usamos los supuestos de tiempo que cuesta realizar cada actividad empleados en otros modelos de costes nacionales e internacionales.

Tabla 22. Tiempos empleados en las actividades de alta de acceso

Actividades	Horas
Tramitaciones previas y gestión posterior al alta	0.1-0.3
Desplazamiento, trabajos en central y tests	0.7-1.2
Configuración de equipos	0.2-0.5

Fuente: Frontier Economics

8.3.2 Alta en el PAI

Los costes de alta en el PAI se refieren al puerto de interconexión, su instalación y tramitación.

En principio el coste del puerto de interconexión podría repercutirse enteramente en el alta, dado que su uso es exclusivo por el operador interconectado. La cuestión es qué ocurre si el operador ha pagado por el uso del puerto, pero se da de baja del servicio de interconexión y este puerto es usado por otro operador. Una posibilidad es que al darse de baja, el operador recupere la parte no amortizada del coste del puerto si este puerto es reutilizado por Telefónica para

⁵⁹ Es posible que en este caso sea necesario realizar actuaciones en el hogar del abonado, para conectar el último tramo de la red de fibra. Estos costes no se han incluido en esta cuota de alta.

otro operador. Otra posibilidad es que, por esta cuestión, el coste del puerto se anualice y pase a formar parte de la cuota mensual⁶⁰.

El enfoque finalmente utilizado es el reflejado en la página 51 de la Resolución de la CMT MTZ 2006/1019, para los cuatro tipos de interfaces de NEBA.

⁶⁰ El supuesto implícito es que todos los operadores tienen la misma posibilidad de re-usar el puerto de otro y se reconoce a Telefónica la posibilidad efectiva de este reuso.

9 Resultados intermedios

El output final del modelo es el coste unitario de los servicios mayoristas NEBA y ADSL-IP en sus dos modalidades (provincial y nacional) para las diferentes calidades de servicio: best effort, gold y real time para NEBA, y best effort y gold para ADSL-IP. Estos outputs pueden ser utilizados por la CMT, junto con otra información, en la fijación de los precios regulados de estos servicios.

La CMT ha solicitado que el modelo produzca unos resultados intermedios. El propósito de la CMT es utilizarlos para otros objetivos a la fijación de precios regulados (desde informativos, hasta servir como inputs en la realización de tests de imputación).

A continuación comentamos los resultados intermedios que el modelo produce, junto con una breve descripción de cómo se obtendrían (para más detalle véanse secciones previas)⁶¹:

- Demanda y mercado
 - A nivel nacional:
 - Mercado total de banda ancha en número de usuarios
 - Estimado según una curva logística asumiendo un nivel de penetración de 14 millones de usuarios para 2020.
 - Número de pares desagregados
 - Estimado a partir de la cuota de los operadores alternativos a Telefónica en el mercado xDSL (complementaria de la cuota de Telefónica sobre la que se hacen supuestos). Se tiene en cuenta que el número de centrales con desagregación variará en el tiempo.
 - Número de usuarios de cable
 - Estimado a partir de las tasas de crecimiento del cable de Isdefe.
 - Número de UU.II de Telefónica pasadas de fibra

⁶¹ Es importante notar que la lógica de la construcción del modelo no se ha visto afectada por la necesidad de producir estos resultados intermedios. Es decir, en el proceso de estimación del coste final de los servicios mayoristas, es necesario producir estos resultados intermedios. Sí ha ocurrido que en algunos casos el modelo ha realizado cálculos en varios pasos para obtener algún resultado intermedio y que de no ser necesarios, estos cálculos podrían haberse realizado directamente. De cualquier forma, esto no tiene impacto en el resultado final.

- Estimado a partir de las previsiones de Telefónica hasta 2015 y asumiendo el escenario de cobertura bajo para TESAU del informe de Isdefe
- Número de usuarios minoristas de Telefónica total y separado en xDSL y fibra
 - Fibra: estimado a partir de previsiones para la demanda nacional de fibra óptica en 2020. De este total, se supone que un % es fibra de los competidores sobre su propia infraestructura (10%). El resto se reparte entre Telefónica y los competidores asumiendo que estos últimos tendrán una cuota del 35% en 2020.
- Número de usuarios de acceso indirecto NEBA total (xDSL y fibra)
 - Estimados por separado para xDSL y fibra. En el primer caso los usuarios NEBA se calculan en función de supuestos de migración a NEBA de los clientes ADSL IP nacional, ADSL IP provincial y GigADSL. Estos supuestos son distintos entre las centrales con DSLAM IP y las centrales que solo tienen DSLAM ATM. En el caso de fibra, asumimos que la cuota de NEBA en 2012 es de un 10% en 2012 y crece hasta el 35% en 2020. Estos números están en línea con la evolución de la cuota de mercado en los servicios mayoristas de acceso indirecto sobre cobre.
- Número de usuarios de acceso indirecto ADSL-IP provincial y nacional
 - Los accesos ADSL-IP provincial migran a NEBA en 3 años. Para el ADSL-IP nacional se supone la cuota de mercado se mantiene constante.
- Datos por central
 - Usuarios minoristas de Telefónica
 - xDSL. A partir de la demanda actual por central, se asume que dicha demanda crecerá a una tasa anual que refleja el crecimiento de la demanda de xDSL de la central y el incremento/disminución de la demanda nacional de xDSL Telefónica.
 - Fibra. El crecimiento en el número de usuarios estimado a nivel nacional se reparte entre las centrales de forma que la demanda de acceso de fibra en una central dada es igual a su demanda el anterior año ajustada por dos factores: el aumento

en las UUII cubiertas en dicha central y el aumento en la penetración en las UUII ya cubiertas en años anteriores.

