

INFORME para el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT)

Documentación de los modelos de costos de interconexión LRIC

Octubre de 2016

Notificación de confidencialidad

- El presente documento es estrictamente confidencial, y para uso exclusivo del Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT)
- Copyright © 2016. Todo el material incluido en el presente documento se rige por el contrato entre Analysys Mason y el IFT, y se utilizará solamente para los fines indicados en dicho contrato

Contenidos

Introducción

Conceptos utilizados en el desarrollo de los modelos

Modelo de mercado

Modelo fijo – diseño

Modelo móvil – diseño

Modelo fijo y móvil – cálculo del WACC

Modelo fijo y móvil – costeo de los servicios

Analysys Mason ha asistido al IFT en el desarrollo de modelos LRIC para apoyar la definición de precios de interconexión y tránsito en 2018-20

- El Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) ha adjudicado a Analysys Mason Limited ('Analysys Mason') el contrato *Servicios para la elaboración de los modelos de costos de Servicios de Interconexión para el periodo 2018-2020, de conformidad con la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión*
- La actualización engloba dos modelos de costos incrementales totales de largo plazo puros (CITLP) previamente desarrollados y la construcción de los modelos de costos incrementales de largo plazo puros (CILPP) para el mercado fijo y móvil.
- Los modelos siguen una metodología de cálculo ascendente (*bottom-up*) con el fin de comprender la estructura de costos de los siguientes servicios en México:
 - terminación de tráfico de voz en redes de telefonía móvil
 - originación y terminación de tráfico de voz en redes de telefonía fija
 - servicios de tránsito fijo y móvil
 - terminación de mensajes cortos (SMS)
- Este documento ofrece una descripción a alto nivel de cada uno de los modelos de costos que se han construido

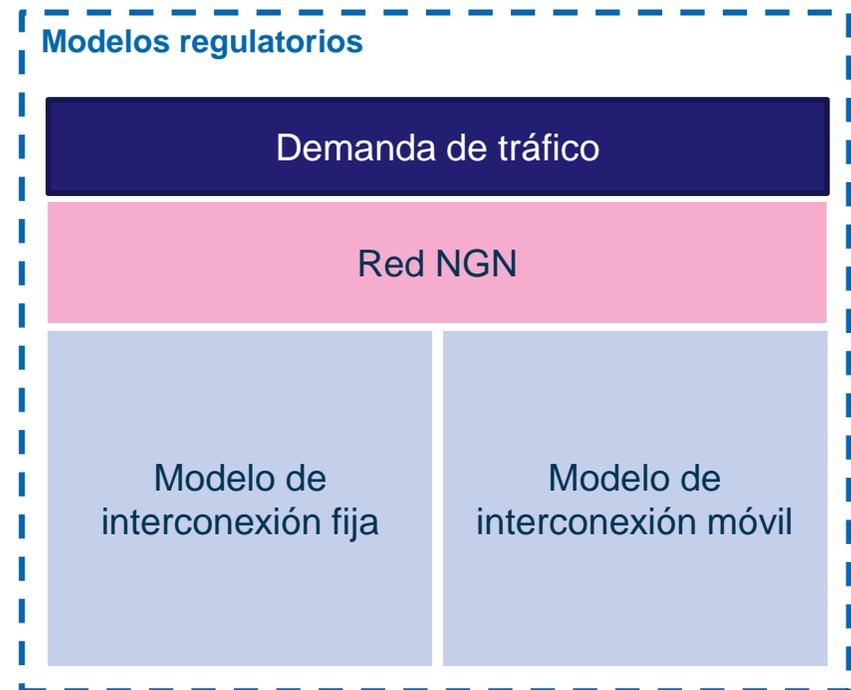
Las entradas del modelo se han modificado de forma consistente por razones de confidencialidad

- Los modelos desarrollados se han poblado y calibrado en parte con información provista por el IFT y los diferentes actores del mercado fijo y móvil
 - las entradas derivadas de estas fuentes son mayoritariamente confidenciales
 - el modelo utiliza números basados en esta información
- Se han modificado entradas de los modelos públicos para proteger la información confidencial:
 - se han modificado las entradas pertinentes con un porcentaje aleatorio entre -25% y +25%
 - por ejemplo, si una variable tiene un valor de 1 en el modelo confidencial, podría tener un valor de entre 0.75 y 1.25 en el modelo público
- Estos cambios afectan sólo parcialmente los resultados finales del modelo y siguen permitiendo a las partes interesadas el entender el funcionamiento interno de los modelos
- Los cambios efectuados en los modelos están señalados con la frase “Versión pública: Modificado” situada junto a las celdas o columnas modificadas

Estructura de los modelos (fijo, móvil y mercado)

- Se han desarrollado un total de tres modelos:
 - **modelo de mercado:** este modelo describe el mercado fijo y móvil, incluyendo su evolución en el tiempo hasta el año 2070. Se utiliza como base para estimar el tráfico cursado en la red de los operadores modelados
 - **modelos de terminación fija y móvil:** se han desarrollado varios modelos de costos para apoyar la decisión para el año 2018 en adelante. Estos modelos de costos formarán la base de la regulación que el IFT posteriormente puede aplicar a los operadores móviles y fijos presentes en el mercado mexicano

Estructura conceptual de los modelos regulatorios



Contenidos

Introducción

Conceptos utilizados en el desarrollo de los modelos

Modelo de mercado

Modelo fijo – diseño

Modelo móvil – diseño

Modelo fijo y móvil – cálculo del WACC

Modelo fijo y móvil – costeo de los servicios

Los principios regulatorios aprobados en el Acuerdo del 16 de diciembre de 2014 del IFT son el punto de partida para la elaboración de los modelos

- En su Acuerdo del 16 de diciembre de 2014⁽¹⁾, el IFT estableció los principios regulatorios que se deben emplear en el costeo de los servicios de interconexión. En concreto, el IFT determina:
 - la metodología de costos incrementales de largo plazo puros (CILPP) para los servicios de conducción de tráfico y tránsito
 - una metodología de cálculo ascendente (*bottom-up*)
 - la metodología de margen equi-proporcional para los costos comunes
 - se excluirán los costos comunes y compartidos de los servicios de conducción de tráfico considerados ya que se está modelando un LRIC puro
 - un enfoque *scorched-earth* que se calibrará con los elementos de red presentes en las redes actuales
 - la depreciación económica para la amortización de los activos
 - la metodología de las tecnologías eficientes disponibles dentro del periodo modelado para valorar el costo de los equipos presentes
 - la escala de un concesionario eficiente que considere una escala de operación que sea representativa de los operadores que ofrecen servicios de telecomunicaciones en México distintos al agente económico preponderante
 - la metodología del costo de capital promedio ponderado (WACC, por sus siglas en inglés) para el cálculo del costo de capital
 - la metodología del Modelo de Valuación de Activos Financieros (CAPM) para el cálculo del Costo de Capital Accionario
 - la exclusión de los costos no asociados a la prestación de servicios de interconexión (p.ej. externalidades)
- Hemos trabajado estrechamente con el IFT para acordar los otros principios necesarios para la elaboración de los modelos de acuerdo a las mejores prácticas internacionales y en línea con lo recogido en nuestro informe sobre el enfoque conceptual de los modelos

(1) P/IFT/EXT/161214/277, “Acuerdo mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite la metodología para el cálculo de costos de interconexión de conformidad con la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión.”, publicado el 18 de diciembre de 2014

Los principios sobre los que se han construido los modelos siguen las mejores prácticas [1/4]

- Los operadores modelados han sido definidos en nuestro informe *Enfoque conceptual*. Este informe describe las principales opciones de modelado con base en la experiencia de Analysys Mason y las aportaciones y el conocimiento local del IFT:
 - **metodología:** de conformidad con las especificaciones dispuestas por el IFT, hemos utilizado una arquitectura *bottom-up* para construir un modelo CILPP (en inglés Pure LRIC) si bien el modelo es capaz de calcular los costos mediante la metodología LRAIC plus (es decir CITLP) de manera informativa.
 - **cuota de mercado:** los modelos desarrollados calculan los costos de un operador hipotético alternativo de 16% de cuota de mercado en el mercado móvil (mercado de tres operadores con un operador incumbente con la escala y talla del AEP) y de un operador hipotético incumbente de 64% y alternativo de 36% en el mercado fijo (mercado de dos operadores con un operador incumbente con la escala y talla del AEP) en el caso del operador fijo:
 - se calculan el número de suscriptores y tráfico de demanda a partir del total del mercado
 - el modelo refleja aspectos como la cobertura (eficiente) y topología de red de un operador hipotético
 - el crecimiento de la cuota de mercado está relacionado con el despliegue de la red y el aumento del tráfico utilizando la tecnología moderna.
 - **cobertura:** los operadores fijo y móvil modelados tendrán niveles de cobertura geográfica comparables con los ofrecidos por el operador fijo nacional y los operadores móviles nacionales en México, respectivamente:
 - cobertura nacional para los operadores fijos
 - 89% de la población con servicios de voz para el operador móvil alternativo no preponderante
 - **espectro:** mediante el análisis del espectro asignado en cada región se estima que el espectro total disponible en las bandas de 850MHz, 1900MHz y 1700/2100MHz es de 43.5MHz, 120.0MHz y 130.0MHz respectivamente:
 - se asume un reparto equitativo del espectro entre los dos operadores alternativos que junto al operador incumbente conforman el mercado móvil, asignando 10.0MHz (850MHz), 40.8MHz (1900MHz) y 30.0MHz (1700/2100MHz) al operador hipotético alternativo

Los principios sobre los que se han construido los modelos siguen las mejores prácticas [2/4]

Modelo móvil

- **Red core:** hemos modelado una arquitectura de red *core* (transmisión y conmutación) que puede estar basada en:
 - red de transmisión heredada (SDH), todo sobre IP o una migración entre ambas
 - una capa de conmutación heredada (MSC legado), NGN (MGW y servidores MSC) o una migración entre ambas
 - Una estructura de conmutación 4G separada de las 2G y 3G
- **Red de radio:** se han modelado las redes 2G+3G+4G con una cobertura *outdoor* (fuera de los edificios) e *indoor* (dentro de los edificios):
 - la población *outdoor* se cubre con emplazamientos macro
 - se despliegan emplazamientos *indoor* y micros
 - se asigna el espectro (y los costos del espectro) con base en el espectro disponible en las bandas de 850MHz, 1900MHz y 1700/2100MHz a nivel nacional aplicando un promedio entre las diferentes regiones
 - se ha aplicado una metodología de *scorched-earth* en el modelo, que ha sido calibrado con la información disponible para la red de acceso radio

Modelo fijo

- **Red core:** hemos modelado un operador de alcance nacional que despliega una red de acceso de cobre o de fibra e implementa una arquitectura NGN IP BAP:
 - el tráfico se transporta como IP desde el hogar del usuario
 - los servicios de voz están habilitados por aplicaciones que utilizan subsistemas multimedia IP (IMS)
 - el diseño de la red *core* nacional se ha calibrado en función de los datos disponibles sobre las redes existentes de otros operadores fijos
- **Red de transmisión:** se ha modelado un operador NGN todo-IP con una red de transmisión que puede estar basada en SDH sobre D-WDM, Ethernet sobre D-WDM o en una migración entre ambas para los nodos urbanos y parte de los rurales. El resto de nodos rurales se conectan con tecnología de microondas.
- **Punto de demarcación:** el punto de demarcación entre la red de acceso y las otras capas de la red es el primer punto donde ocurre una concentración de tráfico:
 - para un usuario de telefonía fija, este punto se encuentra en la tarjeta (*line card*) del repartidor (*distribution frame*) o del MSPP si proviene de una línea inalámbrica
 - no se ha modelado una red de cable troncal ni de acceso

Los principios sobre los que se han construido los modelos siguen las mejores prácticas [3/4]

Modelo móvil

- Servicios de voz y datos: el modelo calcula los costos de todos los principales servicios móviles:
 - voz 2G
 - voz 3G
 - SMS
 - datos GPRS, EDGE, R-99, HSPA y LTE
- Las economías de alcance se han repartido entre los servicios de voz y de datos en el modelo CITLP

Modelo fijo

- Servicios de voz y datos: el modelo calcula los costos de todos los principales servicios fijos cuyo tráfico utiliza la red multi-servicio :
 - llamadas de voz
 - tránsito de voz
 - enlaces dedicados
 - xDSL y bitstream
 - televisión lineal y vídeo bajo demanda (VoD)
- Las economías de alcance se han repartido entre los servicios de voz y de datos en el modelo CITLP

Los principios sobre los que se han construido los modelos siguen las mejores prácticas [4/4]

- **Costos de red mayoristas:** el modelo cubre las actividades de red y costos estructurales comunes:
 - no se han modelado costos minoristas – terminales, subsidios, promociones, atención al cliente, ventas y marketing, etc.
 - los resultados incluyen una proporción de costos estructurales
- **Incrementos:** hemos considerado un incremento CILP Puro, que considera como incremento el tráfico de un único servicio, como por ejemplo el tráfico de terminación de voz
 - el modelo considera también a título informativo un incremento CITLP, el costo incremental promedio del tráfico total más un costo adicional para cubrir los costos estructurales – los costos comunes de red, si aplica – principalmente en el modelo móvil
- **Años de cálculo:** el modelo calcula los costos sobre la vida total del negocio incluyendo remplazos de activos de red:
 - descontado sobre 50 años
 - se asume que el valor terminal es insignificante pasados estos 50 años
- **Depreciación:** hemos utilizado la depreciación económica para la amortización de los activos; esta se expresa en dólares americanos (USD) reales como ha solicitado el IFT
 - esta es la misma forma funcional de depreciación económica que Analysys Mason ha aplicado en modelos regulatorios similares en Portugal, los Países Bajos, Dinamarca, Noruega y Bélgica, y que ha sido probada con éxito por Ofcom (el regulador británico) durante sus consideraciones sobre depreciación económica
- **Cálculo del WACC:** siguiendo las indicaciones del IFT, hemos calculado el WACC reflejando los parámetros de costes prevalecientes:
 - la tasa libre de riesgo
 - coste de la deuda
 - tasa de impuestos nominal

Contenidos

Introducción

Conceptos utilizados en el desarrollo de los modelos

Modelo de mercado

Modelo fijo – diseño

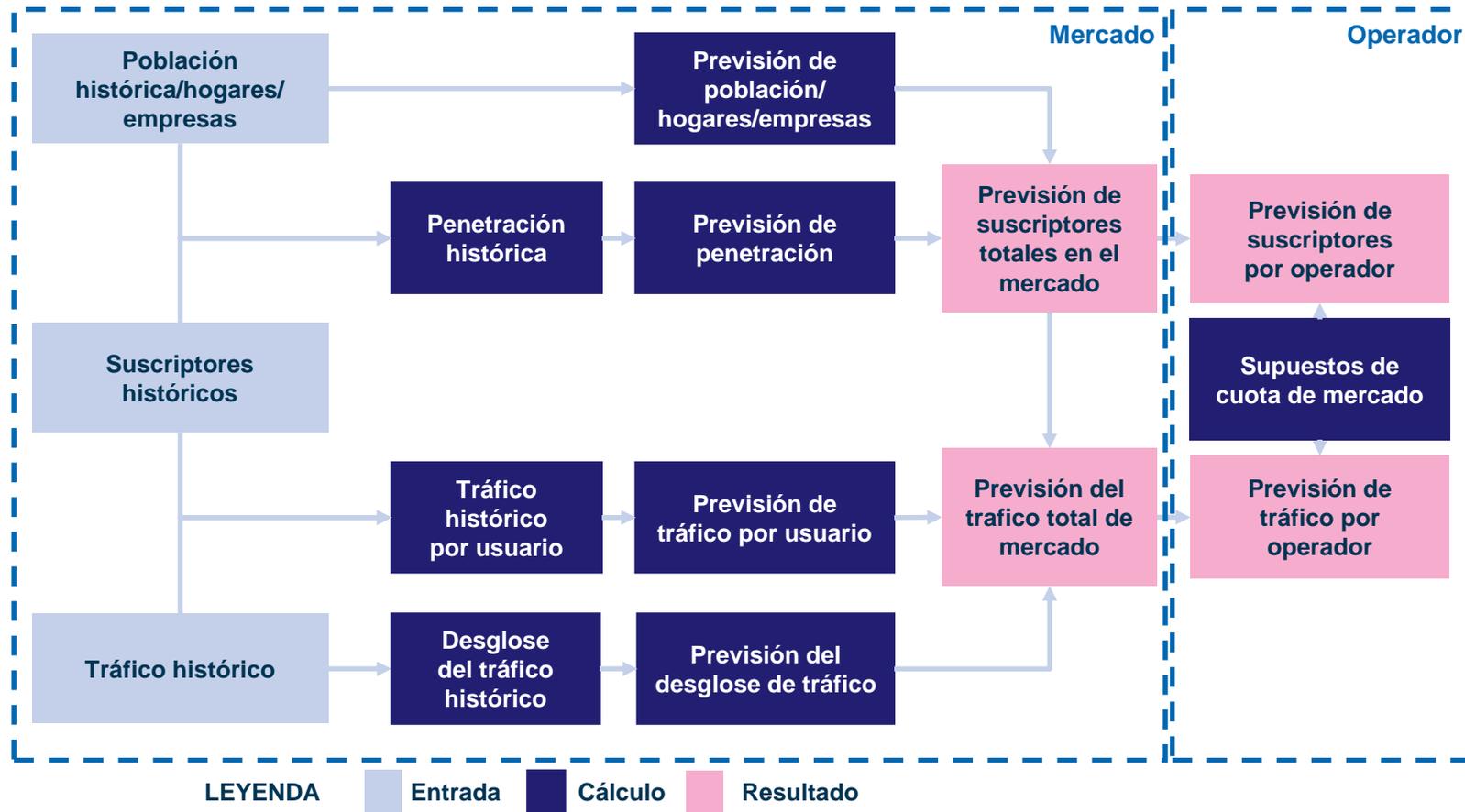
Modelo móvil – diseño

Modelo fijo y móvil – cálculo del WACC

Modelo fijo y móvil – costeo de los servicios

Estructura general del modelo de mercado, que proporciona las previsiones de tráfico para el modelo fijo y móvil

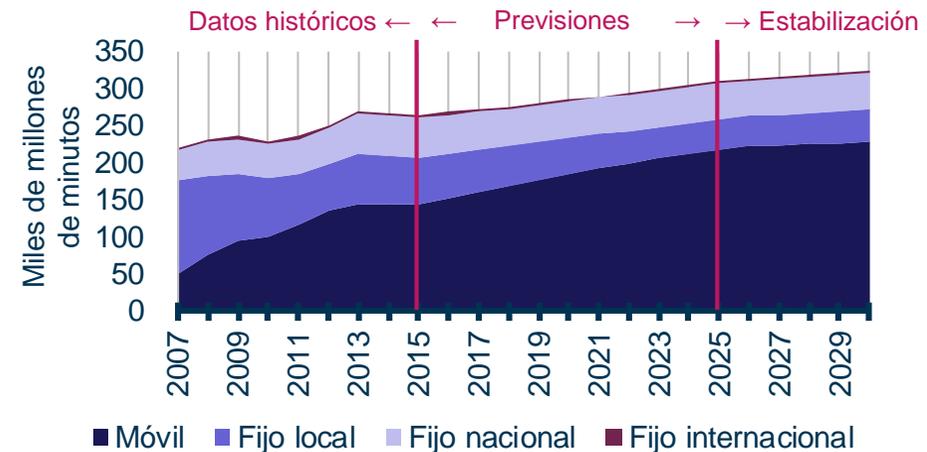
Estructura del modelo de mercado que determina la demanda



Se han efectuado proyecciones de demanda para un periodo de diez años, y se estima que pasados esos diez años la demanda permanece estable

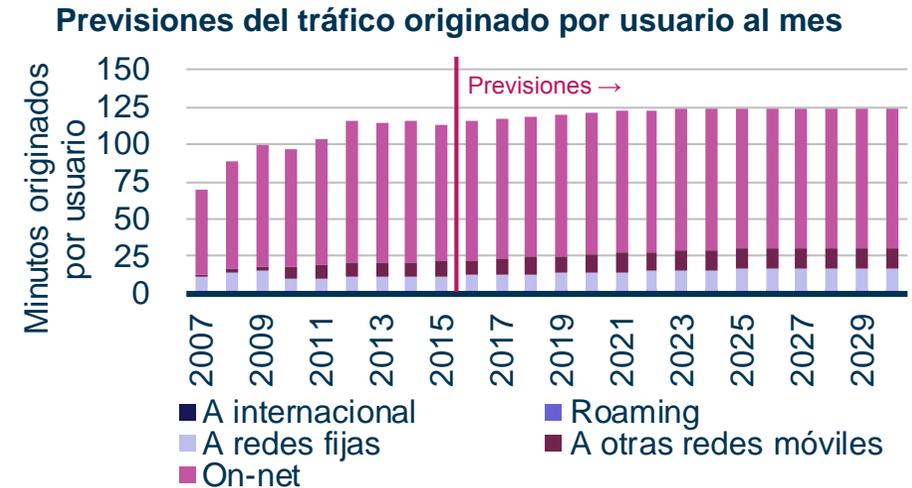
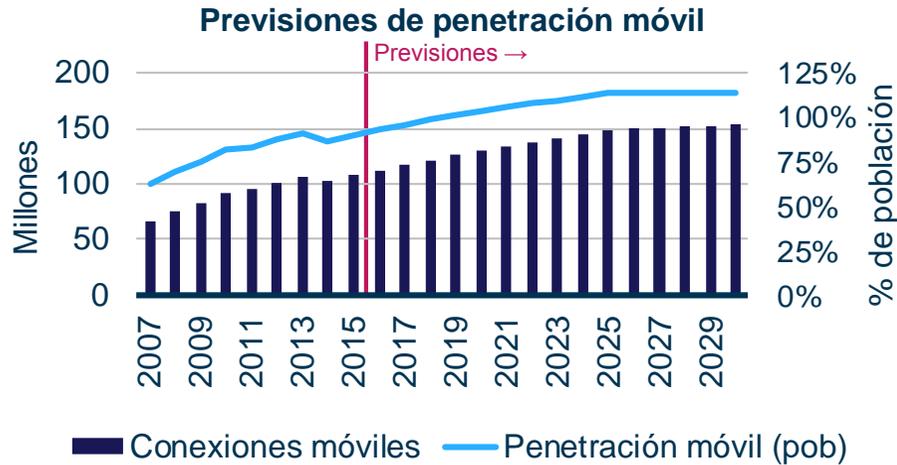
- El modelo de mercado tiene la función de arrojar proyecciones sobre la evolución del tráfico de los diferentes servicios ofrecidos por los operadores fijo y móvil:
 - para asegurar la coherencia entre todos los modelos de costos, se deriva una única proyección de la demanda que se utiliza tanto en el modelo fijo como en el móvil
- Las proyecciones del tráfico fijo y móvil se calculan con base en proyecciones de suscriptores y tráfico por suscriptor:
 - las proyecciones se han basado en información proporcionada por los operadores, el IFT y por fuentes internas y externas a Analysys Mason
- El modelo sólo pretende efectuar una previsión para un periodo razonable de tiempo que cubre diez años:
 - tras este periodo se prevé que el mercado se estabilice, es decir, el tráfico por suscriptor y penetración de suscriptores permanecerán constantes a través del tiempo
 - no sería realista efectuar una previsión detallada y precisa para la totalidad del periodo modelado (50 años)
- No se prevé introducir tecnologías que puedan aparecer en el futuro y no estén presentes actualmente en México:
 - el modelo se limita a modelar tecnologías existentes y bien establecidas en el mercado

