

INFORME FINAL para la COFETEL

Documentación de los modelos de costos de interconexión LRIC

25 de abril del 2012

Joan Obradors, Ignacio Gómez, Tom Allegaert, Guillermo Fernández Castellanos

Notificación de confidencialidad

- Copyright © 2012. Todo el material incluido en el presente documento se rige por el contrato entre Analysys Mason y la COFETEL y se utilizará solamente para los fines indicados en el contrato entre Analysys Mason y la COFETEL.

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 a la COFETEL en el desarrollo de modelos LRIC para apoyar la definición de precios de interconexión y tránsito

- La Comisión Federal de Telecomunicaciones ('COFETEL') ha adjudicado a Analysys Mason Limited ('Analysys Mason') el contrato *Servicios de asesoría especializados para la elaboración de los modelos de costos de servicios de interconexión*
- La COFETEL ha seleccionado a Analysys Mason para desarrollar dos modelos de costos incrementales totales promedio de largo plazo (CITLP):
 - modelo de terminación fija
 - modelo de terminación 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:
 - originación y terminación de tráfico de voz en redes de telefonía fija
 - terminación de tráfico de voz en redes de telefonía móvil
 - enlaces de interconexión
 - servicios de datos (SMS)
- Este documento ofrece una descripción a alto nivel de cada uno de los modelos de costos que se han construido.

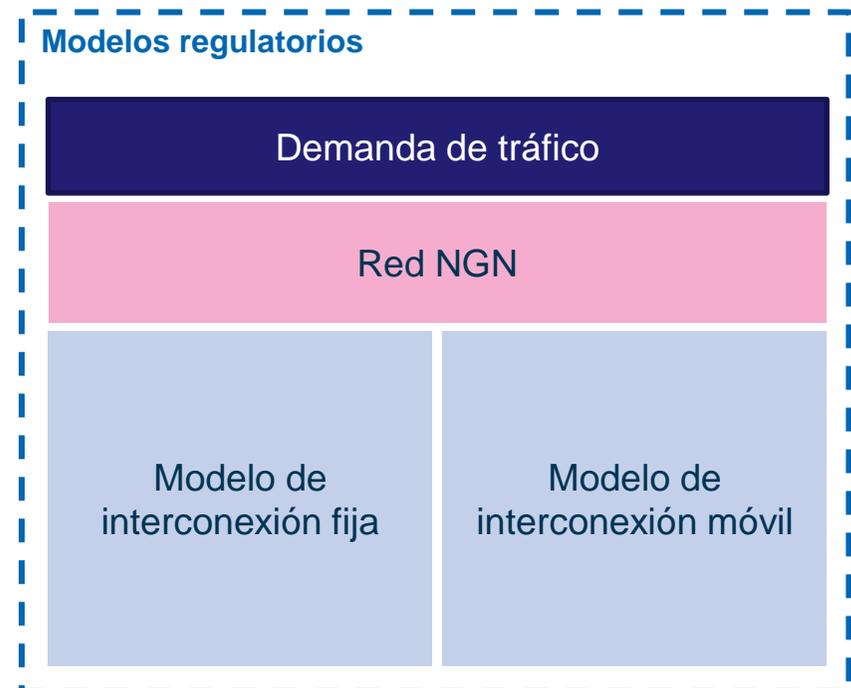
Las entradas del modelo se han modificado de forma consistente por razones de confidencialidad

- Los modelos desarrollados se han poblado y calibrado en parte con información provista por la COFETEL 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 -15% y +15%
 - por ejemplo, si una variable tiene un valor de 1 en el modelo confidencial, podría tener un valor de entre 0.85 y 1.15 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
- La tasa de cambio utilizada en el modelo está utilizada de manera indicativa para obtener resultados en pesos mexicanos:
 - se ha utilizado la tasa de cambio de diciembre de 2011, correspondiente a MXN13.823 por USD
 - la COFETEL podrá utilizar una tasa de cambio diferente cuando utilice el modelo para resolver desacuerdos.

Estructura de los modelos (fijo, móvil, 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 2021. 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 periodo de 1 de enero de 2012 en adelante. Estos modelos de costos formarán la base de la regulación que la COFETEL 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 la Decisión del 12 de abril de 2011 de la COFETEL son el punto de partida para la elaboración de los modelos

- En su Decisión del 12 de abril de 2011, la COFETEL estableció los principios regulatorios que se deben emplear en el costeo de los servicios de interconexión. En concreto, la COFETEL determina los siguientes principios regulatorios:
 - la metodología de costos incrementales promedio de largo plazo (CITLP)
 - el costo de proveer vs. no proveer el servicio de terminación
 - una metodología de cálculo ascendente (*bottom-up*)
 - la metodología de margen equi-proporcional para los costos comunes
 - el reparto de los costos comunes y compartidos
 - 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
 - el número de concesionarios que prestan servicios de interconexión se tendrá en cuenta para determinar la escala de un concesionario representativo
 - la metodología del costo de capital promedio ponderado (WACC, por sus siglas en inglés) para el cálculo del costo de capital
 - la exclusión de los costos no asociados a la prestación de servicios de interconexión (p.ej. externalidades)
- Hemos trabajado estrechamente con la COFETEL 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

Los principios sobre los que se han construido los modelos siguen las mejores prácticas y han sido acordados con la COFETEL [1/4]