El número de accesos de fibra así calculado se divide entre clientes de Telefónica y clientes NEBA aplicando unas cuotas de mercado basadas en la evolución de la cuota de mercado de Telefónica en xDSL en los últimos diez años, siendo la cuota de mercado de NEBA de un 10% en 2012 y aumentando hasta el 35% en 2020.

- Tráfico
 - Tráfico medio (en Mbit/s) de cada tipo en cada central.
 - El desglose del tráfico en cada central es: real time, best effort, gold, IPTV y VoD. Este tráfico se obtiene a partir de supuestos y cálculos para obtener un tráfico por usuario, con excepción de IPTV, que se emite a todos los DSLAMs/OLTs con independencia del número de usuarios.
 - Tráfico medio (en Mbit/s) por cada calidad NEBA en los PAI de NEBA
 - El tráfico en el PAI será el tráfico procedente de los DSLAMs/OLTs de esa provincia
 - Tráfico medio por calidad en los PAI ADSL-IP provincial y nacional
 - El tráfico en el PAI será el tráfico procedente de los DSLAMs/OLTs de esa provincia
- Resultados de dimensionado de red
 - Número de DSLAM y de OLTs
 - Ambos se dimensionan a partir del número de abonados. Como se ha explicado más arriba, el número de abonados xDSL y fibra por central es un dato del modelo.
 - Número de switches en redes de agregación
 - El número de los nodos de agregación depende del número de clusters en la red de agregación provincial, que se estiman para minimizar el coste de la infraestructura pasiva. Se estiman dos nodos de agregación por cluster
 - La configuración de los nodos de agregación (puertos Ethernet) dependen del tráfico en la hora pico y de la opción modelada de calidad de servicio.

Resultados intermedios

- Número de routers en red IP
 - Dada la obligación de ofrecer un servicio ADSL-IP provincial, los nodos frontera de la red IP se sitúan en los PAIs existentes
 - Cada nodo frontera está conectado a dos routers IP core.
 - La configuración de los routers IP dependen del tráfico en la hora pico y de la opción modelada de calidad de servicio.
- Resultados económicos
 - Coste total y unitario por DSLAM
 - Coste total y unitario por OLT
 - Coste total y unitario por equipos de agregación Ethernet
 - Coste total y unitario por routers red IP
 - Coste total y unitario de los enlaces de la red de transporte:
 - Para la red Ethernet (entre nodos de agregación de nivel 1 y 2)
 - Para la red IP (entre edge routers y core routers y entre estos últimos)
 - Los costes de los elementos de red se basan en los costes directos del equipamiento necesario así como los de operación y mantenimiento, los indirectos tales como infraestructura (edificios, energía), OSSs y un mark-up para recuperar costes fijos y comunes.
- Desglose de costes totales de las calidades Best effort, Oro y Real Time en los siguientes componentes
 - Coste DSLAM
 - Coste OLT
 - Coste Ethernet router
 - Coste transmisión red Ethernet
 - Coste de equipos de conmutación de la red IP (router y BRAS)
 - Coste de la transmisión en la red IP

El coste unitario de cada servicio y calidad (por ejemplo NEBA Real Time) es la sumaproducto de los costes unitarios de cada elemento de red (DSLAMs/OLTs, Ethernet router y transmisión red Ethernet) y el uso que cada servicio y calidad (en este caso NEBA Real Time) hace de cada uno de estos elementos de red.

El coste unitario de cada elemento de red (por ejemplo DSLAMs) multiplicado por la demanda de ese elemento de red por el servicio en cuestión (por ejemplo NEBA Real time), permite obtener la parte de los costes de ese elemento de red correspondiente a ese servicio (coste del NEBA Real Time que corresponde al DSLAM).

Frontier Economics Limited in Europe is a member of the Frontier Economics network, which consists of separate companies based in Europe (Brussels, Cologne, London & Madrid) and Australia (Brisbane, Melbourne & Sydney). The companies are independently owned, and legal commitments entered into by any one company do not impose any obligations on other companies in the network. All views expressed in this document are the views of Frontier Economics Limited.

Resultados intermedios

FRONTIER ECONOMICS EUROPE

BRUSSELS | COLOGNE | LONDON | MADRID

Frontier Economics Ltd 71 High Holborn London WC1V 6DA

Tel. +44 (0)20 7031 7000 Fax. +44 (0)20 7031 7001 www.frontier-economics.com