Ejemplo de evolución del mercado para los servicios de voz fija y móvil

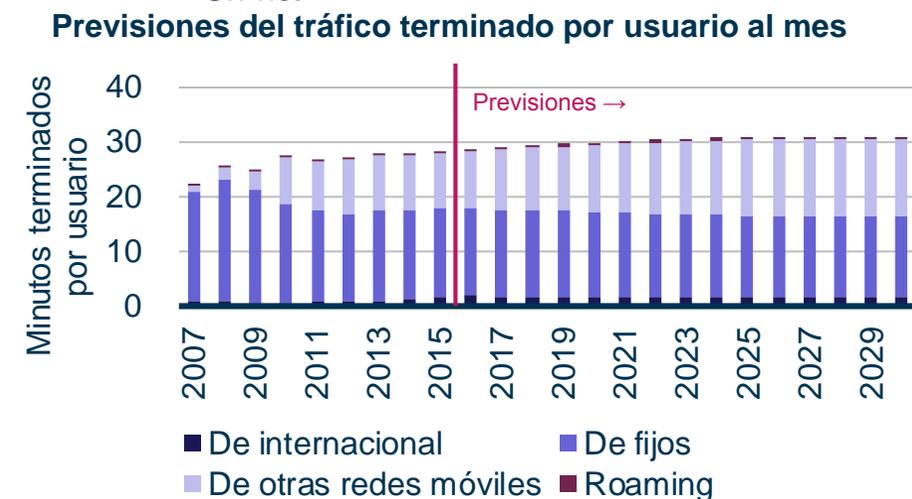


- La estabilización del mercado tras un periodo de previsión de varios años responde a varias razones:
 - limitar el impacto de errores asociados a un periodo demasiado largo (nuevas tecnologías desconocidas, etc.)
 - limitar el impacto que tendría un exceso de demanda en años posteriores sobre el costo final de los servicios modelados debido a la depreciación económica

El modelo de mercado realiza previsiones de suscriptores móviles, tráfico y cuota de mercado – demanda de servicios de voz en el caso base

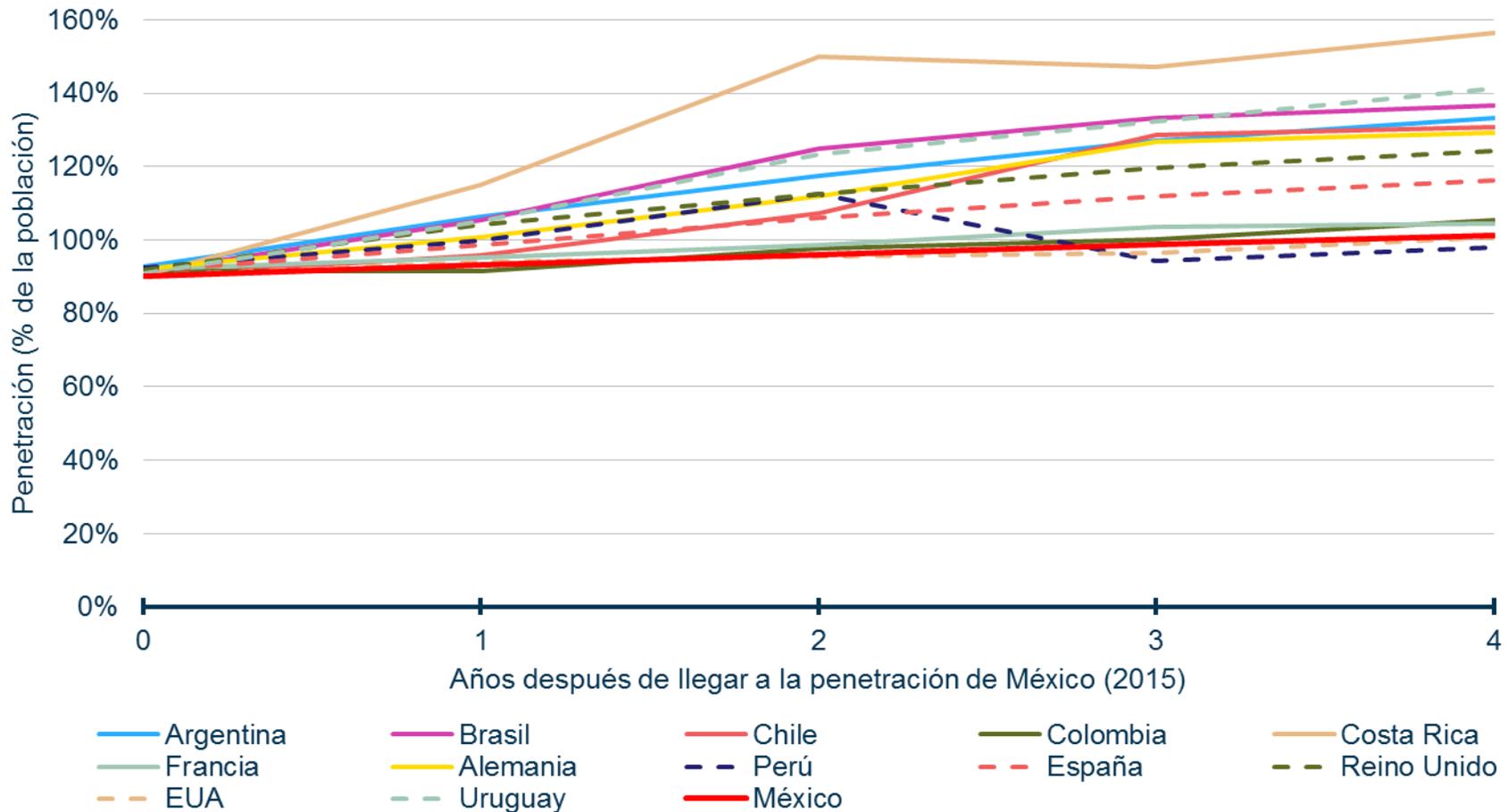


- A largo plazo, la penetración móvil aumenta del 90% de la población en el 2015 a 113% en el 2025, año en el que se estabiliza
- Esto conllevará una fuerte subida del tráfico de voz de los usuarios móviles de unos 143 000 millones de minutos anuales en 2015 hasta alcanzar los 219 000 millones de minutos anuales en 2025
- En términos de tráfico entrante en redes móviles, el número de minutos aumentará también de los cerca de 36 000 millones en 2015 hasta los más de 54 000 millones en 2025:
 - sin embargo, la proporción de tráfico originado en teléfonos fijos disminuirá gradualmente y será sustituido por más tráfico móvil



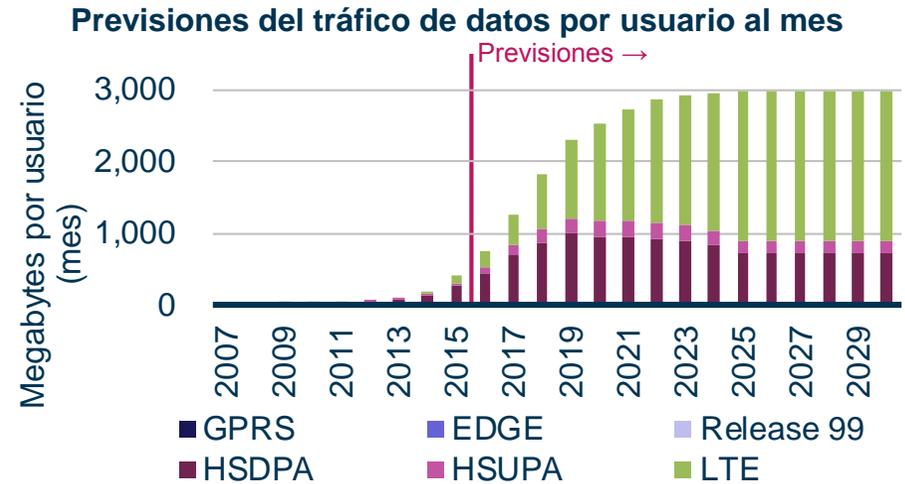
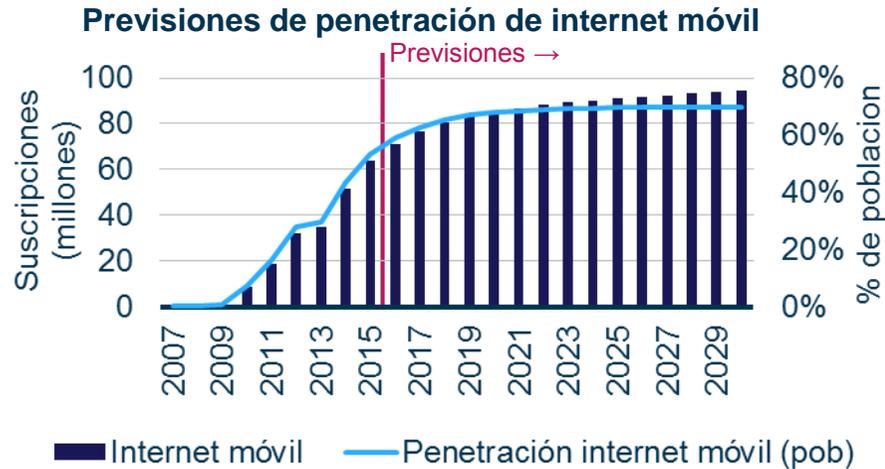
Las previsiones de la penetración móvil en México están en línea con las tendencias de crecimiento de los últimos años

Comparativa internacional de la penetración móvil por población

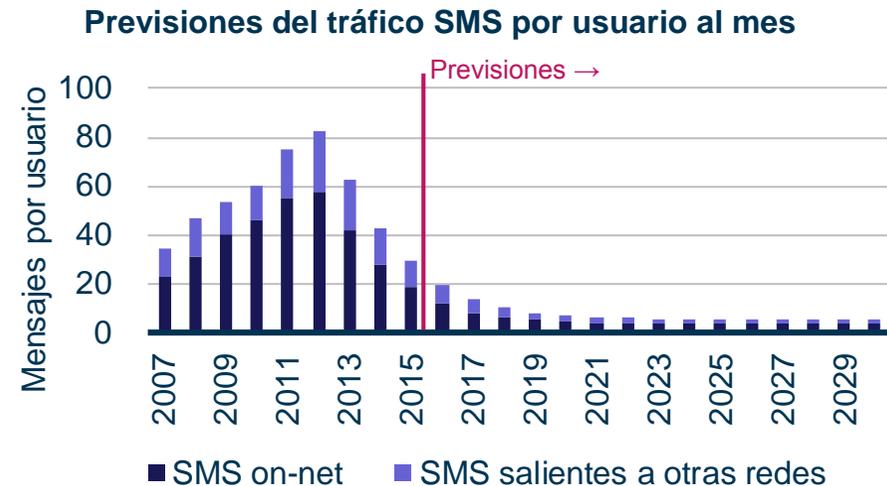


Fuente: TeleGeography

El modelo de mercado realiza previsiones de suscriptores móviles, de internet móvil y tráfico – demanda de servicios de voz, datos y SMS

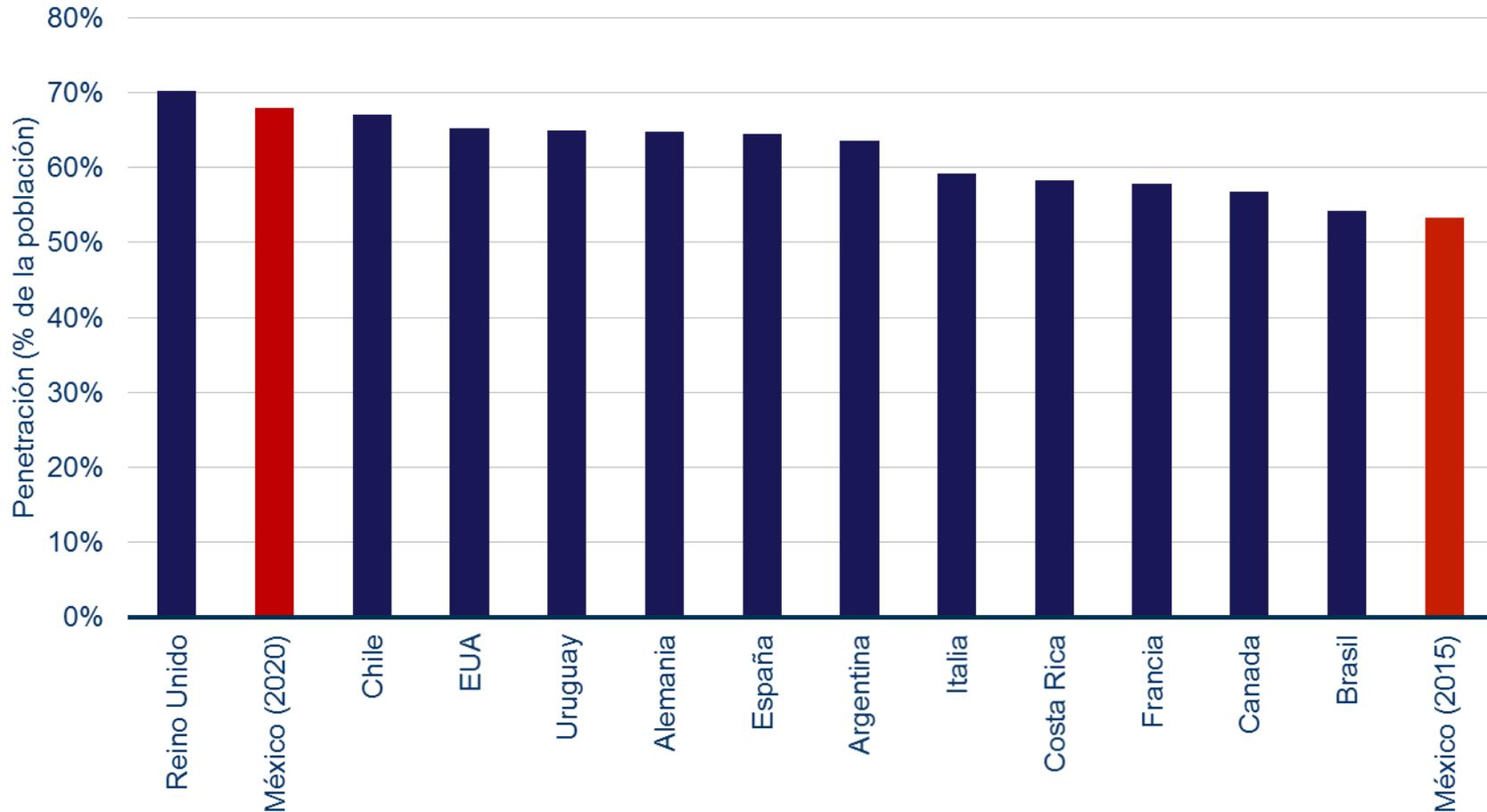


- La penetración de internet móvil crecerá desde el 53% de la población en el 2015 hasta cerca del 70% en el año 2025, en línea con comparativas internacionales.
 - este aumento será debido al éxito del servicio de datos móviles y el auge del servicio 4G en el país
- Los usuarios de datos aumentarán su uso de internet móvil desde los actuales 0.5GB por mes en 2015 a unos 3GB en el año 2025.
 - el servicio de datos 4G será el principal valedor de este crecimiento
- El tráfico de SMS bajará de 354 mensajes por usuario al año en el 2015 hasta 66 mensajes en el 2025 debido al incremento de la utilización de servicios de datos (p.ej whatsapp o iMessage)

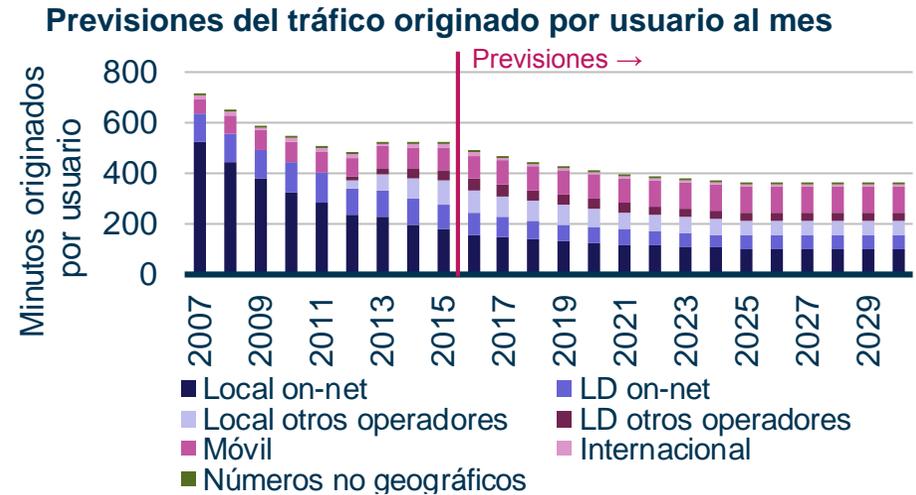
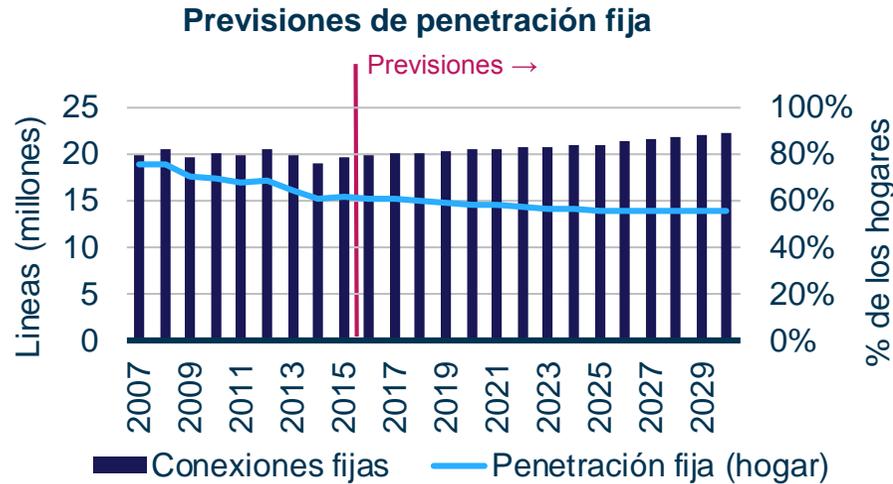


Las previsiones de la penetración de internet móvil en México le sitúan en niveles de penetración cercanos a los actuales en otros países

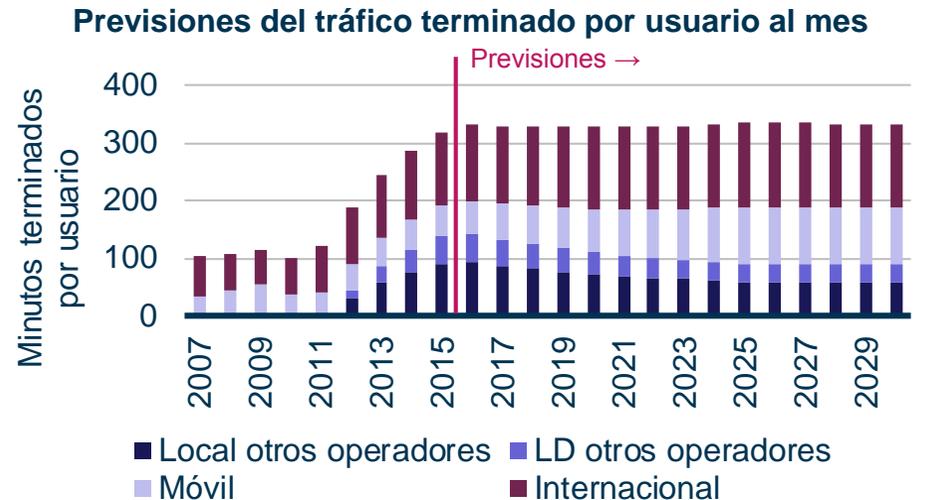
Comparativa internacional de la penetración por población de internet móvil en 2015



El modelo de mercado realiza previsiones de suscriptores fijos y de tráfico – demanda de servicios de voz