- Los operadores modelados han sido definidos en nuestro informe *Enfoque conceptual*. Este informe describe las principales opciones de modelado en base a la experiencia de Analysys Mason y las aportaciones y el conocimiento local de la COFETEL:
 - **metodología:** de conformidad con las especificaciones dispuestas por la COFETEL, hemos utilizado una arquitectura *bottom-up* para construir un modelo CITLP (en inglés LRAIC+)
 - **cuota de mercado:** los modelos desarrollados calculan los costos de un operador hipotético que en el caso del operador móvil alcanza una escala de 33.3% (mercado de tres operadores) y de 50% (mercado de dos operadores) 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
 - la cuota de mercado crecerá en función del nivel de despliegue de red y el aumento del tráfico utilizando una 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 tres operadores móviles nacionales en México, respectivamente:
 - cobertura nacional para el operador fijo
 - 93% de la población con servicios de voz para el operador móvil
 - **espectro:** mediante el análisis del espectro asignado en cada región se estima que el espectro total disponible en las bandas de 850MHz y 1900MHz es de 43.2MHz y 120MHz respectivamente:
 - se asume una reparto equitativo del espectro entre los tres operadores que conforman el mercado móvil, asignando 14.4MHz (850MHz) y 40MHz (1900MHz) al operador hipotético

Los principios sobre los que se han construido los modelos siguen las mejores prácticas y han sido acordados con la COFETEL [2/4]

Modelo móvil

- **Red de radio:** se han modelado las redes 2G+3G 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) en base al espectro disponible en las bandas de 850MHz y 1900MHz 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
- **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 mejorada (MSC combinado 2G-3G), NGN (MGW y servidores MSC) o una migración entre ambas

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 de próxima generación sobre D-WDM, Ethernet sobre D-WDM o en una migración entre ambas
- **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 conmutador (o su equivalente NGN)
 - 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 y han sido acordados con la COFETEL [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 y MMS
 - datos GPRS, EDGE, R-99, HSPA
- 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
 - SMS fijos
 - 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 y han sido acordados con la COFETEL [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 CITLP, esto es, 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
- **Depreciación:** hemos utilizado la depreciación económica para la amortización de los activos; esta se expresa en dólares americanos (USD) reales como ha solicitado la COFETEL
 - 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 de la COFETEL, hemos calculado el WACC reflejando los parámetros de costes prevalecientes:
 - la tasa libre de riesgo
 - coste de la deuda
 - tasa de impuestos nominal
- **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