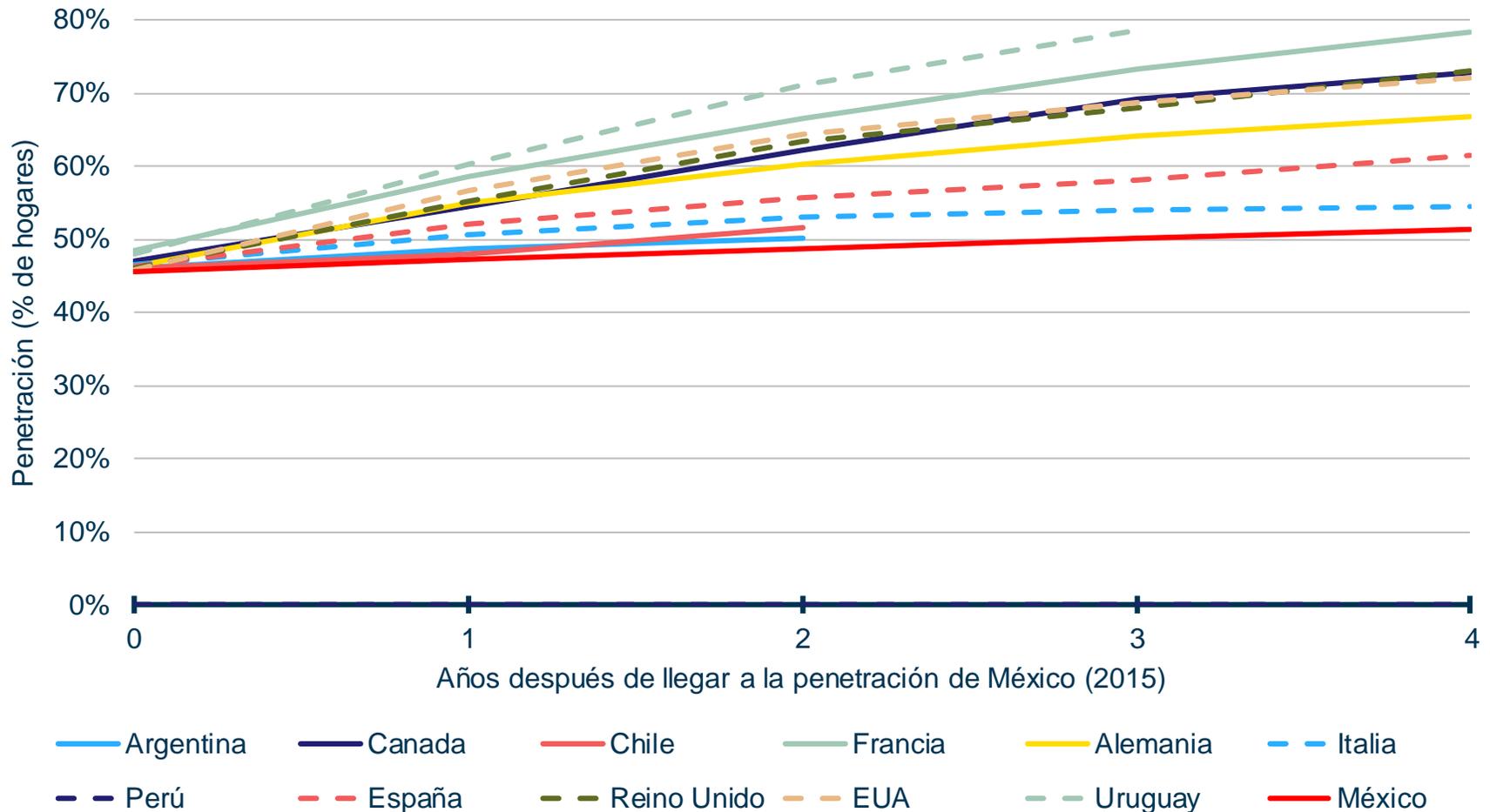


- Se prevé que la penetración fija por hogar disminuirá de 62% en el 2015 hasta 56% en el 2025
- El modelo calcula un tráfico fijo saliente de 121 000 millones de minutos anuales en el 2015 – equivalente a 520 minutos por suscriptor y mes. Se estima que el número de minutos anuales decrecerá hasta 91 000 millones en el 2025
- Se prevé que el tráfico entrante se incrementará de 75 000 millones de minutos en 2015 a 84 000 millones de minutos en 2025 debido sobre todo al incremento de tráfico internacional y móvil



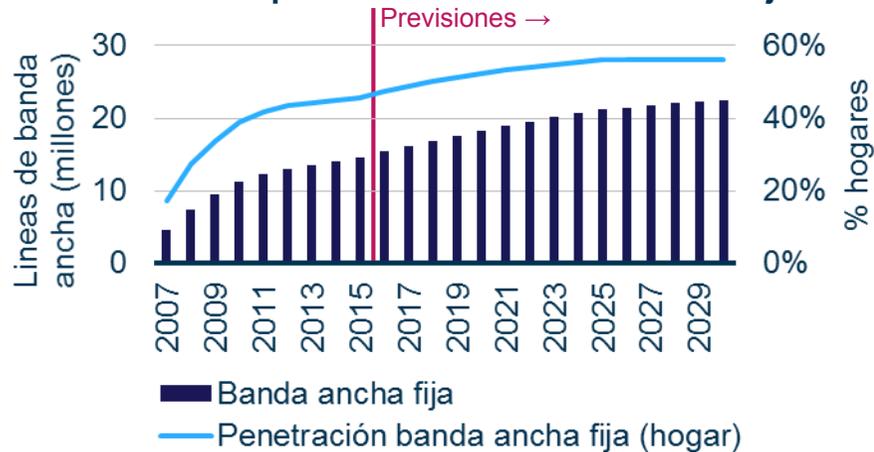
Se espera una evolución de la penetración de banda ancha fija en México por debajo de otros países, pero en línea con las tendencias recientes

Comparativa internacional de la penetración de banda ancha fija por hogar (2015)



El modelo de mercado realiza previsiones de suscriptores fijos y de tráfico – demanda de servicios de datos

Previsiones de penetración de la banda ancha fija



- Estimamos que la penetración de la banda ancha fija aumentará de 46% en 2015 hasta 52% en el año 2025:

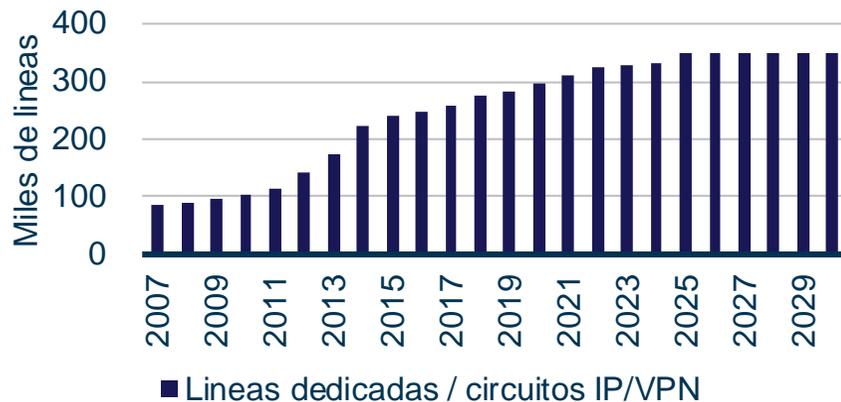
- las necesidades de ancho de banda crecerán principalmente debido al incremento de líneas DSL, seguido por los enlaces dedicados
- el crecimiento está en línea con comparativas internacionales de Europa del Este y Asia

- Para calcular el volumen de tráfico de datos en la red DSL estimamos que se reservarán 75kbit/s de capacidad por usuario (paquete de 1.5Mbit/s con factor de contención de 1/20) y que aumentará en un 2% por año hasta el 2025

- Los enlaces dedicados se estiman como una combinación de enlaces dedicados *backhaul* del modelo móvil y los enlaces dedicados utilizados en la prestación de servicios corporativos:

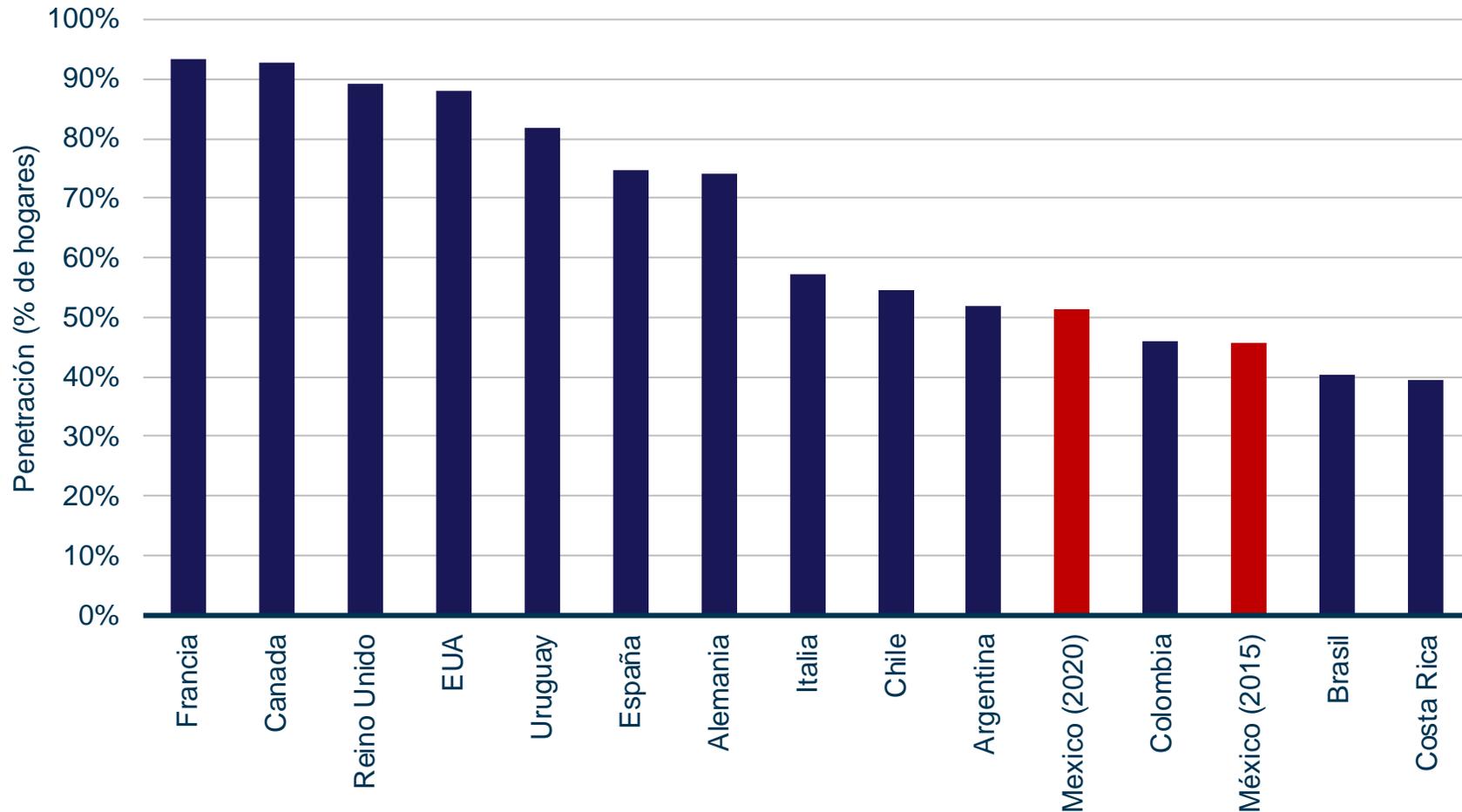
- para definir el punto de partida hemos utilizado los datos de enlaces dedicados en términos de E1s equivalentes entre 2005 y 2007 proporcionados por la COFECO
- se estima un ancho de banda para los enlaces dedicados que aumentará de 2.81Mbit/s en 2015 a 3.14 Mbit/s en 2025

Previsiones de líneas dedicadas (minorista y mayorista)



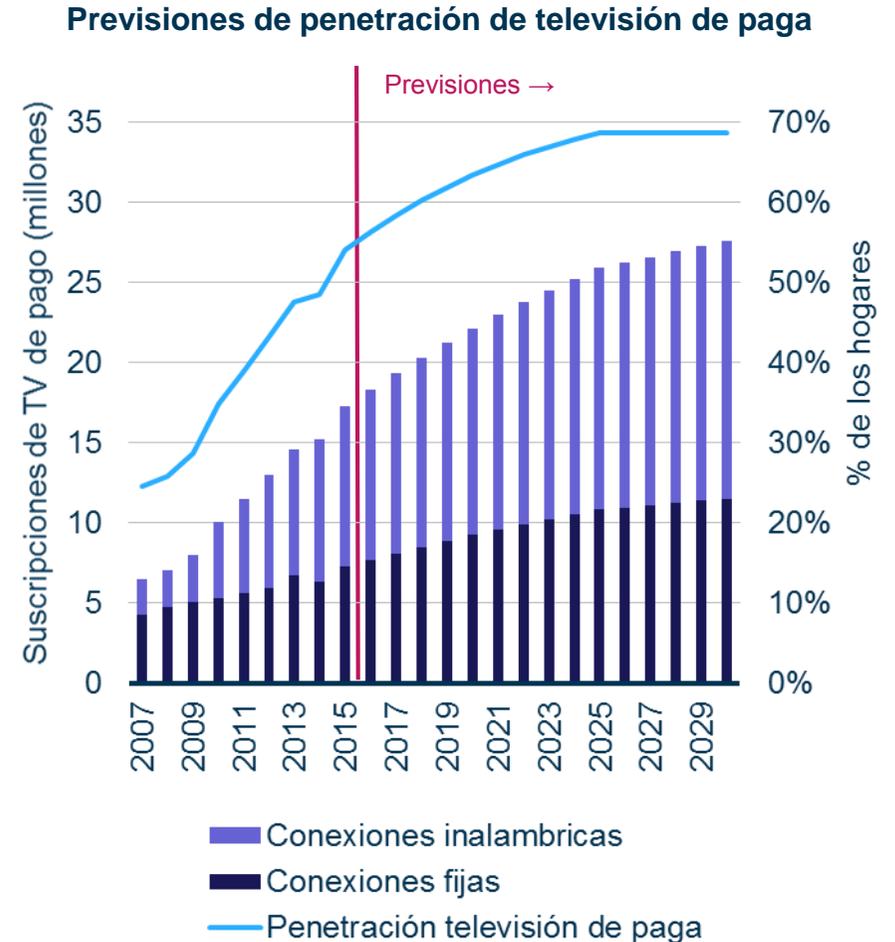
Las previsiones de la penetración de banda ancha fija en México le sitúan más cerca de los niveles de penetración actuales en Europa Occidental

Comparativa internacional de la penetración de banda ancha fija en 2015 por hogar



El modelo de mercado realiza previsiones de suscriptores fijos y de tráfico – demanda de servicios de televisión

- Se asume que la penetración de la televisión de paga por hogar se incrementará de 54% en 2015 a 69% en 2025:
 - actualmente las conexiones inalámbricas sobrepasan a las conexiones fijas en el mercado de la televisión de paga
 - el crecimiento en el mercado, en línea con los datos disponibles, provendrá sobre todo de las tecnologías inalámbricas como la satelital, que no presentan tantas limitaciones técnicas y permiten ofrecer paquetes con un mayor número de canales en comparación con las tecnologías terrestres



Contenidos

Introducción

Conceptos utilizados en el desarrollo de los modelos

Modelo de mercado

Modelo fijo – diseño

Modelo móvil – diseño

Modelo fijo y móvil – cálculo del WACC

Modelo fijo y móvil – costeo de los servicios

De acuerdo a los lineamientos y principios conceptuales acordados, hemos modelado un operador fijo hipotético existente

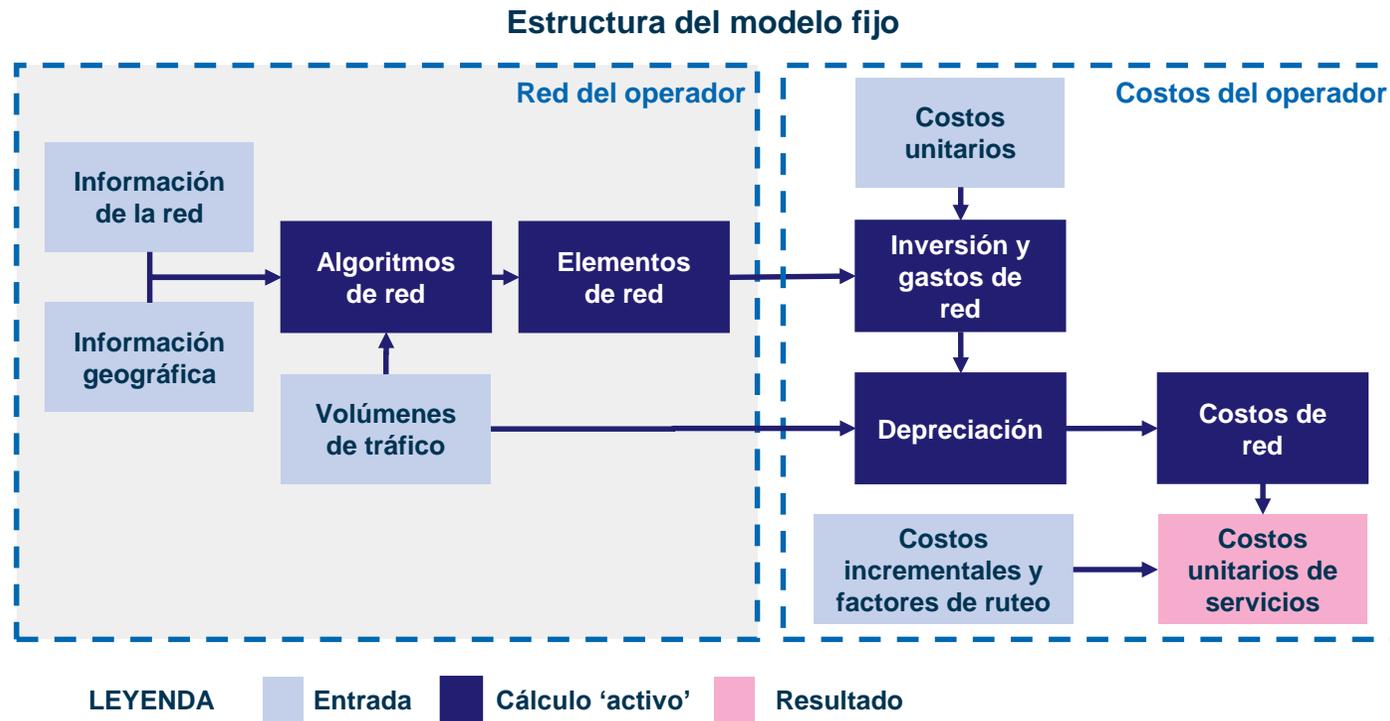
Mercado de dos operadores existentes:
AEP y un alternativo no preponderante



Red fija

- Despliegue de una red NGN IP en el año 2010
- Despliegue de una red de ámbito nacional
- El operador AEP alcanza una cuota de mercado del 64% en 2016 y el operador alternativo no preponderante un 36% en el mismo año
- Comienzo de las operaciones comerciales en 2012
- Operación de la red troncal durante 50 años
- El núcleo de la red NGN IP estará operativa en el largo plazo.

El modelo se estructura en módulos, implementados en hojas de cálculo distintas que cubren los principales aspectos de la red del operador



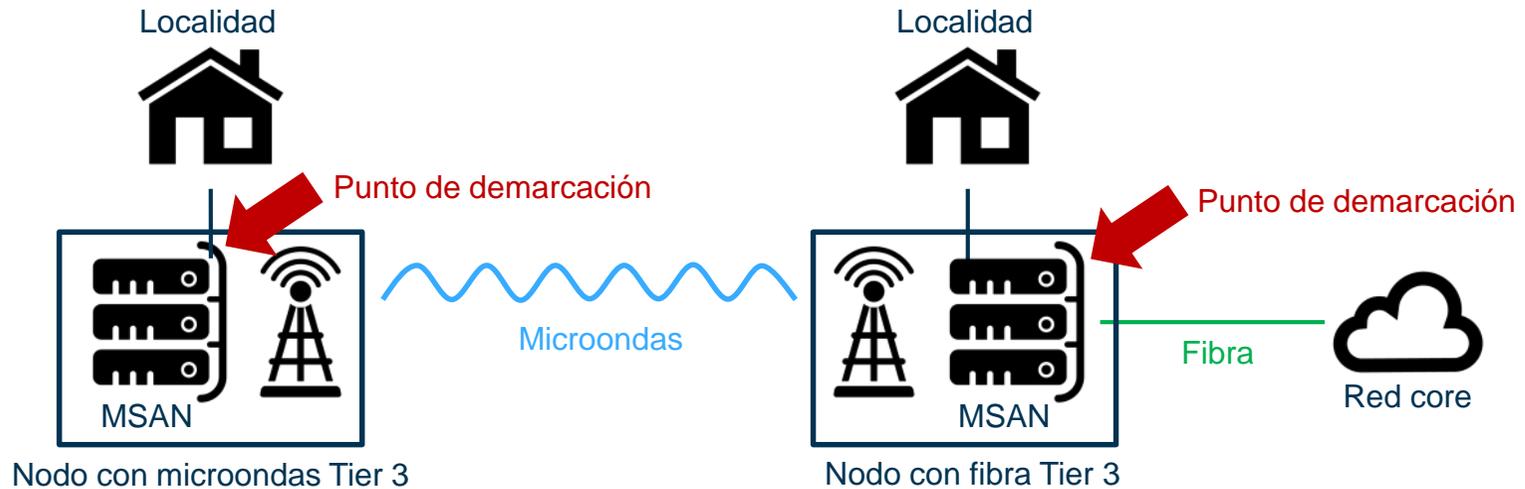
- El modelo se estructura en módulos, implementados en hojas de cálculo distintas que cubren tres aspectos principales: dimensionado de los requerimientos de red, diseño de la red, y costeo de la red
- Cada módulo cubre un aspecto específico del modelo:
 - los principales elementos del modelo se presentan en el esquema adjunto
- A continuación consideramos exclusivamente el módulo de la red del operador

Se separan conceptualmente la red de acceso (*last-mile*) y la red core del operador para definir los activos considerados en el costeo

- Conceptualmente, el modelo está compuesto por tres capas principales:
 - la **capa de agregación** concentra el tráfico originado por los suscriptores a través de *switches* de agregación y lo dirige al *router* regional donde se decide cómo tratar el tráfico
 - la **capa de distribución** es el primer nivel de inteligencia de la red y redirige el tráfico – a través de la red *core* si es necesario – hasta hacerlo llegar a su destino
 - la **capa core** corresponde a la malla de *routers* que enlazan los distintos ASLs de México y gestionan y distribuyen el tráfico nacional
- El diseño de red se estructura alrededor de cuatro tipos de nodos principales:
 - **nodos Tier 3 (19 600 nodos)**: nodos de acceso rurales con conectividad de fibra y/o microondas, de los cuales 11 636 conectados por microondas
 - **nodos Tier 1 y Tier 2 (5 020 nodos)**: nodos de acceso urbanos conectados por fibra a los que se conectan los MSANs
 - **nodos regionales (197 nodos)**: cubren un ASL y concentran el tráfico de los nodos Tier 1, Tier 2 y Tier 3 asociados
 - **nodos core (11 nodos)**: conforman los puntos de la capa *core* de la red con inteligencia para redirigir el tráfico
 - **nodos nacionales (9 nodos)**: nodos *core* con responsabilidades adicionales, como hospedar plataformas de red adicionales

El punto de demarcación en la última milla alámbrica se sitúa en el punto de agregación (MSAN)

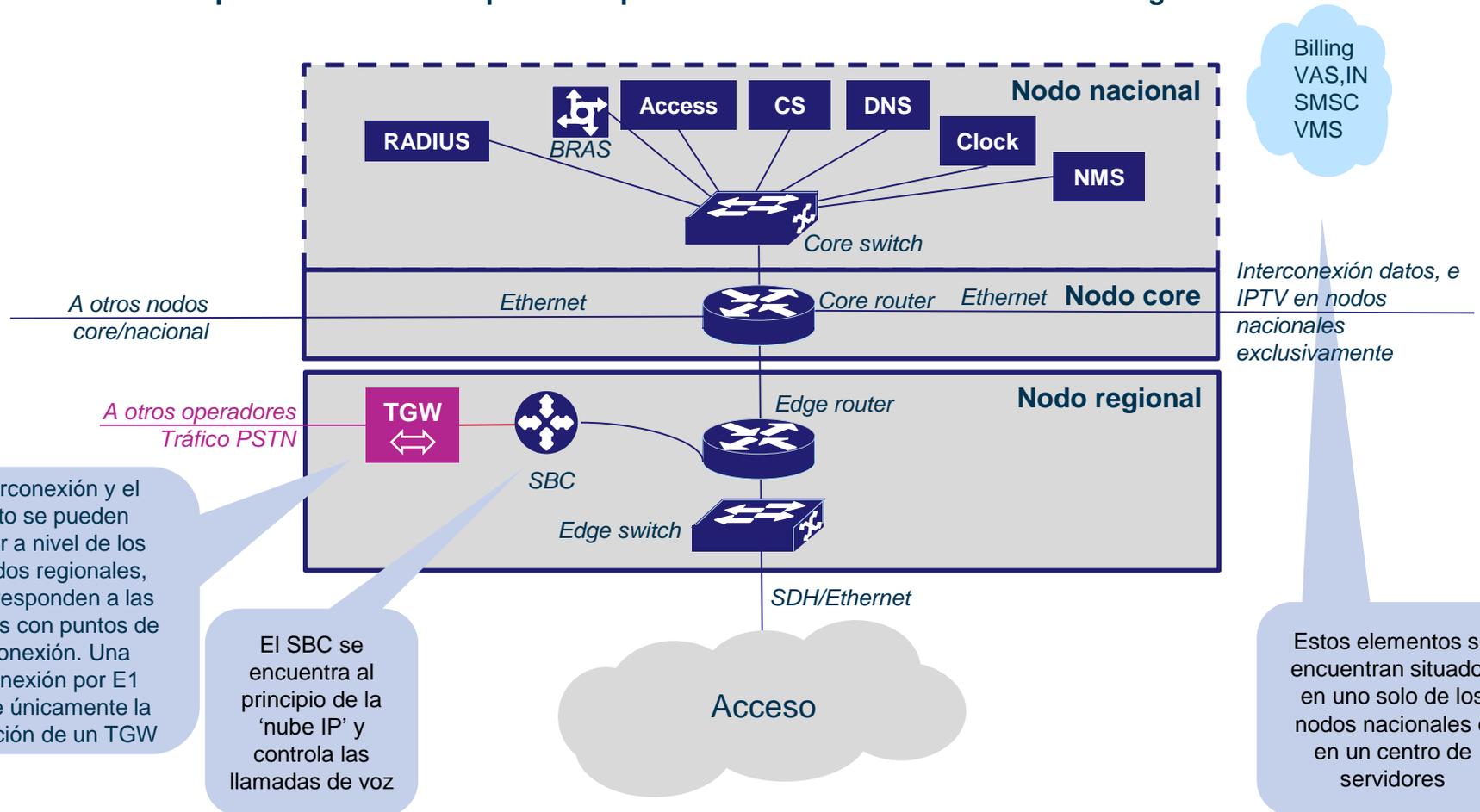
Punto de demarcación en la conexión de última milla alámbrica



- El punto de demarcación entre la red de acceso y la red troncal se encuentra en el primer punto donde ocurre una concentración de tráfico de manera que los recursos se asignan en función de la carga de tráfico
- En el caso de la conexión de fibra en anillos y microondas en árbol, dicho punto se encuentra en el modelo al nivel del MSAN
- Los costos situados a partir del punto de demarcación hacia la red core se incluyen en el modelo de costos de interconexión fija

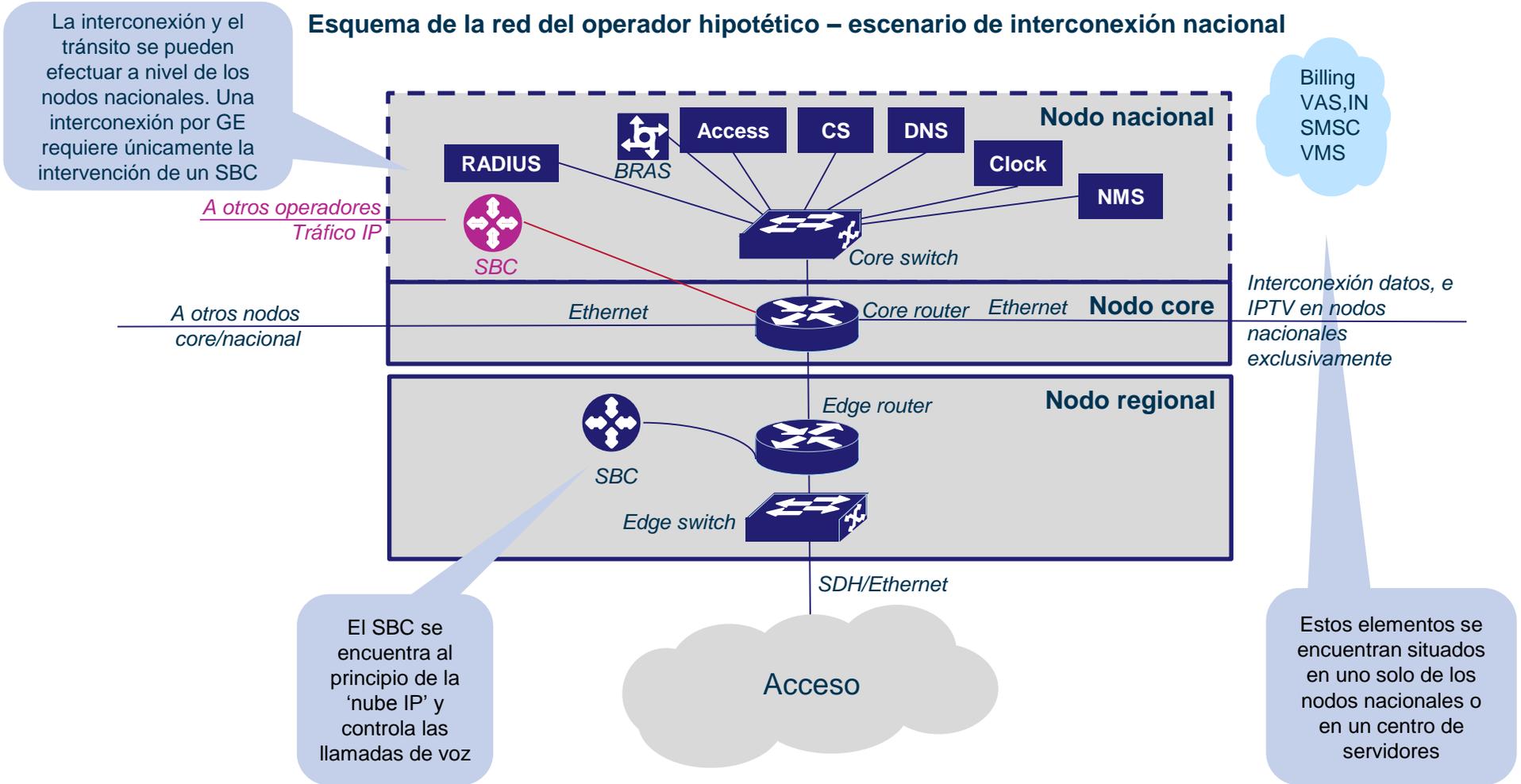
El modelo presenta varias opciones de interconexión: a nivel de nodo regional o nacional, y con tecnología E1 o GE – interconexión regional

Esquema de la red del operador hipotético – escenario de interconexión regional



El modelo presenta varias opciones de interconexión: a nivel de nodo regional o nacional, y con tecnología E1 o GE – interconexión nacional

Esquema de la red del operador hipotético – escenario de interconexión nacional



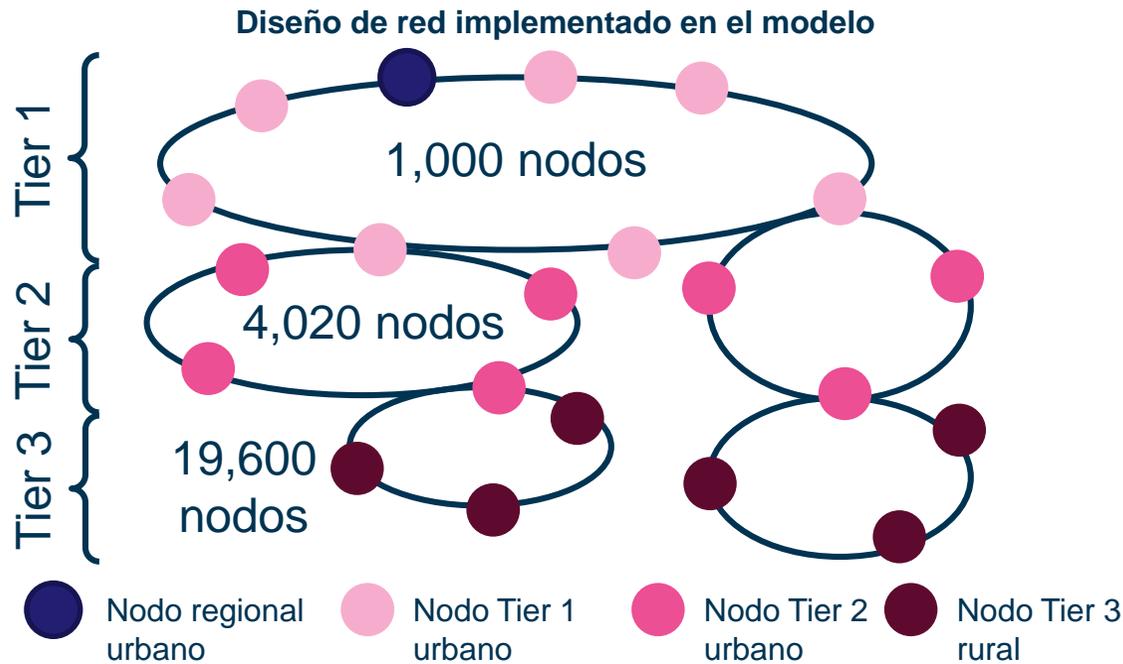
Se ha utilizado un método *scorched-earth* calibrado para el diseño de la red del operador modelado...

Red core del operador modelado



- La red troncal está compuesta de un total de 9 nodos nacionales y 11 nodos *core*:
 - los nodos están conectados de forma redundante por seis anillos de fibra con una longitud total de 16 712km
- Las distancias entre nodos *core* recorrida por la fibra se ha calculado con base en la red de carreteras de México
- Los 197 nodos regionales están conectados entre sí con anillos de fibra, con dos nodos *core* conectado a cada anillo, sumando un total de 22 000km
- El modelo permite seleccionar una migración de enlaces de interconexión de E1 a GE a nivel regional o nacional:
 - el modelo asume una interconexión a nivel regional con enlaces E1

... y se ha prestado especial atención al modelado de la red de acceso, la cual se ha modelado con mayor detalle



Robustez de la red

	Ratios ⁽¹⁾	Redundancia ⁽²⁾
Regional a Core	9.8	Conexión a 2 nodos
Tier 1 a Regional	5.1	Conexión a 2 nodos
Tier 2 a Tier 1	4.0	Conexión a 1 nodo
Tier 3 a Tier 2	4.9	Conexión a 1 nodo

Este diseño presupone al menos un nodo por localidad cubierta. Todos los nodos Tier 1 y Tier 2 son urbanos, y los nodos Tier 3 son rurales.

Este diseño es robusto, es decir, es resistente a fallos críticos en nodos de su red. En efecto, el número de nodos que dependen de un nodo de nivel superior es relativamente pequeño en los diferentes niveles de red, disminuyendo el número de nodos situado bajo un único punto de fallo.

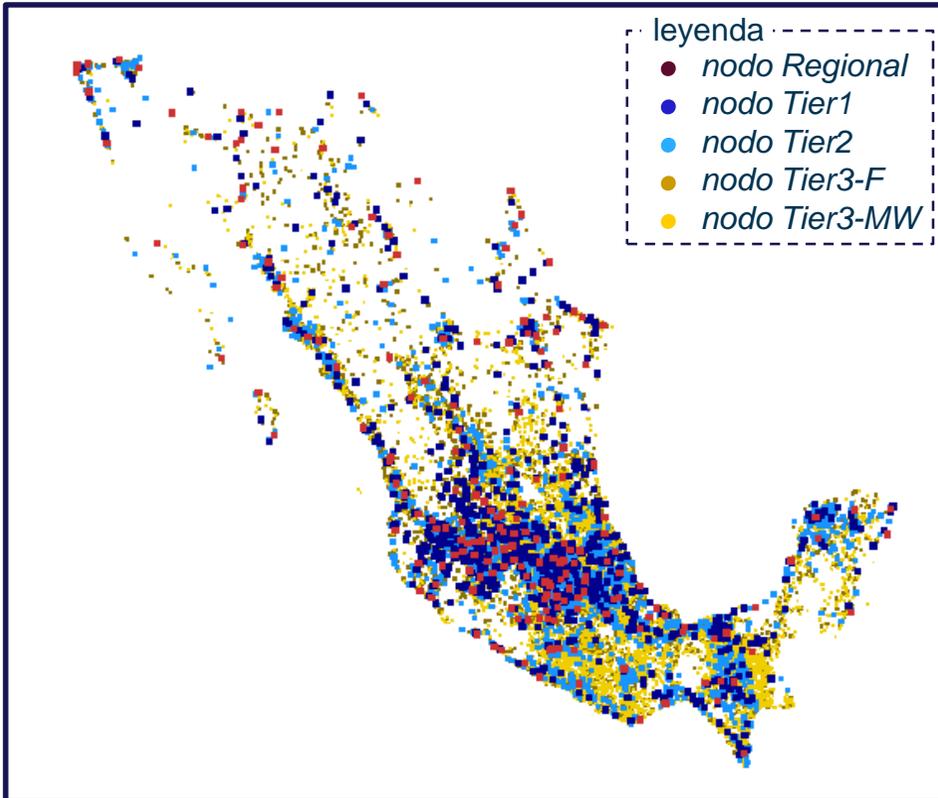
Nota: Se definen como nodos urbanos aquellos con poblaciones superiores a 2500 personas, y rurales los demás nodos

(1) Número de nodos de un nivel inferior conectados a un nodo de nivel superior

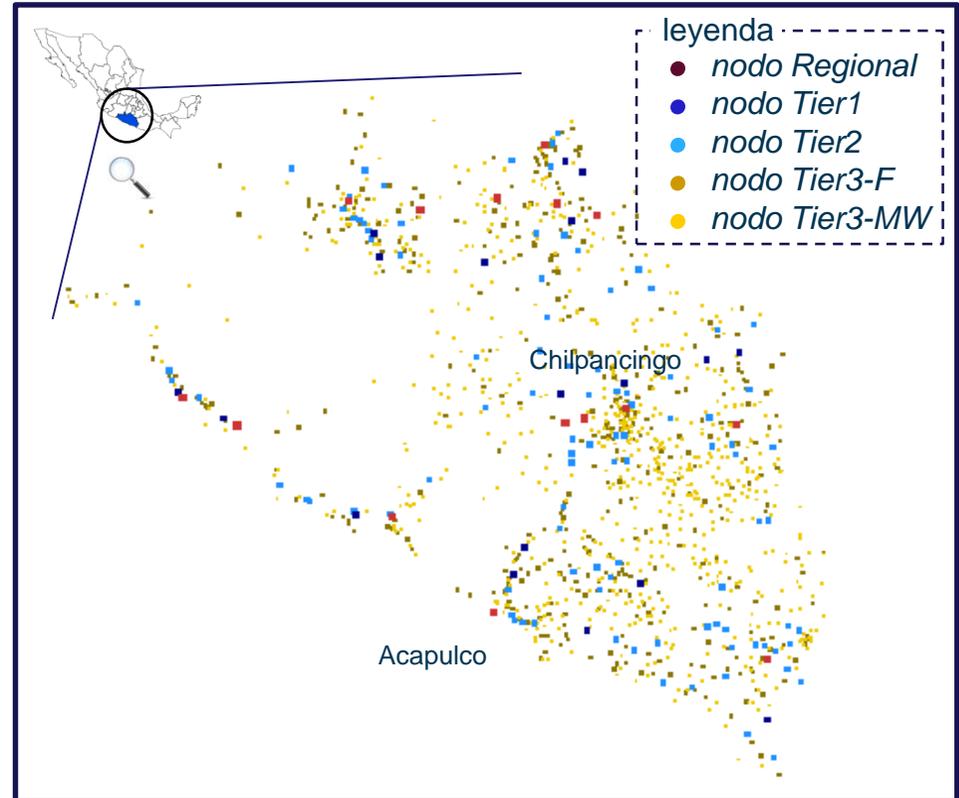
(2) Número de nodos de nivel superior al que está conectado un nodo de nivel inferior

Los niveles de la red alcanzan un nivel de detalle significativo: ejemplo de distribución de los nodos en el Estado de Guerrero (ASL 64-79)

Nodos del operador fijo modelado



Nodos del operador fijo modelado en el Estado de Guerrero

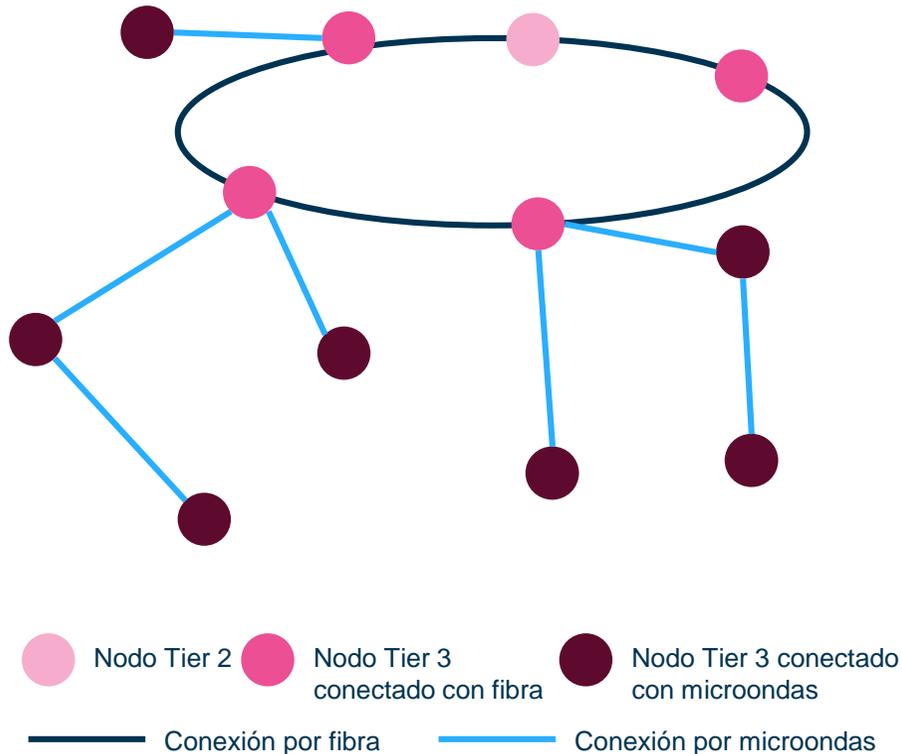


197	Nodos Regionales
1000	Nodos Tier 1
4020	Nodos Tier 2
7964	Nodos Tier 3-F (conectados por fibra)
11 639	Nodos Tier3-MW (conectados por microondas)

Fuente: Analysys Mason

Se cubren las localidades rurales con última milla alámbrica (fibra y/o cobre)

Última milla alámbrica



Conexión de última milla alámbrica

- Se asocian los nodos Tier 3 a su nodo Tier 2 (o Tier 1 en el caso de que no existan nodos Tier 2) más cercano dentro del mismo ASL
- Se diseña la estructura de anillos y árboles que unirá los nodos Tier 3 a los nodos Tier 2 correspondientes
- Los anillos están conectados con tecnología de fibra
- Las estructuras en árboles están conectadas con tecnología de microondas
- Se despliega al menos un punto de presencia con un MSAN en cada localidad Tier 3

Conceptualmente se ha dividido México en nueve regiones similares a las utilizadas por las concesiones móviles

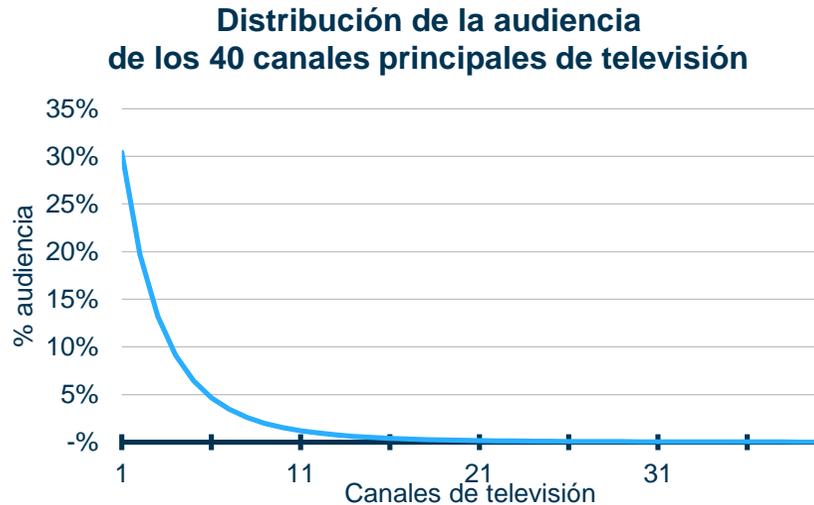
- Se ha dividido México conceptualmente en nueve regiones, similares a las utilizadas en la definición de las concesiones móviles:
 - los operadores móviles serán uno de los clientes principales del operador modelado para interconexión
 - cada una de las regiones tiene un nodo nacional que permite la interconexión y el tránsito
 - se ha implementado la redundancia de los sistemas y nodos a través de los factores de utilización
- Los anillos se dimensionan en función de un número máximo de nodos por anillo calculado en función de la capacidad de la fibra
- Las regiones fijas se han establecido con una definición muy similar a la efectuada por el IFT para las regiones celulares:
 - se consideran los estados incluidos en una región celular, ignorando las excepciones a nivel de municipio
- Se calcula la proporción de tráfico por región con base en el número de líneas fijas reportadas por el IFT:
 - el cálculo se efectúa a nivel de estado
- Los datos cubren las líneas residenciales y corporativas
- Por falta de información más detallada se utiliza un tráfico promedio por cada usuario