Contenidos

Introducción

Conceptos utilizados en el desarrollo de los modelos

Modelo de mercado

Modelo fijo – diseño

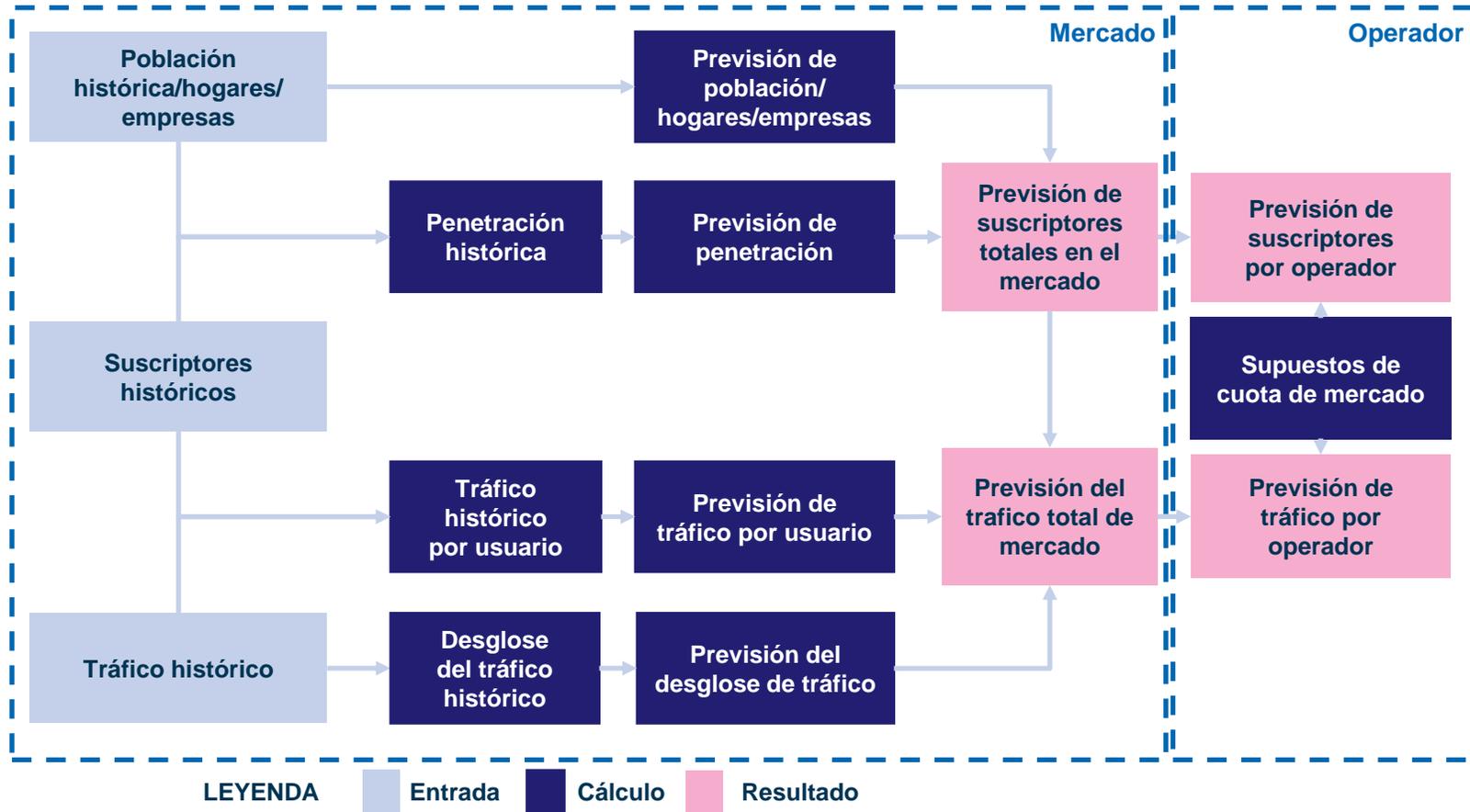
Modelo móvil – diseño

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

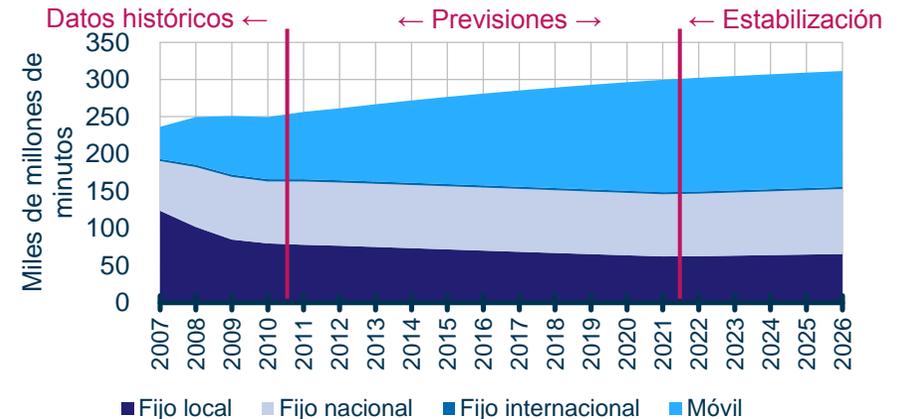
Estructura del modelo de mercado que determina la demanda



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 en base a proyecciones de suscriptores y tráfico por suscriptor:
 - las proyecciones se han basado en información proporcionada por los operadores, la COFETEL 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 y número 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

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

Hemos definido tres escenarios – conservador, base y agresivo – para la demanda de los distintos servicios incluidos en el modelo de mercado...

- El modelo de demanda incluye sensibilidades que permiten actuar sobre los diferentes servicios calculados:
 - se definen tres escenarios: conservador, base y agresivo
 - presentamos a continuación los parámetros sobre los que actúan cada una de las sensibilidades
 - se modifican únicamente las previsiones a partir de 2011
- En los escenarios de penetración móvil y de banda ancha se modifica el máximo que alcanza la función *sigmoide* (o S-curve)
- El escenario de penetración fija modifica el crecimiento anual del número de conexiones residenciales y no residenciales
- El escenario de voz móvil y fija modifica el crecimiento anual del consumo de minutos fijos y móviles por usuario
- El escenario de SMS móviles modifica el crecimiento anual del consumo de SMS por usuario
- El escenario de datos móviles modifica el crecimiento anual del consumo de banda ancha por usuario
- El escenario de enlaces dedicados modifica el crecimiento anual del tráfico por circuito
- El escenario de xDSL modifica el crecimiento anual del *backhaul* por usuario residencial
- El escenario de televisión modifica la proporción de suscriptores de cable y televisión sobre el total de suscriptores

Valores de los modificadores aplicados en cada escenario a los parámetros descritos en la definición de cada escenario

Escenarios	Conservador	Base	Agresivo
Penetración móvil	-5%	0%	5%
Penetración fija	-30%	0%	30%
Penetración banda ancha	-10%	0%	10%
Voz móvil	-50%	0%	50%
Voz fija	-30%	0%	30%
SMS móvil	-30%	0%	30%
Datos móviles	-50%	0%	100%
Enlaces dedicados	-30%	0%	30%
xDSL	-20%	0%	20%
Televisión	-10%	0%	10%

En las siguientes páginas presentamos la demanda móvil y fija utilizando el escenario base

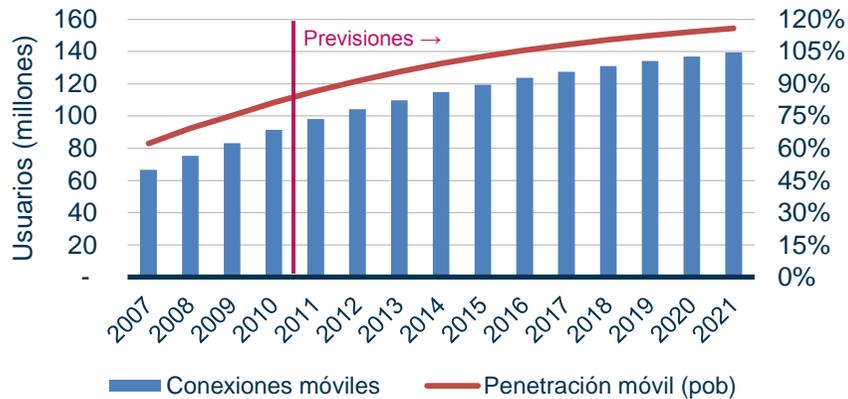
... que se reflejan en el consumo de los diferentes servicios por parte de los usuarios de telecomunicaciones

Consumo anual por usuario en los diferentes escenarios en el modelo de mercado

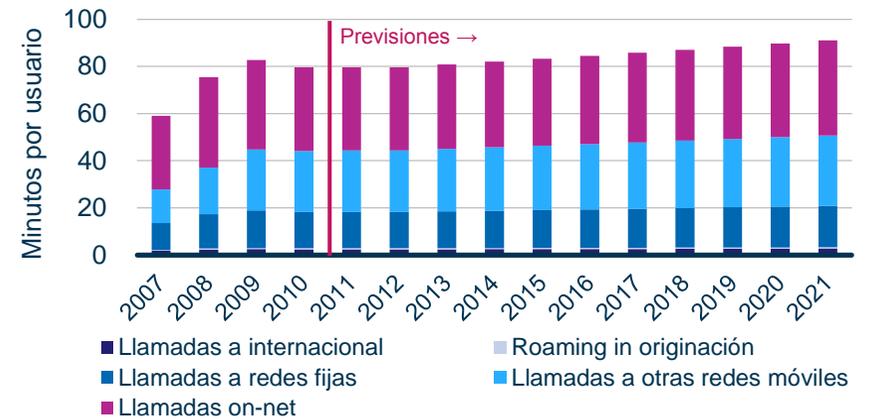
Escenarios	Unidad	2010	2021 – Conservador	2021 – Base	2021 – Agresivo
Penetración móvil	%	81%	112%	116%	119%
Penetración fija	%	50%	43%	40%	37%
Penetración banda ancha	%	41%	61%	67%	72%
Voz móvil por usuario	min	950	993	1039	1086
Voz fija por usuario	min	8434	7807	7552	7304
SMS móvil por usuario	SMS	721	790	821	853
Datos móviles por usuario	MB	3000	3347	3730	4618
Capacidad reservada por enlace dedicado	kbit/s	2.32	2.67	2.89	3.13
Capacidad backhaul xDSL reservada por usuario	kbit/s	50	60	62	65
Televisión	% mercado	54%	40%	50%	60%

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

Previsiones de penetración móvil



Previsiones del tráfico originado por usuario al mes



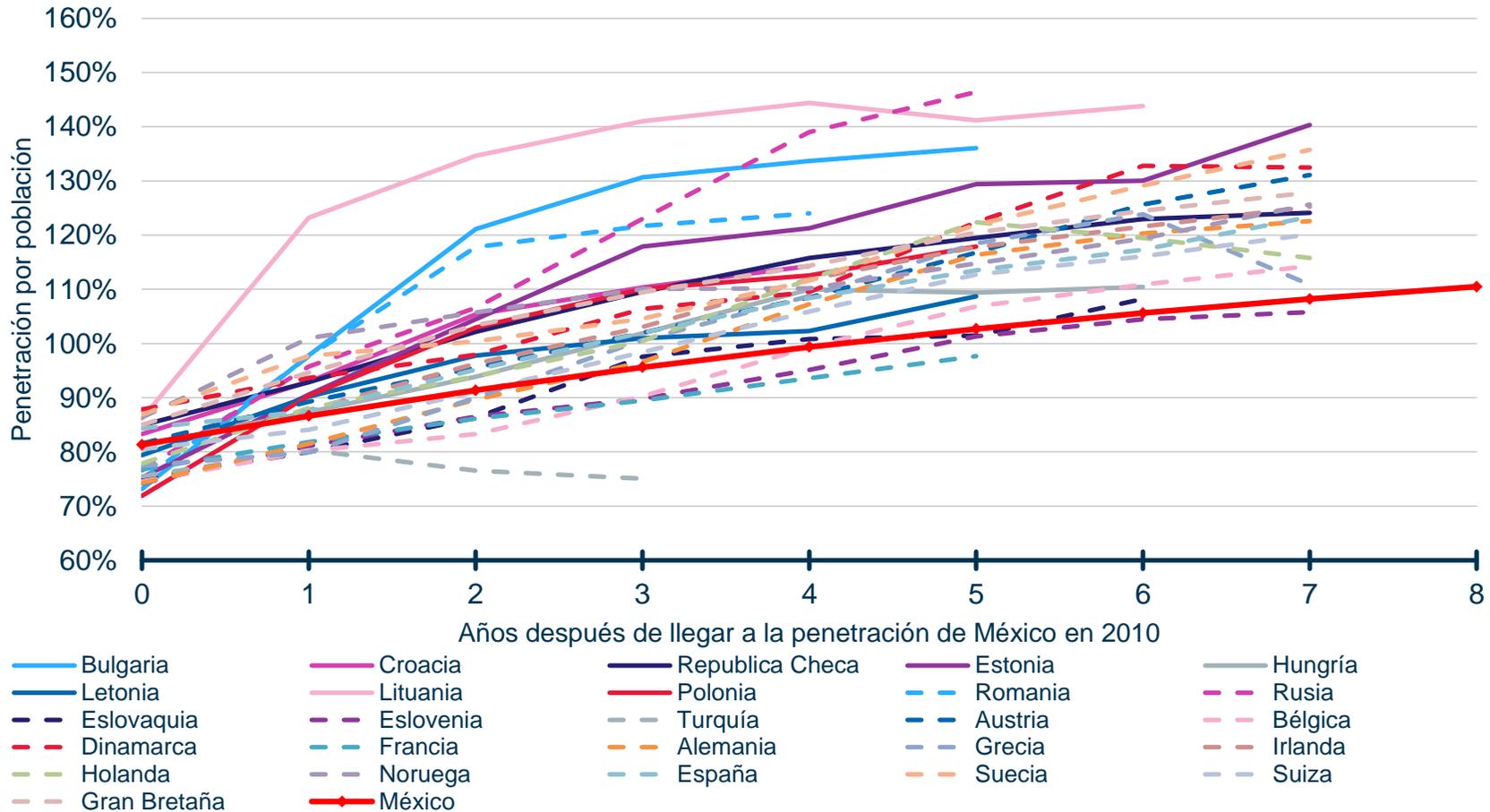
- A largo plazo, la penetración móvil aumenta del 81% de la población en el 2010 a 116% en el 2021, año en el que se estabiliza
- Esto conllevará una fuerte subida del tráfico de voz de los usuarios móviles de casi 83 400 millones de minutos anuales en 2010 hasta alcanzar los 151 000 millones de minutos anuales en 2021
- En términos de tráfico entrante en redes móviles, el número de minutos aumentará también de 72 900 millones en 2010 hasta 109 500 millones en 2021:
 - sin embargo, la proporción de tráfico originado en teléfonos fijos disminuirá gradualmente y será sustituido por más tráfico móvil