Región	Líneas	Proporción	Región	Líneas	Proporción
Región 1	669 718	3%	Región 6	1 930 854	9%
Región 2	803 572	4%	Región 7	2 333 940	11%
Región 3	798 530	4%	Región 8	878 474	4%
Región 4	2 807 333	14%	Región 9	7 810 530	38%
Región 5	2 557 498	12%	-	-	-

La red se dimensiona a partir del tráfico agregado anual de los distintos servicios del operador convertido a Mbit/s

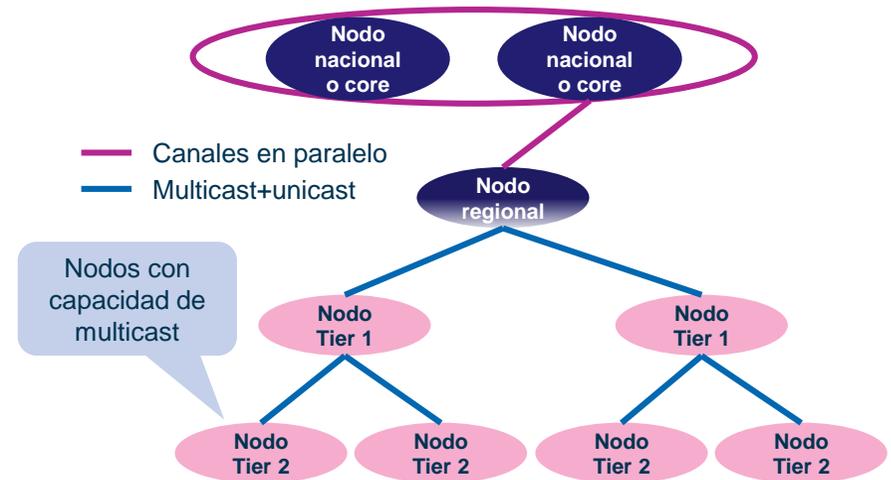
- La red se dimensiona a partir del tráfico anual del operador, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:
 - proporción de tráfico en días laborables: 80% para voz (basado en comparativas internacionales)
 - ancho de banda ocupado por voz: 92kbit/s (codec G.711 con periodo de muestro de 20ms)
 - duración media de las llamadas: 2.5–3.5 minutos según el tipo de llamada
 - intentos de llamadas por llamada exitosa: 1.43 (basado en comparativas internacionales)
 - proporción de contención de datos: 1/20
 - se ha calculado un tráfico medio por línea urbana y rural, y se ha estimado el tráfico medio por central con base en el número de líneas por nodo
 - los nodos rurales de la red Tier 3 soportan en promedio un tráfico menor que los nodos urbanos de la red Tier 1 y 2
 - se presenta el dimensionamiento del tráfico lineal de televisión más adelante debido a su complejidad
- El modelo define numerosas hipótesis técnicas adicionales:
 - MSAN y mini-MSAN: 512 y 128 suscriptores respectivamente con hasta un 70% de utilización de la capacidad máxima
 - *edge router*: 12 ranuras con tarjetas de 20 puertos GE o 2 puertos 10GE con hasta un 40% de utilización de la capacidad máxima
 - *core router*: 18 ranuras con tarjetas de 20 puertos GE o 2 puertos 10GE con hasta un 40% de utilización de la capacidad máxima
 - *edge y core switches*: 6 ranuras con tarjetas de 48 puertos 1GE o 12 puertos 10GE con 40% de utilización de la capacidad máxima
 - enlaces WDM con hasta 40 longitudes de onda por anillo
 - SBC: 8 puertos 1GE por tarjeta y 40% de utilización de la capacidad máxima
 - otros elementos incluyen: call servers, DNS, BRAS, radius, DNS, TGW, equipo de reloj y sincronización, *network management*, VMS, IN, *wholesale billing*

El dimensionamiento del tráfico de televisión lineal se basa en una distribución *long-tail* para estimar la audiencia de 130 canales



- Suponemos una oferta de 130 canales con una distribución de audiencia basada en la distribución de Zipf:
 - los 5 primeros canales controlan 79% de la audiencia
 - los demás forman parte del *long-tail*
- Todos los canales se distribuyen de forma concurrente hasta llegar al nodo regional, a partir del cual los canales más demandados se distribuyen por *multicast* y los demás por *unicast*, optimizando el ancho de banda requerido

Red de transmisión de televisión con tecnología multicast



- Se calcula el número de visionados simultáneos en hora punta a partir del número de abonados de televisión del operador:
 - se estima que sólo un 80% de MSANs en zonas rurales tienen abonados de televisión
- Los 80 canales empiezan emitiendo todos en SD, y se estima que 30% de los canales se pasan a HD entre 2010 y 2021:
 - un canal SD consume un ancho de banda de 2.3Mbit/s; un canal HD consume 7.0Mbit/s

El tráfico por servicios a nivel de mercado se distribuye entre los servicios de red ...

Servicios de red	Proporción
Voz saliente LD intra-nodo on-net	5.0%
Voz saliente LD multi-nodo on-net	95.0%
Voz saliente Local a otros operadores	67.4%
Voz saliente LD intra-nodo a otros operadores	1.6%
Voz saliente LD multi-nodo a otros operadores	31.0%
Voz entrante Local de otros operadores	67.4%
Voz entrante LD intra-nodo de otros operadores	1.6%
Voz entrante LD multi-nodo de otros operadores	31.0%
Voz en tránsito LD intra-nodo	5.0%
Voz en tránsito LD multi-nodo	95.0%
Circuitos IP/E-VPN Local	0.5%
Circuitos IP/E-VPN LD intra-nodo	4.5%
Circuitos IP/E-VPN LD multi-nodo	95%
xDSL LD intra-nodo	5.0%
xDSL LD multi-nodo	95.0%

El ratio 5:95 se estima a partir de la probabilidad de atravesar únicamente uno de los 9+11 nodos nacionales o core

La proporción 1.5:29.4:69.1 se estima en función de la distribución de las llamadas on-net local y LD en el año 2016 (basado en información del IFT)

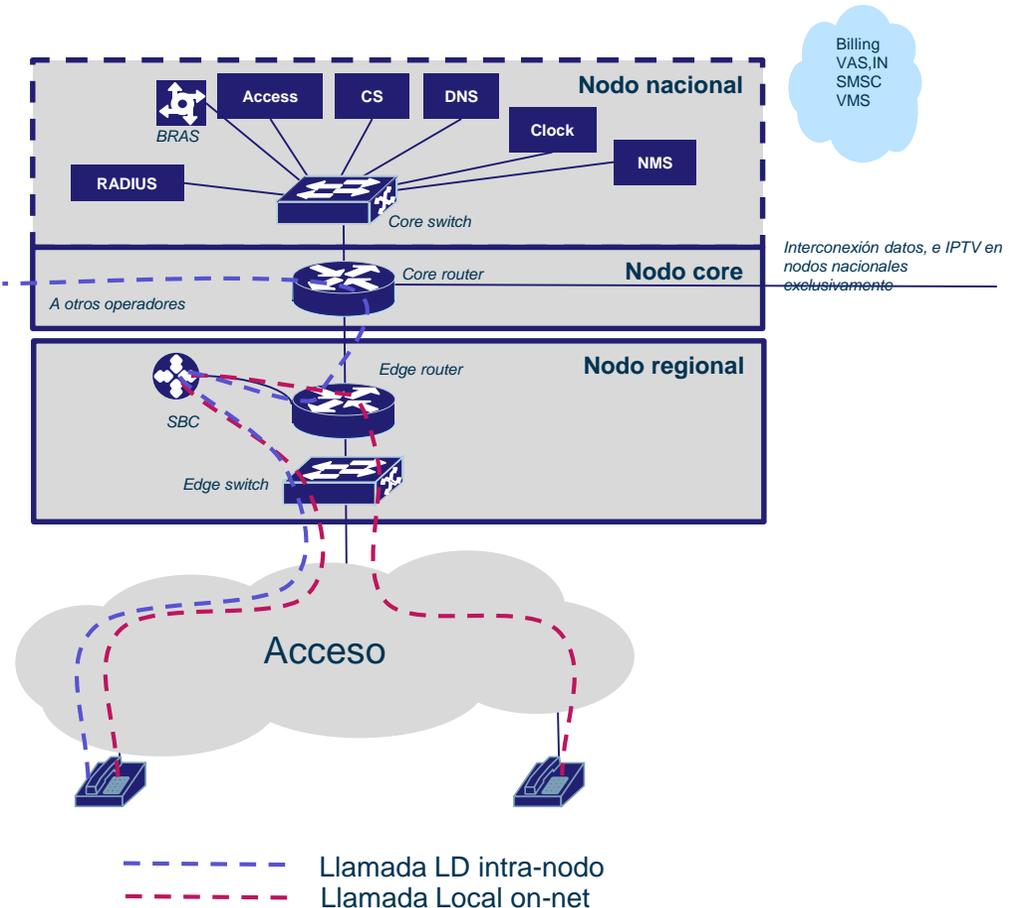
Un pequeño porcentaje de los enlaces VPN se encuentran a nivel de agregación o regional; la mayoría de los enlaces se encuentran a nivel nacional/core:

– basado en el recíproco del número de emplazamientos de Pdl

... y una matriz de enrutamiento convierte el tráfico de red en carga de red con base en la utilización de cada activo para cada servicio

- Una matriz de enrutamiento convierte el tráfico de red en carga de red teniendo en cuenta la utilización de cada activo por cada tipo de servicio de red:
 - los factores de enrutamiento serán distintos en función del escenario de interconexión (nacional o regional) que se haya seleccionado
- Se presenta a continuación un ejemplo de definición de factores de enrutamiento para llamadas locales on-net y de larga distancia (o LD) intra-nodo:

Ejemplos de definición de factores de enrutamiento



Grupos de activos	Llamada local on-net	Llamada LD intra-nodo
Agregación	2	1
Regional-core	–	1
Core-core	–	–
Interconexión (incl. SBC)	–	1
Edge switching	2	1
Edge routing	1	1
Core switching	–	–
Core routing	–	1
SBC	1	1
Interconexión datos	–	–

Los elementos de red se dimensionan en función de parámetros técnicos y geográficos, así como del tráfico que tiene que soportar la red

- Los MSANs y mini-MSANs se dimensionan con base en el número de líneas asociadas a cada Nodo Tier 3 con fibra, Tier 2 y Tier 1:
 - se considera únicamente el chasis, y no las tarjetas de líneas
- Los enlaces del MSAN/mini-MSAN al *edge switch* se dimensionan con base en el tráfico agregado de voz y datos:
 - los nodos Tier 1 agregan su propio tráfico con el tráfico de los nodos Tier 2 conectados por un anillo de red
 - los nodos Tier 2 agregan su propio tráfico con el tráfico de los nodos Tier 3 de fibra conectados por un anillo de red
 - los nodos Tier 3 de fibra agregan su propio tráfico con el tráfico de los nodos Tier 3 inalámbricos
 - el modelo permite modelar estos enlaces con tecnología SDH, Ethernet o una evolución de SDH a Ethernet, y con tecnología de microondas
- Los *edge switches* se dimensionan con base en el tráfico agregado de los servicios provenientes de los MSAN, y del tráfico destinado al *edge router*
- Los SBCs se encuentran presentes a nivel de todos los nodos regionales:
 - el SBC deberá tener en cuenta un tráfico adicional de interconexión en el caso de una interconexión a nivel de nodo regional
- El *edge router* se dimensiona en función del tráfico agregado de los servicios provenientes de los MSAN y de la proporción del tráfico de larga distancia intra-nodo saliente y entrante
- El *core router* se dimensiona con base en el tráfico saliente y entrante que se transporta por la red *core*, así como del tráfico de larga distancia saliente y entrante que requiere transportarse entre nodos *core*
- El *core switch* se limita a transportar el tráfico (limitado) que necesitan enviar y recibir los sistemas de red y soporte, como pueden ser el DNS, NMS, web, etc.
- El transporte a nivel regional y *core* se dimensiona con base en el tráfico efectivo transportado por cada enlace, con base en el despliegue de tecnología DWDM
- Los sistemas de red y soporte (DNS, NMS, web, etc.) se dimensionan con base en criterios específicos, como pueden ser el número de llamadas para el *call server*, o el número de usuarios para el *billing system* o VMS
- Los elementos de interconexión se dimensionan con base en el tráfico de interconexión así como a la tecnología (PSTN o Ethernet) utilizada para la interconexión:
 - dicha tecnología puede migrar en el periodo considerado por el modelo

Contenidos

Introducción

Conceptos utilizados en el desarrollo de los modelos

Modelo de mercado

Modelo fijo – diseño

Modelo móvil – diseño

Modelo fijo y móvil – cálculo del WACC

Modelo fijo y móvil – costeo de los servicios

Hemos modelado un operador móvil hipotético existente, de acuerdo a los lineamientos y principios conceptuales acordados con el IFT

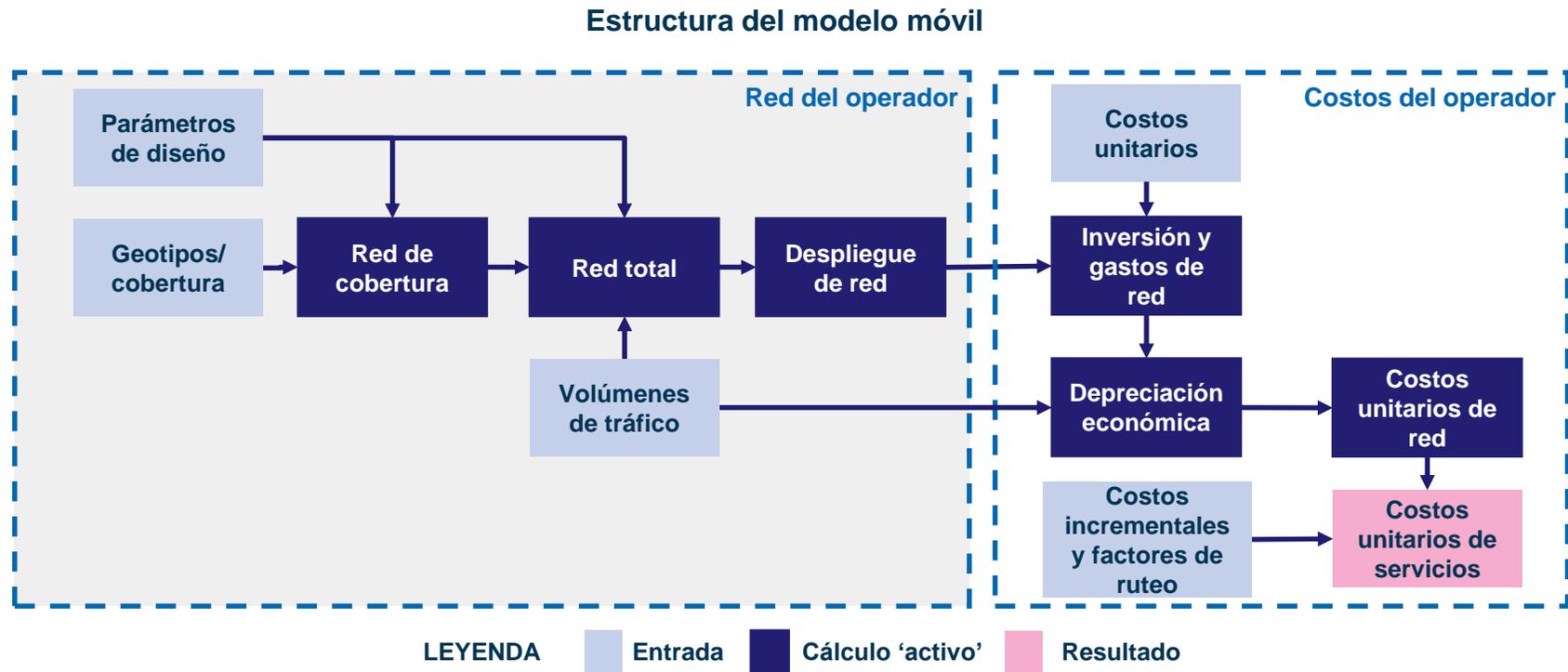
Mercado de tres operadores⁽¹⁾ con un operador AEP y dos operadores alternativos no preponderantes

Red móvil del operador alternativo no preponderante

- Despliegue de una red GSM/UMTS en el año 2011
- Despliegue de una red GSM con cobertura del 89% de la población con servicios de voz en la banda de 850MHz
- El operador añade capacidad de voz en 2G en la banda de 1900MHz
- El despliegue de UMTS se realiza en la banda de 1900MHz (81% de cobertura)
- El despliegue de LTE se realiza en los geotipos urbano y suburbano en la banda de 1700/2100MHz (75% de cobertura)
- Alcanza una cuota de mercado del 16%⁽¹⁾ en 2015
- Comienzo de las operaciones comerciales en 2012
- Operación de la red durante 50 años
- No se realiza una migración a una tecnología posterior a LTE
- No se hace uso de la tecnología *Voice over LTE* (VoLTE)

⁽¹⁾ A solicitud del IFT se ha considerado un mercado compuesto por tres operadores, uno de ellos incumbente con la escala y talla del AEP

El modelo se estructura en módulos, implementados en hojas de cálculo distintas que cubren los principales aspectos de la red del operador

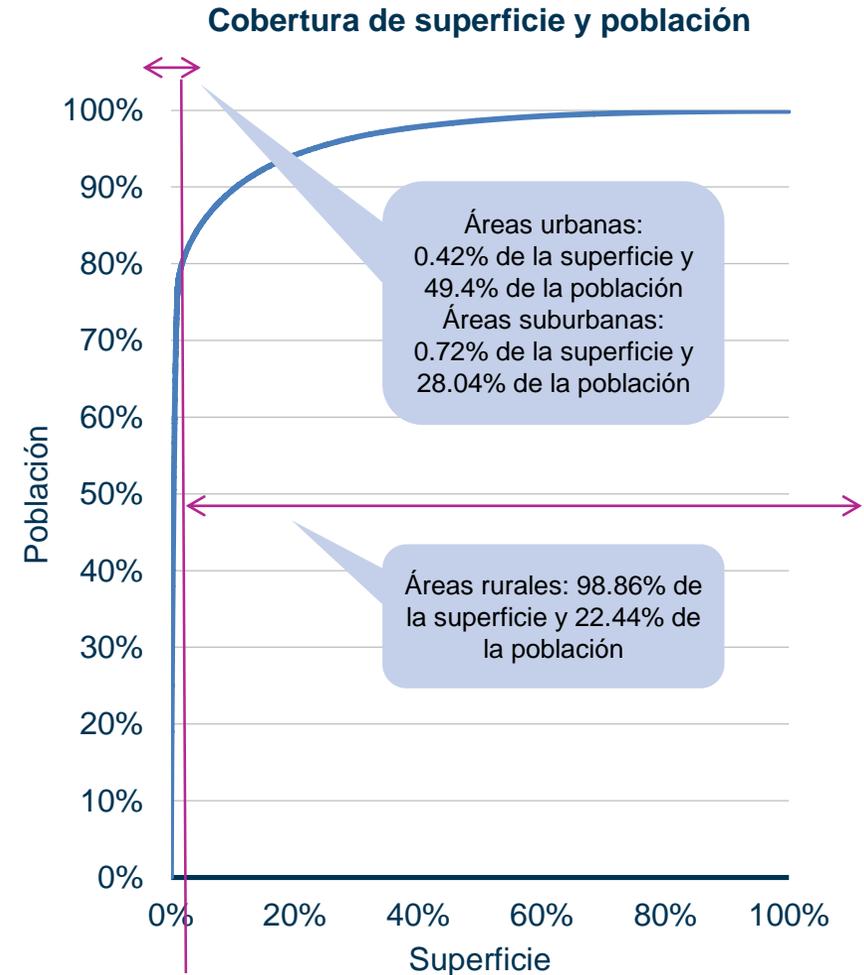


- El modelo puede funcionar de forma aislada pero necesita los volúmenes de tráfico del modelo de mercado
- Está estructurado en 12 módulos principales que en varios casos utilizan múltiples hojas de cálculo
- En este capítulo se considera exclusivamente el módulo de la red del operador

Se definen tres geotipos para cubrir el territorio nacional; también se utiliza un geotipo adicional para cubrir las carreteras

- Se ha utilizado los municipios como base para los geotipos, con un procesado adicional consensuado con el IFT:
 - con base en los polígonos definidos por INEGI, calculamos la superficie de 4525 localidades urbanas que abarcan el 1.16% del territorio nacional pero incluyen al 77.43% de la población
 - estas fueron substraídas de la superficie y población totales de cada municipio, obteniendo así las superficies y poblaciones restantes divididas entre 2456 municipios
 - se obtienen entonces 6981 áreas con superficies y poblaciones que se dividen en urbanas, suburbanas y rurales de acuerdo con su densidad poblacional

Geotipo	Densidad poblacional hab./km	Concentración del tráfico
Urbano	>4000	55%
Suburbano	<4000 y >500	29%
Rural	<500	16%



Los diferentes geotipos se cubrirán con espectro de las tres bandas disponibles en línea con la cobertura actual de los operadores móviles

Operador móvil alternativo

<i>Geotipo</i>	<i>Superficie (km²)</i>	<i>Proporción de la superficie total</i>	<i>Población</i>	<i>Proporción de la población</i>	<i>Proporción de la población cubierta por la banda 850MHz</i>	<i>Proporción de la población cubierta por la banda 1900MHz (UMTS)</i>	<i>Proporción de la población cubierta por la banda 1700/2100MHz (LTE)</i>
Urbano	8 383	0.4%	55 492 777	49.4%	100.0%	100.0%	100.0%
Suburbano	14 202	0.7%	31 537 397	28.1%	100.0%	100.0%	61.5%
Rural	1 959 471	98.9%	25 205 515	22.5%	7.9%	1.0%	0.0%
Carreteras	51 116 ⁽¹⁾	-	-	-	-	-	-

(1) Nota: 51 116km de las carreteras están cubiertas correspondiendo a 30% de las carreteras con dos carriles y 80% de las carreteras de cuatro o más carriles; esto representa una cobertura de 13% sobre el total de kilómetros de carreteras en México; se excluyen de este geotipo las carreteras cubiertas por los despliegues efectuados en los demás geotipos, como pueden ser las carreteras situadas en ciudades