Previsiones del tráfico terminado por usuario al mes



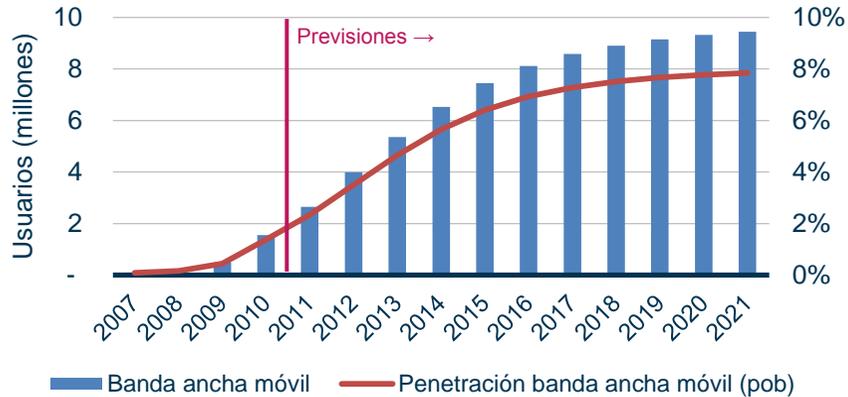
Las previsiones de la penetración móvil en México están en línea con comparativas internacionales

Comparativa internacional de la penetración móvil por población

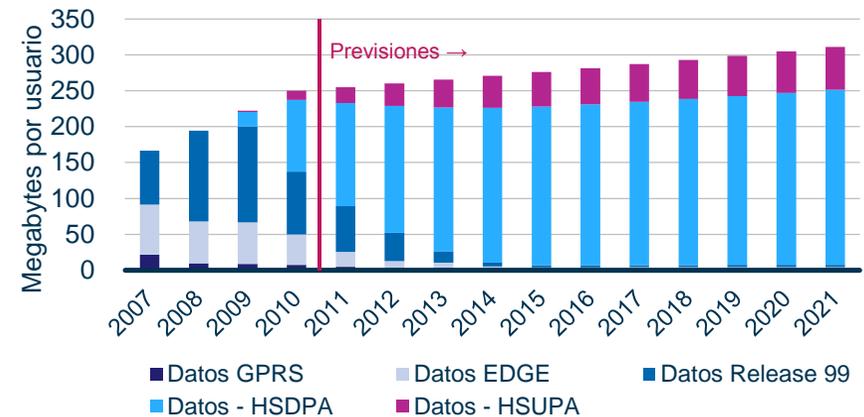


El modelo de mercado realiza previsiones de suscriptores móviles y tráfico – demanda de servicios de datos en el caso base

Previsiones de penetración de la banda ancha móvil

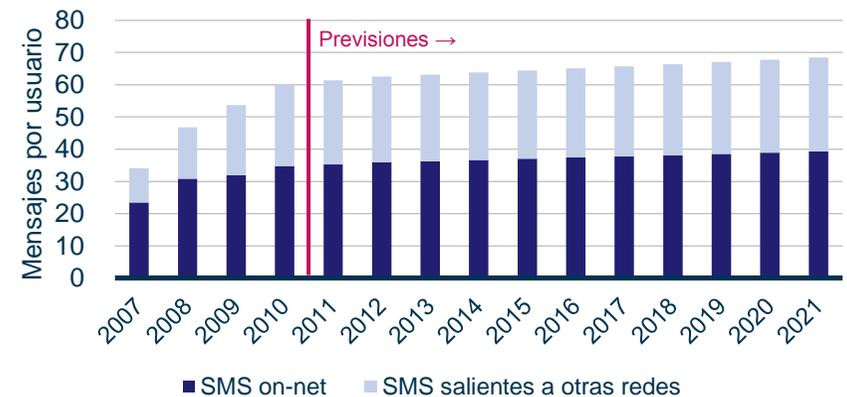


Previsiones del tráfico de datos por usuario al mes



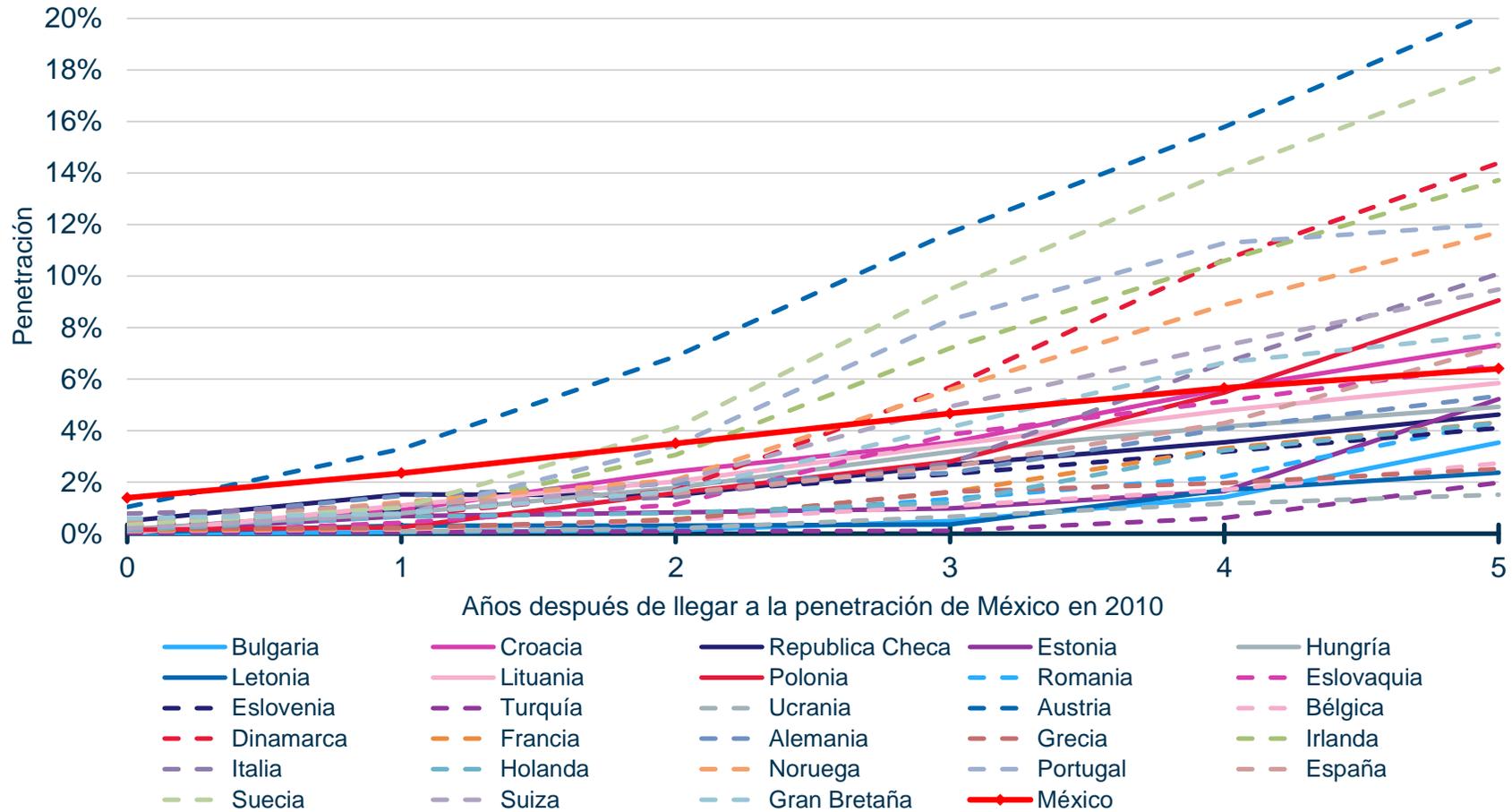
- La penetración de la banda ancha móvil crecerá rápidamente de 1% de la población en el 2010 a 8% en el año 2021, en línea con comparativas internacionales. Este aumento será debido a:
 - la popularidad de teléfonos 3G y el éxito de chupones como sustituto a la banda ancha por línea fija
- Los usuarios de datos aumentarán su uso de banda ancha móvil de 250MB al mes en 2010 a 311MB en el año 2021. Además, los servicios 3G tendrán más prominencia en el futuro:
 - para los chupones se estima que el uso anual promedio en el 2010 es de 3GB anuales por usuario, aumentando un 2% cada año hasta el 2021
- El tráfico de SMS seguirá subiendo también de 6000 millones en el 2010 hasta 8900 millones en el 2021

Previsiones del tráfico SMS por usuario al mes



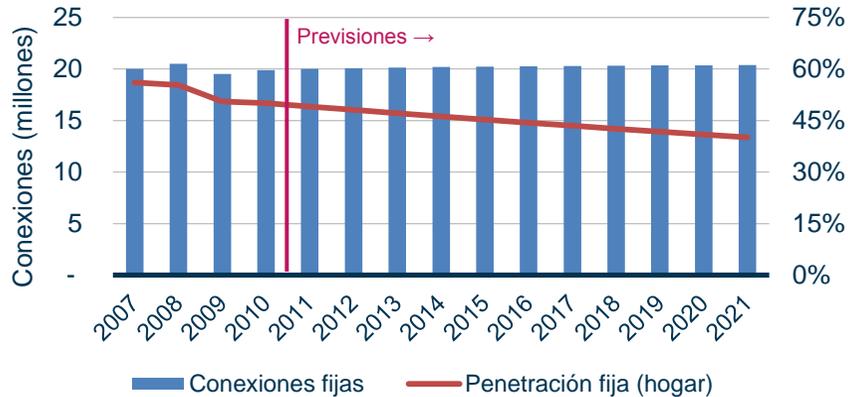
Las previsiones de la penetración de banda ancha móvil en México están en línea con comparativas internacionales

Comparativa internacional de la penetración de banda ancha móvil por población

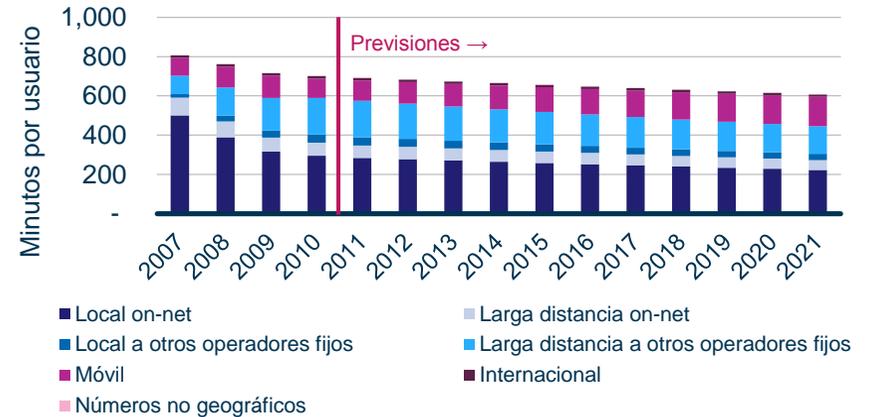


El modelo de mercado realiza previsiones de suscriptores fijos y de tráfico – demanda de servicios de voz en el caso base