Fuente: Modelo de Analysys Mason, IFT

Se asume un mercado de tres operadores, en el que los dos operadores hipotéticos alternativos se reparten el espectro no adquirido por el AEP

Espectro disponible a nivel nacional para el operador hipotético existente (ponderado por población)

Banda de frecuencias	Espectro por operador alternativo (MHz) en un mercado de tres operadores	Comentarios
850MHz (celular)	10.0	<ul style="list-style-type: none"> Un operador con 2x5MHz dispone de suficiente espectro para ofrecer servicios GSM o UMTS/HSPA⁽¹⁾
1900MHz (PCS)	40.8	<ul style="list-style-type: none"> 40.8MHz son suficientes para acomodar despliegues de capacidad de GSM y UMTS/HSPA incluso en casos de alto tráfico de banda ancha móvil
1700/2100MHz (AWS)	30.0	<ul style="list-style-type: none"> 2x15 MHz son suficientes para prestar servicios de banda ancha móvil LTE con velocidades pico de más de 100 Mbit/s

(1) El operador hipotético no despliega 3G en la banda de 850MHz

Se calculan los costos de espectro con base en los pagos efectuados en el momento de la adquisición o renovación del espectro de cada banda [1/2]

- Una vez descontado el espectro en posesión del AEP, el espectro restante es distribuido de manera equitativa entre los dos operadores alternativos que se asumen en el mercado para cada una de las bandas
- La inversión inicial (capex) en espectro en la banda de 850MHz se calcula de acuerdo al precio promedio pagado en la prórroga otorgada en mayo de 2010 por región por MHz, multiplicándolo por los 10.0MHz que tendrá el operador hipotético:

Costo de Capex por MHz	01 / 01	02 / 02	03 / 03	04 / 04	05 / 08	06 / 05	07 / 06	08 / 07	09 / 09
Telcel	508,392	75,364	320,100		29,789		259,779	44,071	-
Movistar	505,467	74,931	318,259	1,511,399					-
AT&T					537,217	257,979	44,071	29,789	-
Promedio	506,930	75,148	319,180	1,511,399	283,503	257,979	151,925	36,930	-
Total nacional MXN	31,429,914								

- Para la banda de 1900MHz, la inversión inicial (capex) en espectro se calcula para 40.8MHz de acuerdo a la subasta realizada en el 2010:

Costo de Capex por MHz 2010	01 / 01	02 / 02	03 / 03	04 / 04	05 / 08	06 / 05	07 / 06	08 / 07	09 / 09
Telcel									
Movistar	612,300	101,700	421,000	2,432,700	47,450	2,592,250	367,900	-	92,116,600
AT&T	571,150	200,500		2,005,800	100,500				
Promedio	591,725	151,100	421,000	2,219,250	73,975	2,592,250	367,900	156,617	92,116,600
Total nacional MXN	4,026,569,000								

Costo del 2005 ya que no se vendió en el 2010

Se calculan los costos de espectro con base en los pagos efectuados en el momento de la adquisición o renovación del espectro de cada banda [2/2]

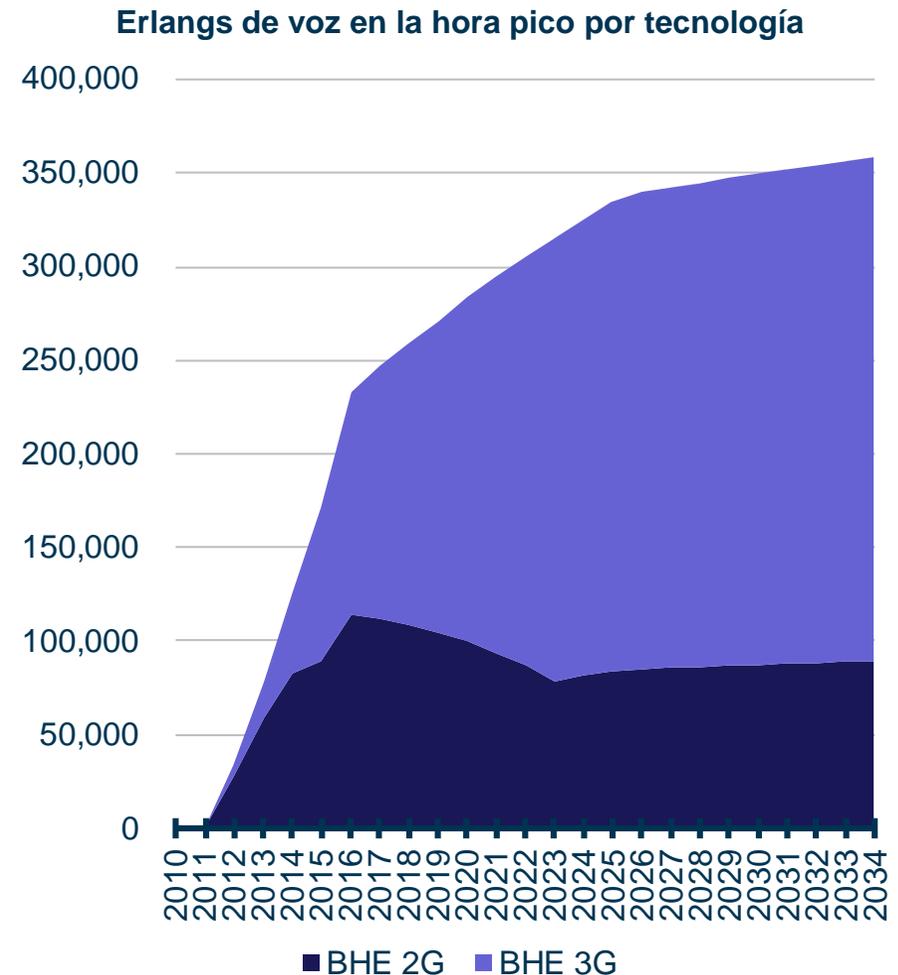
- De forma similar se calcula la inversión inicial (capex) en espectro para la banda 1700/2100MHz teniendo en cuenta los resultados de la última subasta de espectro llevada a cabo a finales de 2015:

Costo de Capex por MHz (2016)		Costo por MHz	Todas las regiones	MHz nacionales
Telcel		35,566,667	2,134,000,000	60
Movistar				
AT&T		93,700,000	1,874,000,000	20
Promedio		64,633,333		
Total nacional MNX	1,939,000,000			

- Cabe notar las diferencias de la subasta 1700/2100 con respecto a subastas anteriores:
 - el espectro se subastó a nivel nacional, y no regional como en casos anteriores
 - durante la subasta, se compensó a AT&T y Telcel por las concesiones regionales la banda D y A2 respectivamente que ya disponían, y que resultaron en una reordenación del espectro de la banda
- Todos estos costos se convierten en el modelo a USD de acuerdo al tipo de cambio vigente en el año de la subasta o renovación
- Estos costos de inversión inicial se abonan cada vez que el espectro de cada banda sea renovado
- Los costos operativos se calculan de forma semejante multiplicando 10.0MHz, 40.8MHz y 30.0MHz por el precio de derechos por kHz para cada región

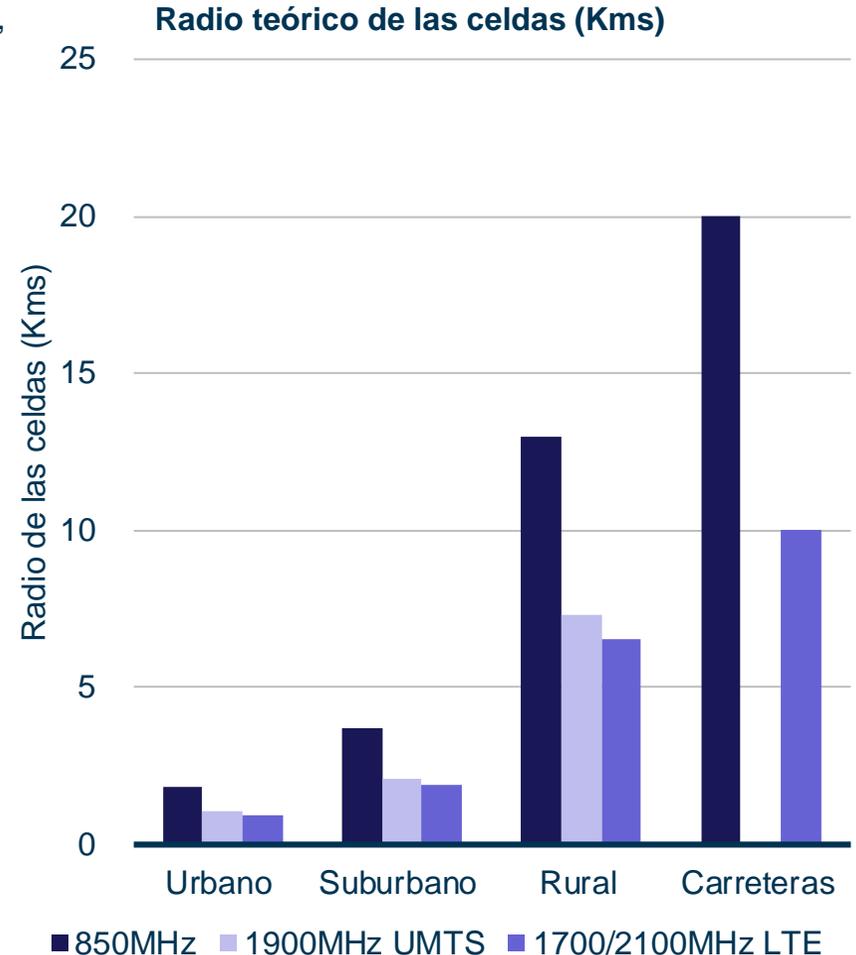
Se ha dimensionado la red en función de la carga de tráfico de servicios de voz y datos durante la hora pico

- Hemos utilizado datos confidenciales facilitados por los operadores en la última actualización para estimar que la **hora pico de voz contiene el [...%...] del tráfico** en un día pico (hora pico ponderada por región e información provista por varios operadores):
 - se estima que la hora pico de datos contiene [...%...] y [...%...] del tráfico de SMS y datos, respectivamente
 - se asume que ninguna de las horas pico es concurrente por servicio y que hay 250 días pico al año con un [...%...] de la carga
- Ya que los datos del modelo de mercado se expresan en minutos reales, no es necesario transformarlos. No obstante, se asume que hay:
 - 25 segundos para timbrado, establecimiento y finalización
 - el tiempo promedio de llamada es de [...%...] minutos (estimación del IFT)
 - hay [...%...] intentos de llamada por cada llamada exitosa
- Se asume que la migración de 2G a 3G tanto de voz como de SMS es similar, alcanzando la red 3G el 48% del volumen total de tráfico cursado en la red en 2015:
 - para el 2023 llega a ser del 75%, y se mantiene estable durante el resto del periodo modelado
- Se asume que no se despliega la tecnología VoLTE en ningún momento



Se ha dimensionado el número de sitios de cobertura usando un radio teórico y un ajuste para llegar al radio efectivo

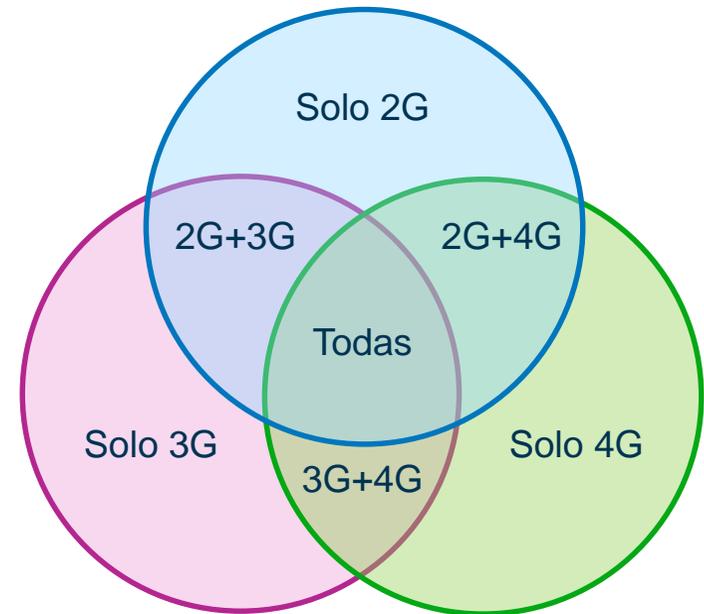
- La red modelada se basa en una combinación de GSM, UMTS y LTE, utilizando el espectro de la siguiente forma:
 - en GSM se utiliza la banda de 850MHz para la cobertura, y 1900MHz en caso de necesidades de tráfico
 - UMTS utiliza exclusivamente la banda de 1900MHz
 - LTE utiliza en exclusiva los 30MHz disponibles en la banda de 1700/2100MHz
 - las carreteras solo están cubiertas por tecnología GSM y LTE
- El número de sitios de cobertura viene determinado por el área cubierta por cada celda:
 - esta depende del radio teórico que se determina mediante un proceso de calibración de un operador existente
 - de un factor de ajuste por el posicionamiento imperfecto de las celdas en las áreas de cobertura
- Adicionalmente modelo se ha calibrado con los datos disponibles de radiobases de los operadores, asumiendo un nivel de cobertura poblacional de los operadores en línea con su cobertura real



Para calcular el número total de emplazamientos se tienen en cuenta todas las posibles configuraciones de coubicación entre tecnologías

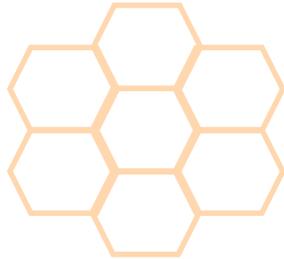
- Para calcular el número total de emplazamientos requeridos se tienen en cuenta todas las posibles combinaciones de coubicación entre las diferentes generaciones de tecnología móvil. Por ello, consideramos torres con las siguientes configuraciones:
 - solo 2G
 - solo 3G
 - solo 4G
 - 2G + 3G
 - 2G + 4G
 - 2G + 3G + 4G
 - 3G + 4G
- Asumimos que, siempre que sea posible, los operadores móviles desplegarán prioritariamente las tecnologías más modernas en los emplazamientos ya utilizados para otras más antiguas.
- El modelo implementa los siguientes parámetros para definir el nivel de coubicación de tecnologías:
 - proporción de sitios 2G hábiles para albergar tanto 3G como 4G
 - proporción de sitios 2G hábiles para albergar exclusivamente 3G
 - proporción de sitios 2G hábiles para albergar exclusivamente 4G
 - proporción de nuevos sitios 3G hábiles para albergar 4G
- El número total de emplazamientos se calcula como la suma de todas las posibles configuraciones

Distribución de torres entre tecnologías inalámbricas

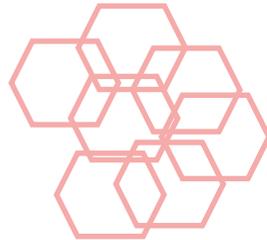


Cálculo de la red radio: hemos aplicado el SEOCC dependiendo de las frecuencias utilizadas para dar cobertura

Modelos de cobertura



Localización óptima de las radiobases



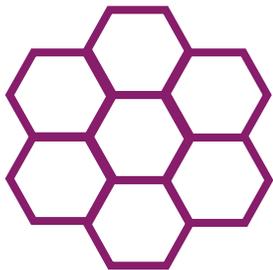
Localización subóptima de las radiobases en la realidad

- Hemos aplicado *scorched-earth coverage coefficients* (SEOCC) a:
 - la cobertura *outdoor* en 850MHz
 - la cobertura *outdoor* en 1900MHz (utilizada en UMTS)
 - la cobertura *outdoor* en 1700/2100MHz (utilizada en LTE)
- Adicionalmente, hemos tenido en cuenta el efecto de *cell breathing* para UMTS

Ejemplo ilustrativo de adaptación de radios teóricos: ‘cell breathing’ en redes UMTS/HSPA

Red de radio desplegada asumiendo un radio consistente con una ausencia de carga de tráfico

Sin tráfico

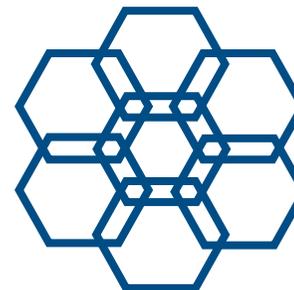


Con tráfico



Red de radio desplegada asumiendo un radio consistente con una carga de tráfico del 50%

Sin tráfico



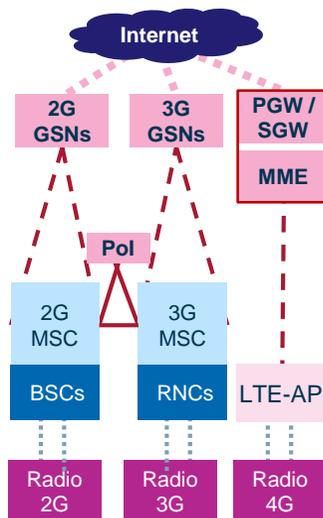
Con 50% de carga



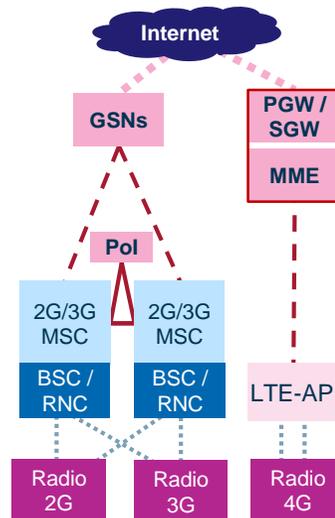
La arquitectura de la red troncal y de transmisión del operador hipotético está basada en las mejores prácticas internacionales

- Hemos modelado una arquitectura de red core (transmisión y conmutación) que puede estar basada en:
 - red de transmisión heredada (SDH), todo sobre IP o una migración entre ambas
 - una capa de conmutación heredada (MSC legado), NGN (MGW y servidores MSC) o una migración entre ambas para las tecnologías 2G y 3G
 - Una estructura de conmutación separada para la red 4G
- En otras palabras, el operador hipotético se ha modelado con las opciones (b) y (c) de las figura de debajo y es capaz de realizar una migración entre ambas

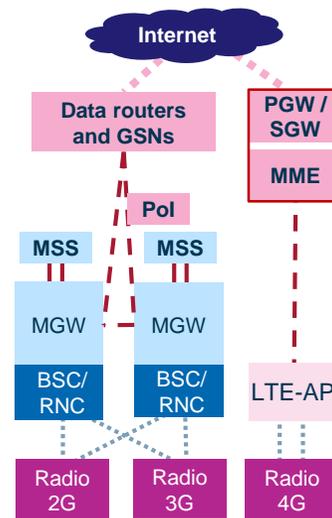
(a) Conmutación separada



(b) Conmutación mejorada



(c) Conmutación IP combinada



Opciones de transmisión

- enlaces dedicados
- microondas propios
- fibra rentada

Nota: En las redes 4G las funcionalidades del BSC/RNC son distribuidas entre el eNodeB (i.e. red de acceso 4G) y el MME (i.e. red core 4G)

Se ha utilizado un método *scorched-earth* calibrado para el diseño de las redes de transmisión y *backhaul* del operador modelado



- Igual que la red troncal el operador fijo, la red troncal del operador hipotético móvil está compuesta de un total de 9 nodos nacionales y 11 nodos core
 - los nodos están conectados de forma redundante por 6 anillos de fibra con una longitud total de 13,743 km
- Las distancias entre nodos recorrida por la fibra se ha calculado con base en la red de carreteras de México
- En la red de backhaul se usan principalmente tecnologías inalámbricas como microondas, pero también se conectan los sitios por enlaces dedicados en y menor medida fibra (sobre todo en los geotipos urbanos y suburbanos)

Reparto de tecnologías en la red *backhaul*

	Microondas			Enlaces dedicados			Fibra		
	2G	3G	4G	2G	3G	4G	2G	3G	4G
Urbano	60%	60%	60%	15%	15%	15%	25%	25%	25%
Suburbano	65%	65%	65%	15%	15%	15%	20%	20%	20%
Rural	90%	90%	90%	0%	0%	0%	10%	10%	10%
Carreteras	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Micro/interior	0%	0%	0%	100%	100%	100%	0%	0%	0%

Los elementos de transmisión y conmutación dependen de la capacidad requerida por el número de sitios desplegados con cada tecnología

- El número de TRXs y *channel kits* se calcula con base en los requerimientos de tráfico
- La transmisión está dividida en dos partes:
 - red troncal o *backbone*, que es una red de fibra propia que corresponde a los anillos definidos para la red fija; ésta se utiliza para llevar tráfico entre conmutadores y BSC/RNC/MSC o LTE-AP/MMEs
 - red de *backhaul*, que une los emplazamientos radio con la red troncal mediante el uso de enlaces por microondas, fibra y enlaces dedicados en sitios urbanos/suburbanos
- El número de BSCs a desplegar se calcula con base en el número de TRXs o enlaces E1s, mientras que el número de PCUs depende del número de BSCs:
 - se asume que la mitad de las BSCs son remotas, por lo que se calcula por separado el número de puertos hacia los MSCs y el número de enlaces entre BSCs y MSCs
- De forma similar, el número de RNCs desplegado se calcula con base en la carga de tráfico UMTS (Mbit/s de bajada en la capa de radio) y de acuerdo con el número de puertos E1 hacia los Nodos B
- El número de MSCs se calcula considerando la demanda en Erlangs generada por el tráfico 2G y 3G y el número de puertos requeridos para conectarse con los BSCs y RNCs
- Una vez determinado el número de elementos de conmutación se utiliza una tabla de referencia para determinar el resto del equipo necesario con elementos como rutas lógicas, puntos de interconexión y sitios de correo de voz
- En las redes 4G las funcionalidades del BSC/RNC son distribuidas entre el eNodeB (i.e. red de acceso 4G) y el MME (i.e. red core 4G)
- El resto de los elementos de red se calcula con base en los requerimientos generales del sistema como pueden ser:
 - SMSC/MMSC con base en SMS/s o MMS/s y VMS/HLR/HSS/EIR/VAS con base en el número de usuarios

De forma similar al modelo fijo, se utiliza una matriz de enrutamiento que convierte el tráfico en carga de red

Contenidos

Introducción

Conceptos utilizados en el desarrollo de los modelos

Modelo de mercado

Modelo fijo – diseño

Modelo móvil – diseño

Modelo fijo y móvil – cálculo del WACC

Modelo fijo y móvil – costeo de los servicios

El WACC en términos reales calculado por Analysys Mason es de 6.58% para el operador fijo y 10.47% para el operador móvil