Previsiones de penetración fija

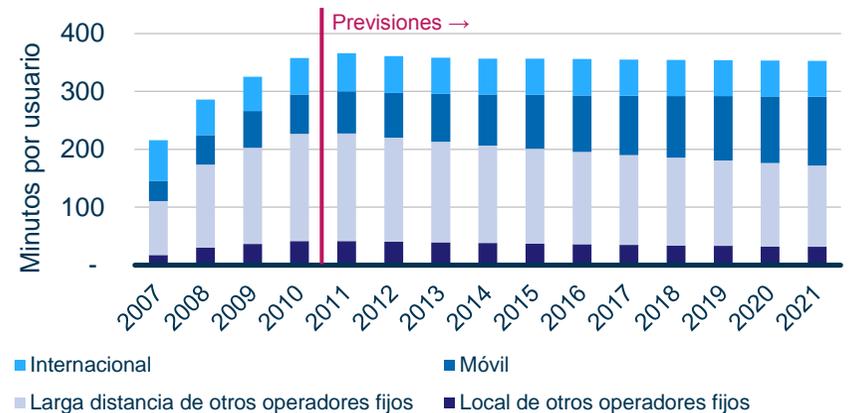


Previsiones del tráfico originado por usuario al mes



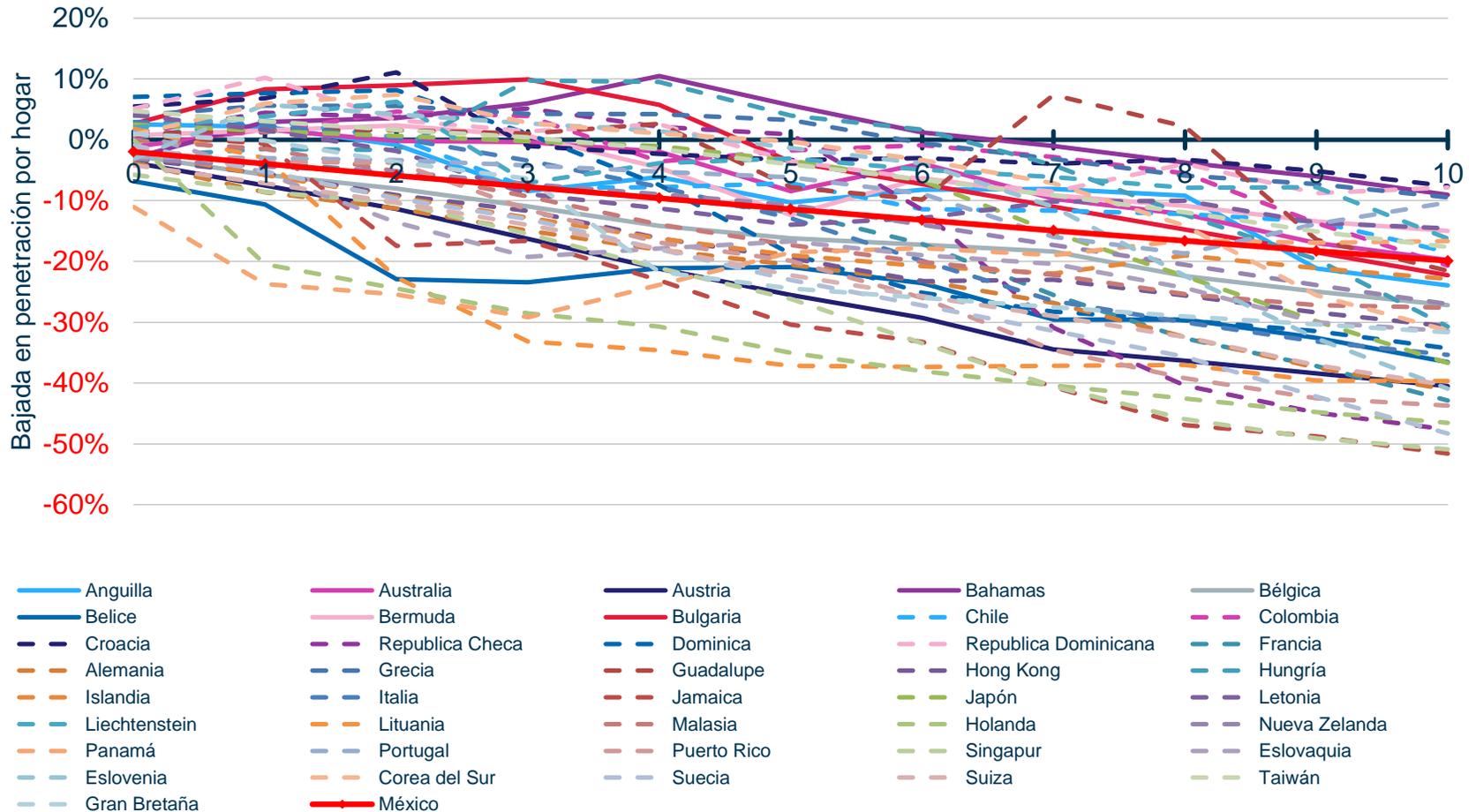
- Se prevé que la penetración fija por hogar disminuirá de 50% en el 2010 hasta 40% en el 2021
- El modelo calcula un tráfico fijo saliente de 166 100 millones de minutos anuales en el 2010 – equivalente a 700 minutos por suscriptor y mes. Se estima que el número de minutos anuales disminuirá hasta 148 700 millones en el 2021:
 - a pesar de que esta estimación supera aquellas efectuadas en otros países europeos, una comparación con datos públicos de Telmex indica que parece correcta
- Se prevé que el tráfico entrante se incrementará ligeramente de 84 500 millones de minutos en 2010 a 86 200 millones de minutos en 2021 debido sobre todo al incremento de tráfico proveniente de móviles