- El CCPP considera las dos alternativas que tienen las empresas para obtener capital para invertir en el despliegue de una red: deuda y capital accionario

$$CCPP = C_d \times \frac{D}{D + E} + C_e \times \frac{E}{D + E}$$

- El costo del capital accionario considera el riesgo en el que incurre una empresa al invertir en su negocio ante la alternativa de comprar bonos del gobierno que implican un menor riesgo (R_f)

$$C_e = R_f + \beta \times R_e$$

- La tasa libre de riesgo está basada en la tasa de los bonos del estado a 30 años de los Estados Unidos (3.15%) y una prima de riesgo asociada a México (1.89%)
- Se tomo una prima de mercado para México de 6.25% con base en una comparativa de valores tomados de Aswath Damodaran
- Se utilizó la **tasa de impuestos** corporativa para México del **30%** (IRS en el 2016) y la previsión de inflación para 2016 con base en la Encuesta sobre las Expectativas de los Especialistas en Economía del Sector Privado“ publicada en agosto de 2016 (3.13%)

- Se identificaron **empresas comparables operando en América Latina** para calcular el resto de los parámetros

	Fijo	Móvil
Tasa libre de riesgo	5.04%	5.04%
Beta	0.90	1.42
Prima de mercado	6.25%	6.25%
Ce	15.21%	19.86%
Cd	6.35%	6.35%
Apalancamiento	59.75%	43.94%
Tasa de impuestos	30.00%	30.00%
CCPP nominal antes impuestos	9.91%	13.92%
Tasa de inflación	3.13%	3.13%
CCPP real antes impuestos	6.58%	10.47%

Todas las empresas comparables utilizadas en la comparativa operan en América Latina

Empresas fijas comparables

Empresa	Apalancamiento	Beta desapalancada
Axtel	78.70%	0.06
Carso Global Telecom	63.55%	1.10
Maxcom Telecomunicaciones	46.62%	0.84
Oi Brazil	81.71%	1.05
Telefónica del Peru	28.19%	0.65
Promedio	59.75%	0.74

Empresas móviles comparables

Empresa	Apalancamiento	Beta desapalancada
Telefónica	79.79%	1.62
Millicom	56.39%	0.80
Telecom Argentina	27.81%	1.44
ENTEL	61.24%	0.50
TIM	32.22%	1.75
América Móvil	38.94%	0.99
Telefonica Brasil	11.21%	1.46
Promedio	43.94%	1.22

Ciertos grupos internacionales con operaciones en México parecen financiarse a un costo menor que el provisto por el Estado

Tasa de deuda de operadores móviles

America Móvil	Telefónica	Nextel
5.20%	2.56%	10%

Tasa de deuda de operadores fijos

Axtel	Cablevision	Maxcom	Megacable	Telmex
9.00%	8.37%	11.00%	5.9%	6.60%

- Ciertos operadores parecen financiarse a un costo menor que el Estado Mexicano
 - esto puede ser debido al carácter internacional de dichas compañías, que facilitan un préstamo a menores tasas
- Entendemos que esta situación puede no ser aplicable a la situación y los operadores fijo y móvil Mexicanos que se están considerando
 - hemos modelado el costo de la deuda como la tasa libre de riesgo más un premium de riesgo asociado al país
 - Este riesgo se ha calculado en función del benchmark presentado a continuación

País	Premium fijo	Premium móvil
Alemania		1.70%
Bélgica		2.30%
Dinamarca		0.00%
España	0.20%	0.59%
Francia	1.70%	1.20%

País	Premium fijo	Premium móvil
Italia	1.17%	
Países Bajos		1.39%
Portugal	1.23%	
Reino Unido	2.25%	1.10%
Suecia		2.20%

Contenidos

Introducción

Conceptos utilizados en el desarrollo de los modelos

Modelo de mercado

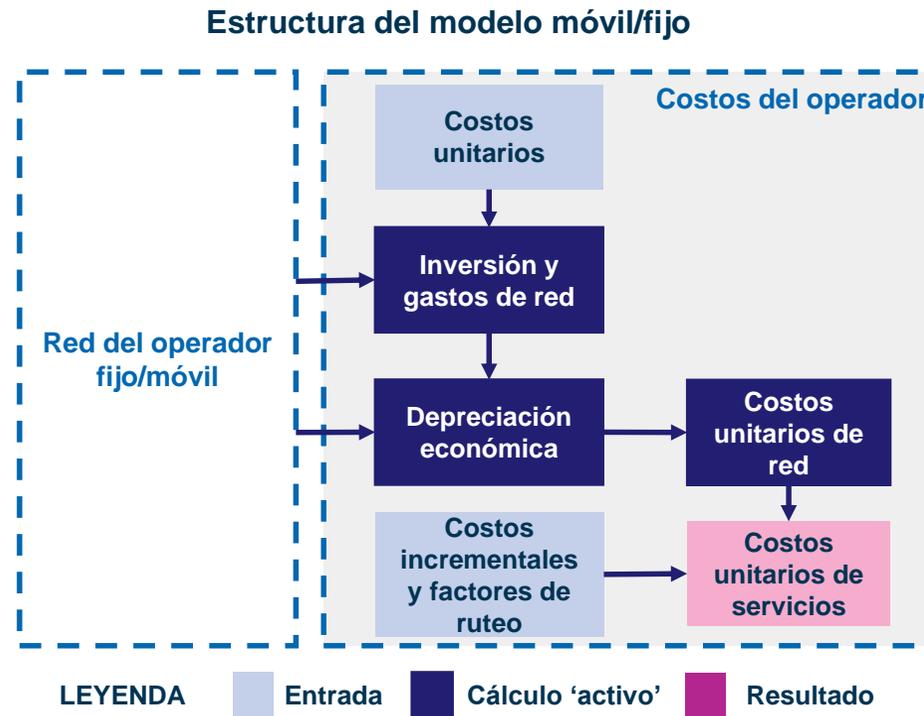
Modelo fijo – diseño

Modelo móvil – diseño

Modelo fijo y móvil – cálculo del WACC

Modelo fijo y móvil – costeo de los servicios

Presentamos a continuación la estructura de los cálculos de costeo de los servicios, que son comunes al modelo fijo y móvil



- En esta sección se considera el módulo de cálculo de los costos del operador
- La estructura de este módulo es similar en el modelo fijo y en el móvil, por lo que se presenta de forma paralela en esta sección

Se calcula el opex y capex del operador con base en los costos unitarios de los activos desplegados y retirados sujeto a la evolución de los precios

- Se define para cada activo de red su precio unitario en términos de capex y opex, y se añaden los costos indirectos en forma de un *mark-up* de forma consistente – en la medida de lo posible – entre el modelo fijo y el móvil

Modelo fijo

- El capex se calcula como el capex directo de la compra del activo con un costo adicional estimado del 2% asociado a la instalación y verificación de su buen funcionamiento
- El opex se calcula de la siguiente manera:
 - opex directo, correspondiente a gastos de alquiler, electricidad, etc. estimado en un 5% del capex
 - costos de mantenimiento y soporte, que varían en función del tipo de activo, pudiendo oscilar entre un 1% para material de transmisión (fibra, zanjas, etc.) y un 20% para elementos de red como el SBC, *routers* o *switches*
- Los gastos generales se calculan con base en las entradas anuales de opex. Hemos estimado estos datos con base en información facilitada por el IFT y los operadores mexicanos

Modelo móvil

- El capex es el costo de comprar el equipo, con base en comparativas internacionales:
 - en caso de ser necesario se le agrega un 3% de los costos de instalación, o se utiliza el costo real de la misma en caso de conocerse
- El opex tiene dos elementos principales:
 - costo de operación: ej. rentas, electricidad
 - costo de mantenimiento y soporte, que oscila entre un 1% para elementos simples como zanjas y un 20% para elementos más especializados como un MGW

Los activos se adquieren con antelación a su activación, estimando un periodo de planificación y despliegue para cada activo

- Hemos estimado la vida útil de los diferentes activos que determinará la frecuencia con que deberán reemplazarse:
 - estas vidas útiles fijan el reemplazo periódico de todos los activos en el modelo a través del tiempo
- El cálculo del diseño de red determina las necesidades en términos de activos en respuesta a los requerimientos de cobertura y capacidad a mitad del año considerado – activación ‘just-in-time’
- Sin embargo, el algoritmo de costos de capital permite considerar un tiempo de despliegue entre la compra del activo y su activación efectiva en la red:
 - sería irrealista considerar una compra, instalación y activación instantánea de los activos

Periodo de planificación de los activos de la red fija y móvil

Periodo de planificación	Modelo fijo	Modelo móvil
1 mes		TRX y enlaces dedicados
3 meses	Tarjetas de puertos y líneas, SMSC	BTSS, Nodos B, eNodo B, puertos, SMSC, MME, SGW, SBC, DTM
6 meses	MSAN, mini-MSAN, IN, VMS, BRAS, RADIUS, DNS	Sitios interiores, VMS, HLR, HSS, AUC, EIR
9 meses	MSPP, mini-MSPP, E1/2/3, STM-1/4/16/64, DWDM y amplificadores, chasis switches y routers, TGW, NMS, billing system, call servers, equipo de reloj y sincronizado, plataforma de televisión linear y VoD	Sitios macro, BSCs, RNCs, MSCSs, MGW, LTE-AP
1 año	Emplazamientos, transmisión de cable – zanja, poste, cables de fibra	Sitios de conmutación core, zanjas, cables de fibra

Las tendencias de costos de los equipos se estiman y aplican a lo largo del periodo modelado

- Se han definido las tendencias de costos de capital en los equipos con base en estimaciones de otros modelos LRIC públicos

Tendencias de costos de capital para el modelo fijo

Categoría	Tendencias de costo
Tarjetas de líneas	0.0%
Tarjetas de puertos	-8.0%
Chasis	-5.0%
Transmisión activa	-5.0%
Transmisión pasiva	0.0%
Plataformas de servicio	-5.0%
Gestión de red y facturación	-5.0%
Emplazamientos	2.0%
Trench civil works	2.0%
Llano	0.0%

Tendencias de costos de capital para el modelo móvil

Categoría	Tendencias de costo
Sitios	1.0%
2G_BTS	-3.0%
NodoB	-4.0%
eNodoB	-4.0%
CK_y_portadoras	-5.0%
Equipo_transmisión	-4.0%
Switches	-4.0%
Switch_software	0.0%
Servidores_datos_RNC_BSC	-5.0%
Fibra oscura	-1.0%
2G_TRX	-3.0%

- Se aplican tendencias similares para los modelos fijos y móviles
- Se asume que las tendencias de costos operacionales son cero en términos reales

Las vidas útiles de los activos se han basado en información proporcionada por los operadores así como en comparativas internacionales

- Se han definido las vidas útiles de los equipos con base en comparativas internacionales e información de los operadores en México

Vidas útiles para los equipos en el modelo fijo

Vidas útiles	Categoría
5	Tarjetas puertos, equipo de reloj, NMS, sistema de cobranza, VAS, IN, SMSC HW, MSC SW, plataforma de televisión
6	VMS, BRAS, RADIUS, DNS, call server
8	MSAN, mini-MSAN, MSPP, mini-MSPP, edge router y switch chasis, equipo DWDM, trunk gateway
20	Cables de fibra y postes
40	Obra civil

Vidas útiles para los equipos en el modelo móvil

Vidas útiles	Categoría
3	MSC software, MSS software
5	Plataforma de portabilidad numérica, IN, SMSC HW, SMSC SW, sistema de cobranza, sistema de gestión de red, plataformas VAS, MMSC, tarjetas SIM
6	VMS, HLR, EIR, AUC, PCU, GGSN, SGSN
7	BSC, RNC, puertos E1
8	Transmisión HW, BTS, TRX, Nodo B, eNodoB, channel kits, fibra de backhaul, enlaces dedicados, MSC, MSS, MGW, DTM, MME, SBC, SGW, TAS, LTE-AP
15	Sitios macro, concesiones de espectro
20	Sitios de conmutación, cables de fibra
40	Obra civil

Aplicamos la depreciación económica a los costos del modelo

$$\text{VA (costos anualizados)} = \text{VA (capex + opex)}$$

$$\text{Costos anualizados} = \text{Recuperación de costos (p.ex. ingresos)}$$

$$\text{Ingresos} = \text{Precios unitarios} \times \text{Producción}$$

$$\text{Precio unitario} = \text{Precio unitario año 0} \times \text{Tendencias costos de equipos}$$

Todos los gastos se recuperan, teniendo en cuenta el valor en el tiempo del capital empleado

- Se reorganiza la fórmula:

$$\text{Precio unitario año 0} \times \text{Tendencias costos de equipos} \times \text{Producción (output)} = \text{Costos anualizados}$$

- Por lo tanto, si se toma el valor actual de las series temporales:

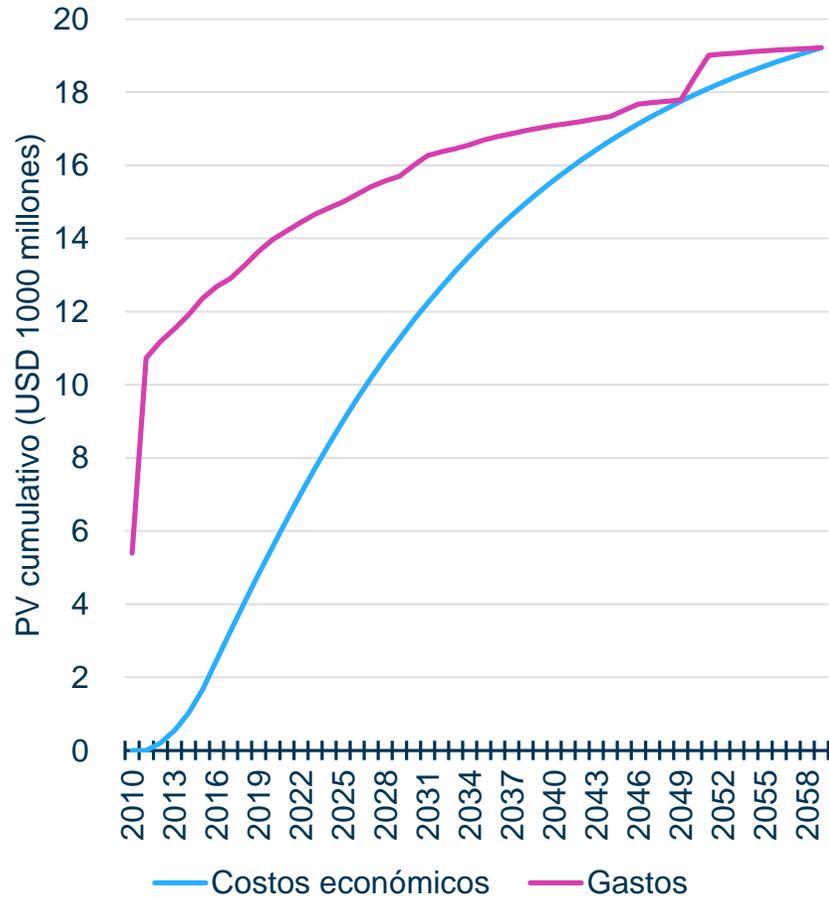
$$\text{Precio unitario año 0} \times \text{VA (Tendencias costos de equipos} \times \text{Producción)} = \text{VA (capex + opex)}$$

$$\text{Precio unitario año 0} = \frac{\text{VA (capex + opex)}}{\text{VA (Tendencias costos de equipos} \times \text{Producción)}}$$

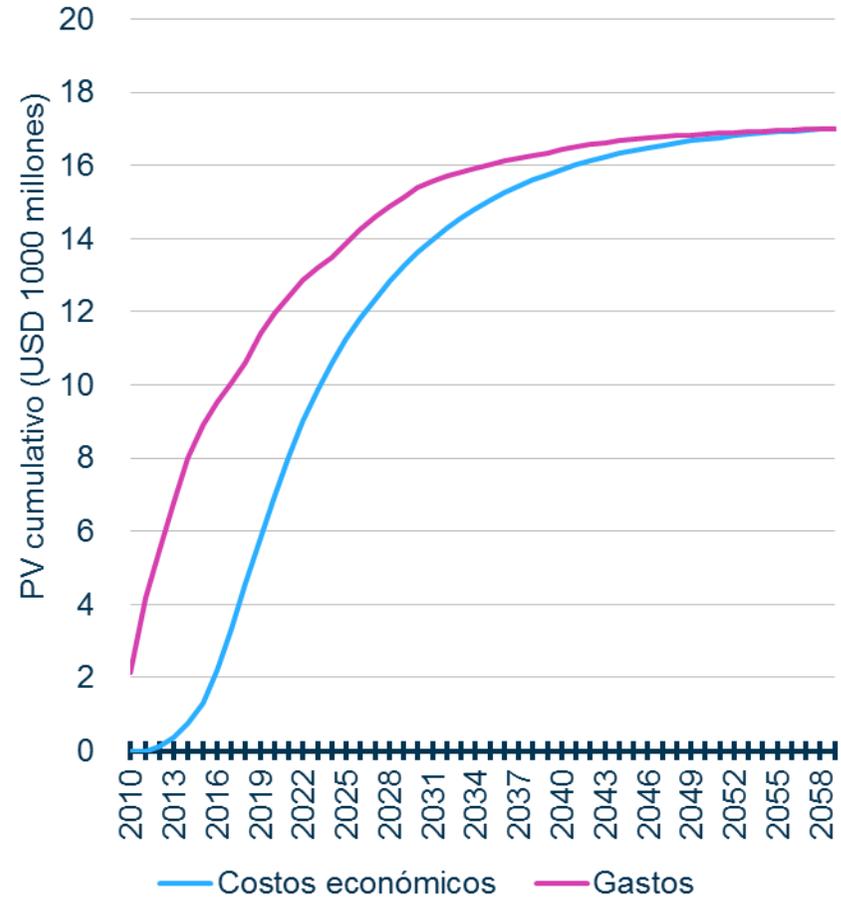
Costo unitario calculado para cada elemento de red por el modelo

Con la depreciación económica recuperamos la totalidad de los costos en un plazo de 50 años

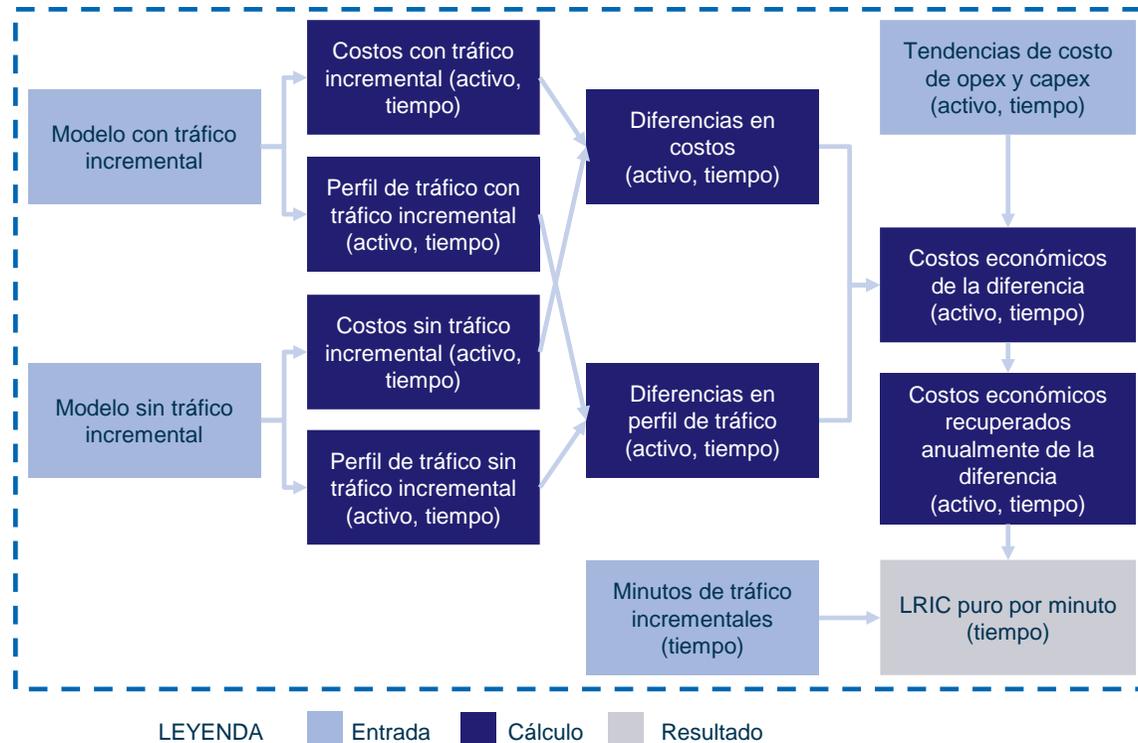
Recuperación de costos del operador fijo



Recuperación de costos del operador móvil



El LRIC puro considera el incremento como el tráfico de un único servicio, como por ejemplo el tráfico de terminación de voz



- Para el cálculo del LRIC puro, se calcula el costo incremental ejecutando el modelo *con* y *sin* el incremento que se quiera costear. Los costos unitarios son entonces determinados como el cociente entre este costo incremental y el volumen de tráfico incremental del servicio

Se han modelado el impacto en los elementos de red sensibles a las variaciones de tráfico asociadas al cálculo del Pure LRIC

- El LRIC puro calcula los costos de un servicio con base en la diferencia entre los costos totales a largo plazo de un operador que provee el abanico total de servicios y los costos totales a largo plazo de un operador que ofrece todos los servicios salvo el del servicio que se está costeando
 - algunos elementos de red se configuran o actúan de forma diferente en función del tráfico generado en la red
- El modelo fijo modifica los siguientes elementos con el tráfico de red:
 - Equipo de interconexión: en un mercado con un alto número de operadores efectuando interconexión de tráfico, el equipo de interconexión deberá ajustarse a la proporción de tráfico intercambiado.
- El modelo móvil modifica los siguientes elementos con el tráfico de red:
 - Efecto de carga UMTS en el radio de la celda (cell breathing): la superficie cubierta por una celda UMTS varía en función de su carga – cuanto más tráfico soporta una celda, menor es su radio.
 - Canales mínimos por NodoB – señalización y R99: En un contexto de menor tráfico, se reducirían los canales mínimos desplegados por NodoB de forma a evitar desplegar capacidad excesiva en aquellos emplazamientos con menor tráfico como zonas rurales
 - Número de sitios especiales GSM, UMTS y LTE: los emplazamientos especiales son generalmente desplegados de forma puntual en emplazamientos con una gran demanda potencial de capacidad. Al reducirse la capacidad de la red al eliminarse el servicio considerado, se reducirá de forma proporcional la necesidad de sitios especiales.

La metodología *BU-LRAIC plus* se incluye a título informativo, y es consistente con ejercicios de costo regulatorios a nivel mundial

Móvil	Suscriptores = HLR, LU, SIM	
	Costos de tráfico incrementales = <i>emplazamientos de radio adicionales, BTS, TRX adicionales, enlaces de mayor capacidad, BSC adicionales, MSC, espectro adicional, etc</i>	
	Red de cobertura móvil= <i>sitios de radio, BTS, primeros TRX, enlaces de backhaul, red de conmutación mínima, concesión, etc.</i>	
Proporción de costos generales de red		

Fijo	Costos sensibles a los suscriptores = <i>conexiones al gabinete</i>	Costos de tráfico incrementales = <i>todos los conmutadores, emplazamientos y la infraestructura de transmisión interconmutador hasta el primer punto de agregación de tráfico</i>
	Costos compartidos de transmisión = <i>zanjas, conductos y cables desde el gabinete al primer punto de agregación de tráfico</i>	
	Proporción de costos generales de red	

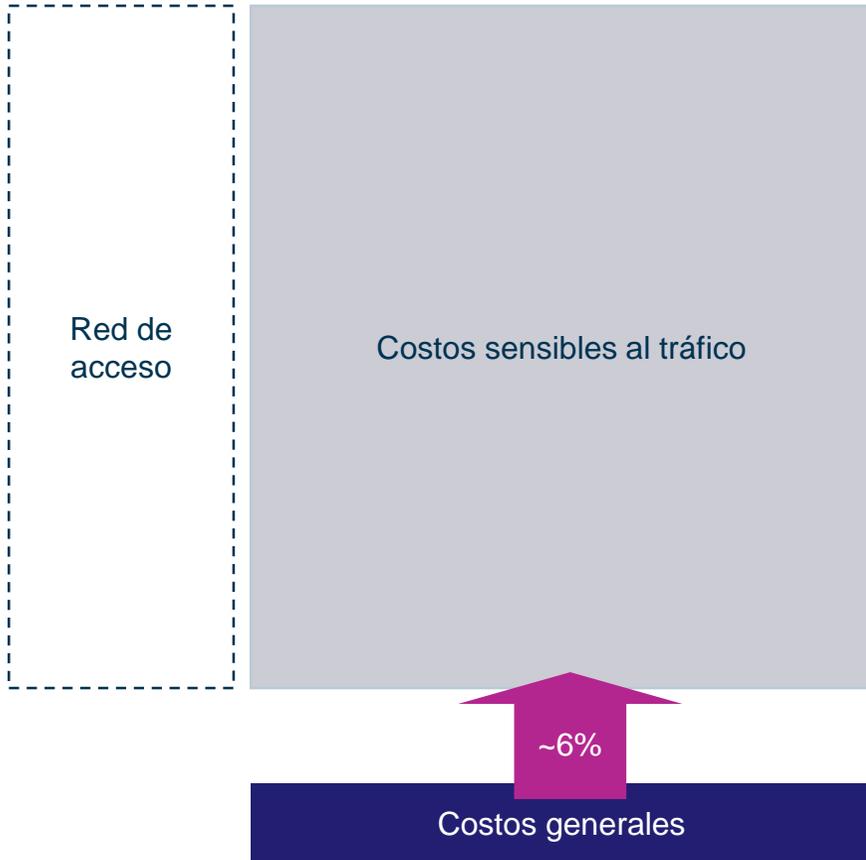
- La metodología *BU-LRAIC plus* no está explícitamente considerada en los lineamientos y se incluye en el modelo a título informativo
 - la metodología utilizada es consistente con los procesos regulatorios que se han llevado a cabo en Europa y otras partes del mundo para la definición de los precios de interconexión
- Los costos incrementales promedio de tráfico se definen de forma agregada, y se asignan a varios servicios de tráfico a través de los factores de enrutamiento
- Los costos comunes están incluidos utilizando una metodología EMPU (*equi-proportional cost-based mark-up*):
 - estimamos que estos costos son significativos únicamente en la red móvil
- Un incremento de tráfico importante implica que los costos comunes a diferentes servicios de tráfico se incluyen en el costo incremental medio del tráfico

Se han identificado los principales costos comunes utilizados en el *BU-LRAIC plus* para los dos tipos de operador

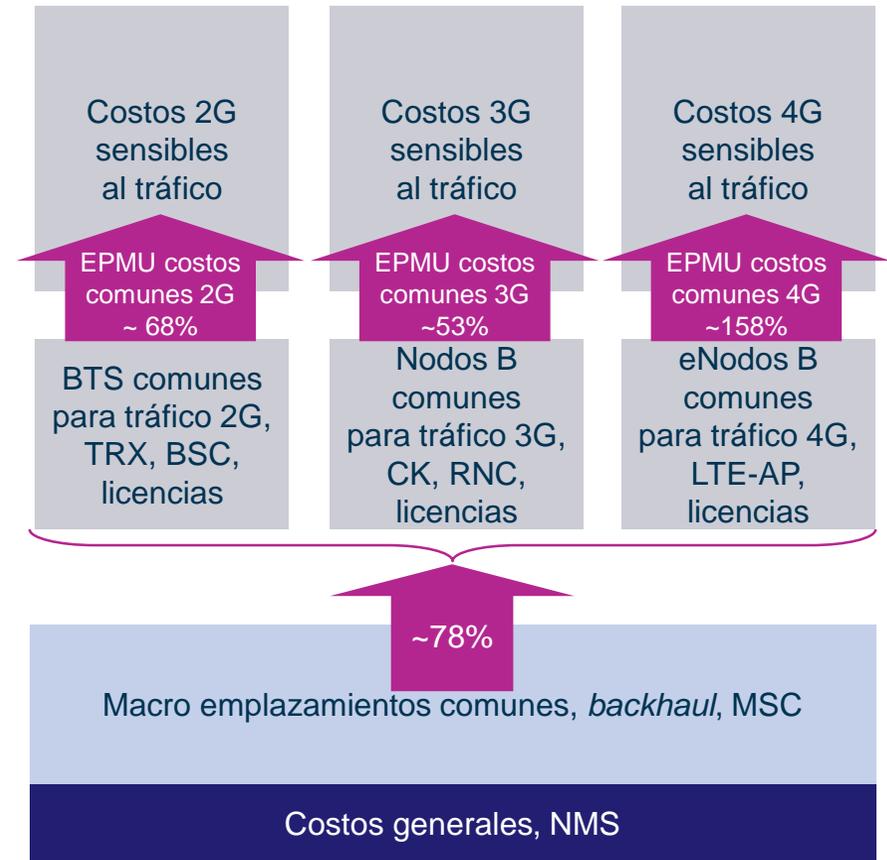
- Se estima que para el operador fijo los costos que son comunes al tráfico y a los suscriptores (la red de acceso fija) son los costos generales
- Todos los otros costos medios incrementales se asignan con base en los factores de enrutamiento para los diferentes servicios de tráfico
- Para el operador móvil, en el cálculo de los costos comunes de red se asume un despliegue de una red de cobertura con un funcionamiento mínimo como común para tráfico y suscriptores:
 - sitios de cobertura GSM 850MHz, UMTS 1900MHz y LTE 1700/2100MHz
 - 1 TRX por sector, 1 CK por sitio
 - 1 enlace por sitio
 - 9 BSCs y 9 RNCs con puertos mínimos
 - 9 LTE-AP
 - 9 MSCs/MGW
 - sistemas de gestión de red
 - gastos generales (*business overheads*)
 - costos de las concesiones (iniciales y anuales)
- La definición de los costos comunes de red está basada en la especificación del modelo LRAIC plus de los Países Bajos. Otros reguladores como Dinamarca o Noruega han utilizado variaciones alrededor del mismo concepto

Se aplican los siguientes resultados EPMU en la metodología *BU-LRAIC plus*

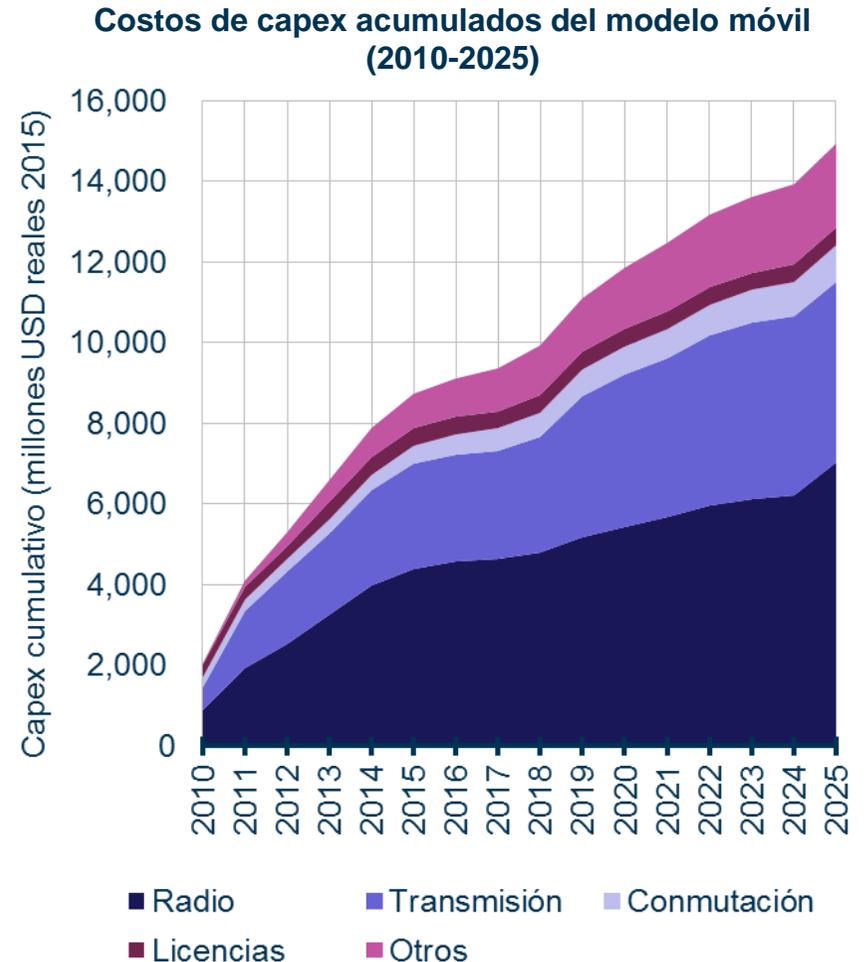
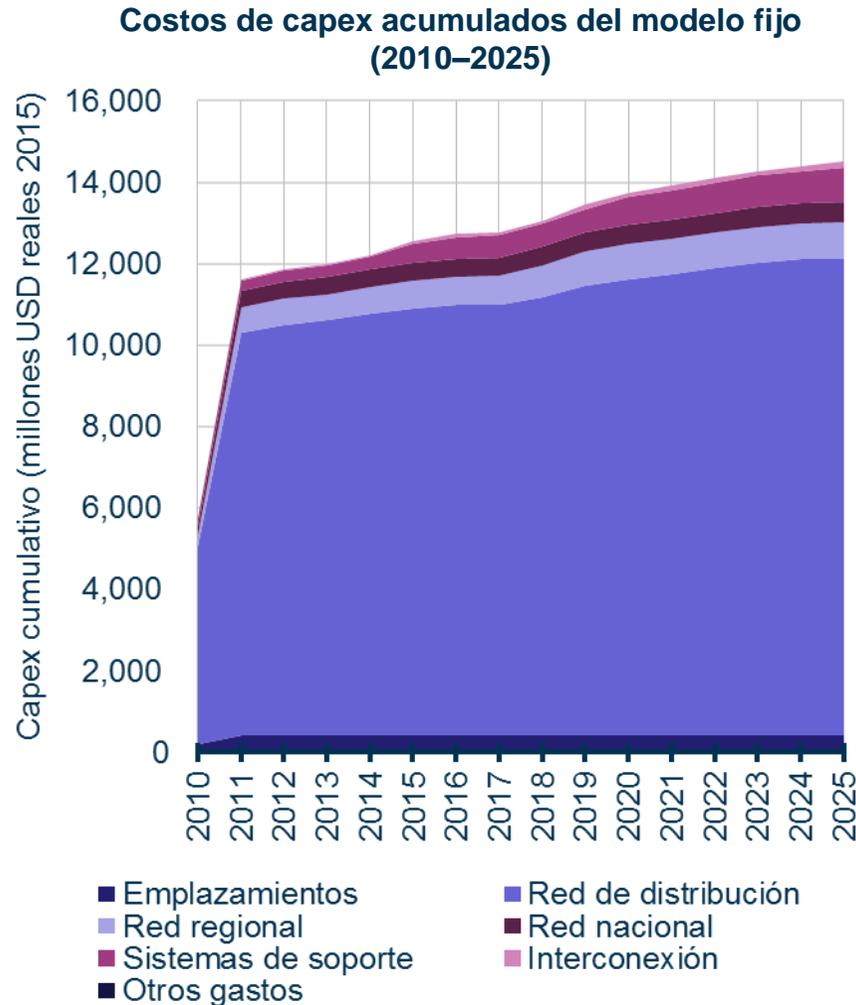
Estructura de costos comunes en el operador fijo



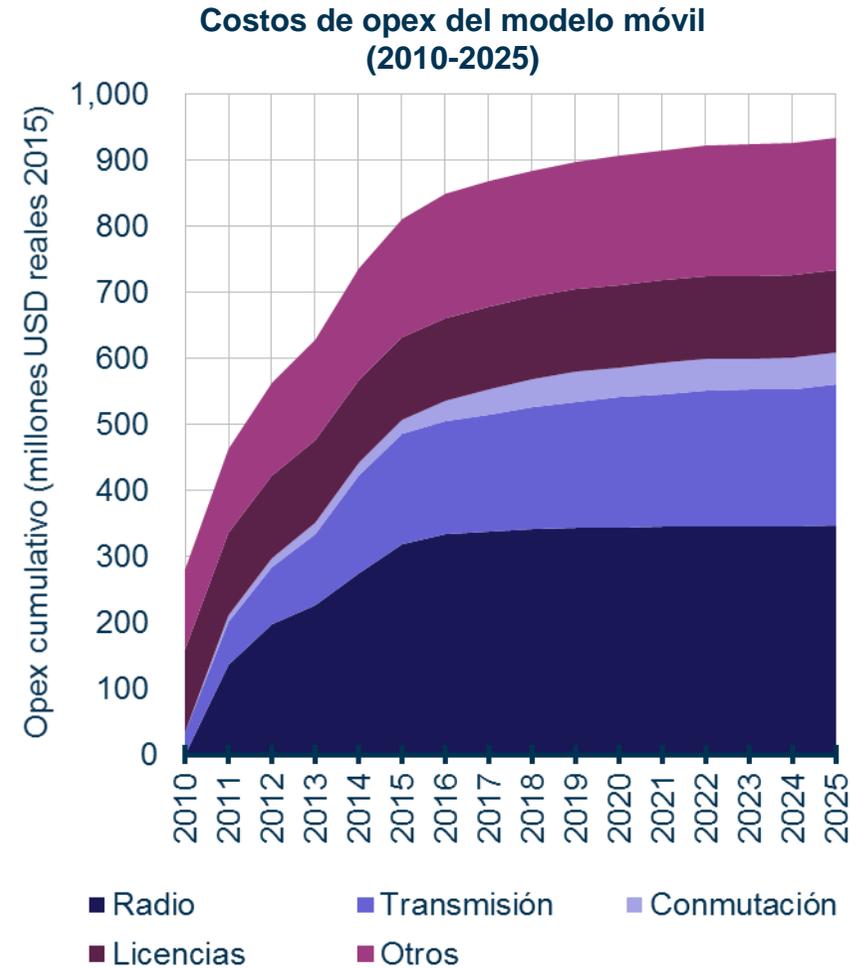
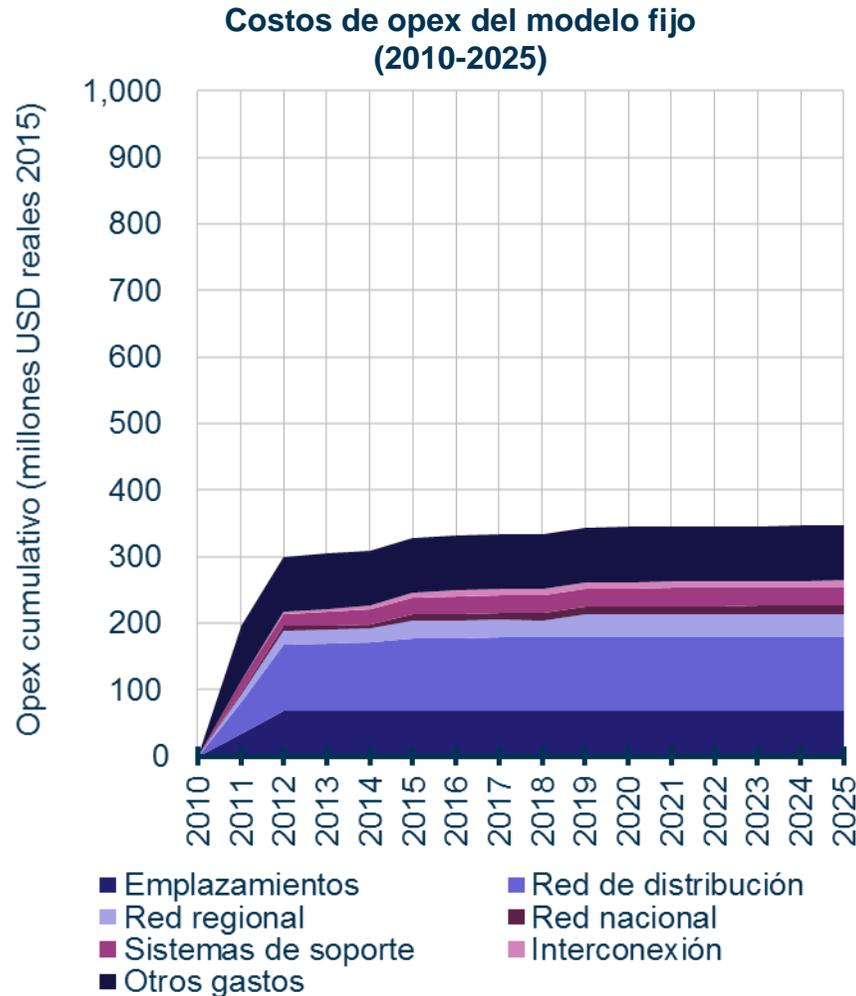
Estructura de costos comunes en el operador móvil



Las inversiones alcanzan un total de USD 14 956 millones para el modelo fijo, y de USD 14 506 millones para el modelo móvil en 2025

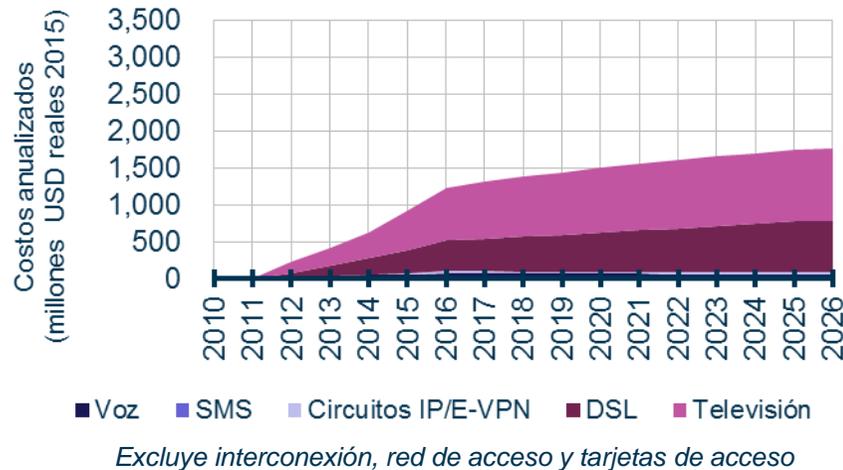


La red de distribución es el principal gasto en opex de los operadores fijos, y la red de acceso el de los operadores móviles

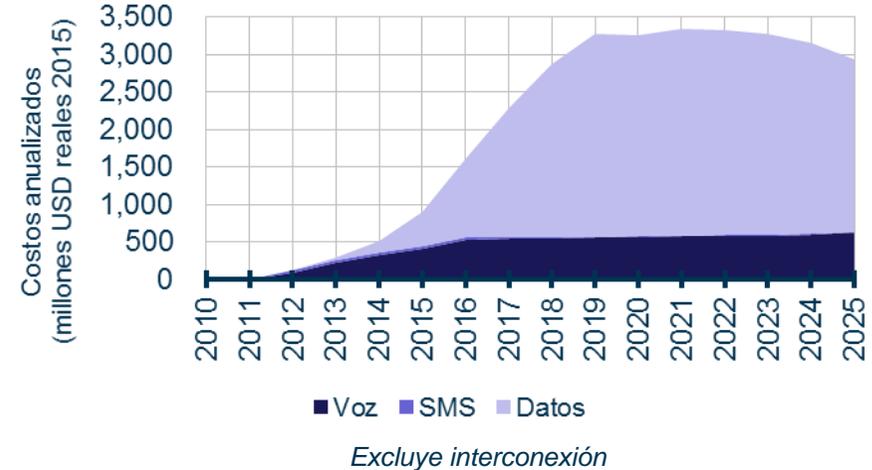


En los modelos *BU-LRAIC plus* se utiliza una equivalencia voz-datos para repartir los costos incrementales de tráfico

Costos anualizados fijos por tipo de servicio



Costos anualizados móviles por tipo de servicio



- En el cálculo de depreciación económica fija, los costos son anualizados en el tiempo con base en la carga de tráfico
- 1Mbit/s de carga pico de tráfico es equivalente a más de dos millones de minutos de tráfico de voz anuales
- En los modelos *BU-LRAIC plus*, esta equivalencia voz-datos se utiliza para compartir los costos incrementales de tráfico

- En el cálculo de depreciación económica móvil, los costos son también anualizados en el tiempo con base en la carga de tráfico
- 1Mbit/s de tráfico HSPA en la interfaz aérea es equivalente a 1.45 minutos de tráfico de voz, debido al mayor ritmo de codificado (16QAM) de HSDPA y a la ausencia de *soft-handover*