Previsiones del tráfico terminado por usuario al mes

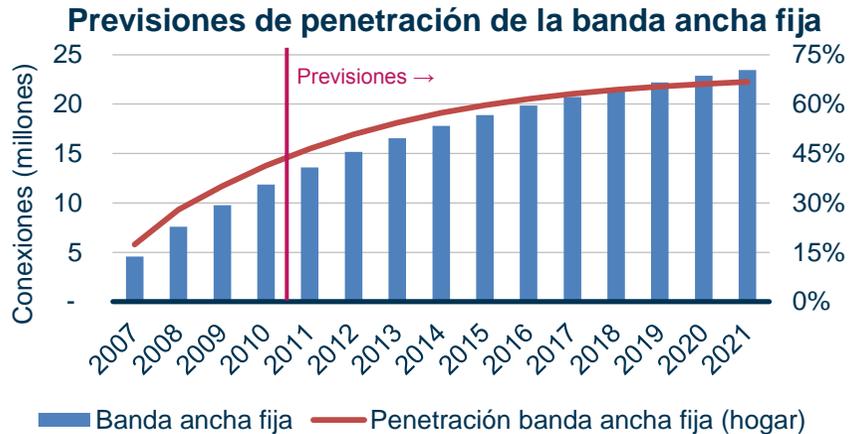


Las previsiones sobre la evolución de la penetración fija en México están en línea con comparativas internacionales

Comparativa internacional sobre el descenso de la penetración fija por hogar



El modelo de mercado realiza previsiones de suscriptores fijos y de tráfico – demanda de servicios de datos en el caso base



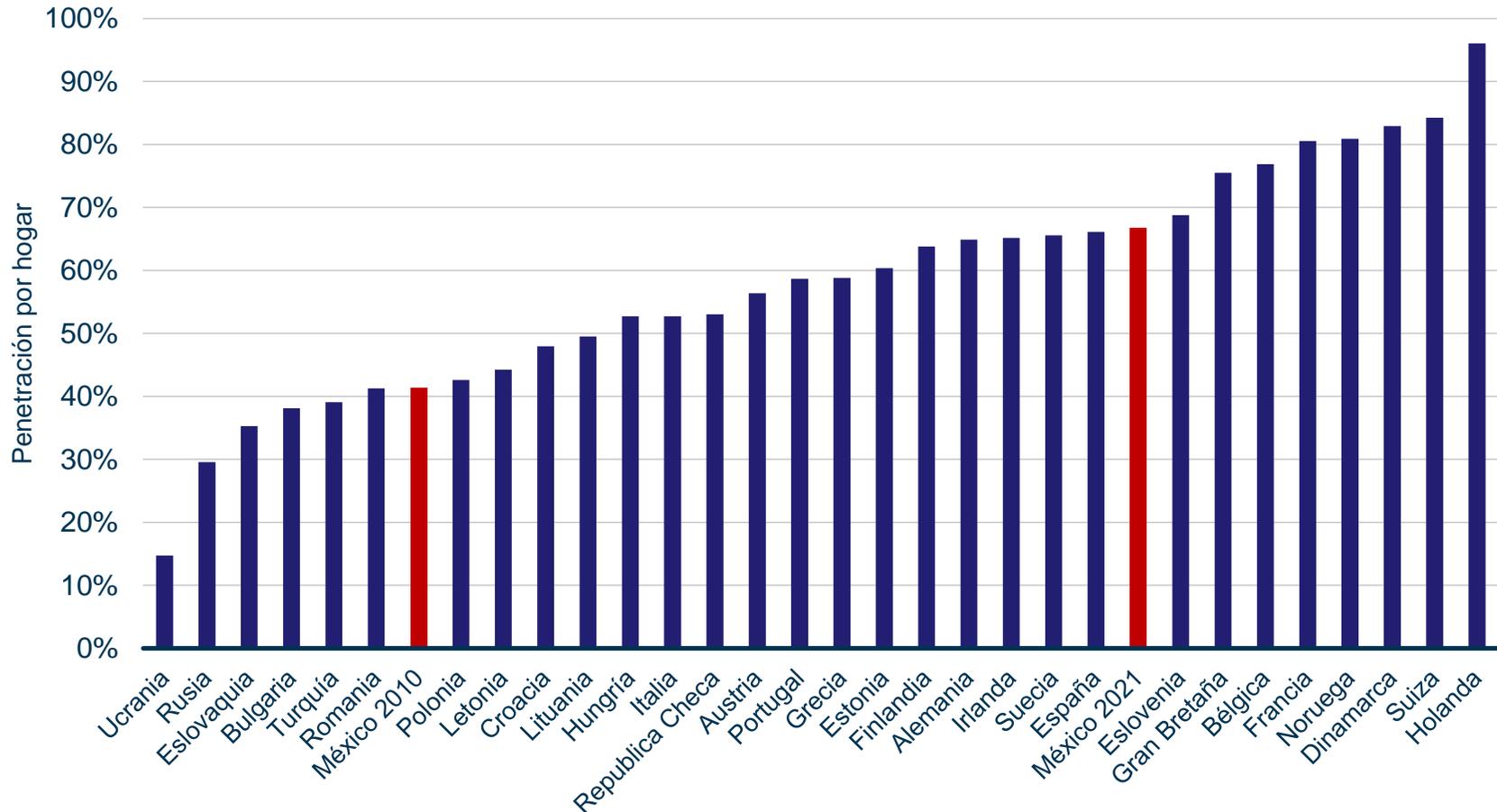
- Estimamos que la penetración de la banda ancha fija aumentará de 41% en 2010 hasta 67% en el año 2021:
 - las necesidades de ancho de banda crecerán principalmente debido al incremento de líneas DSL, seguido por los enlaces dedicados
 - el crecimiento está en línea con comparativas internacionales de Europa del Este y Asia
- Para calcular el volumen de tráfico de datos en la red DSL estimamos que se reservarán 50kbit/s de capacidad por usuario (paquete de 1Mbit/s con factor de contención de 1/20) y que aumentará en un 2% por año hasta el 2021
- 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
 - el número de enlaces utilizados para los operadores móviles disminuirá debido a que estamos estimando que éstos tendrán sus propias redes troncales, mientras que el *backhaul* será en su mayoría mediante microondas
 - se estima un ancho de banda para los enlaces dedicados que aumentará de 2.21Mbit/s en 2010 a 2.89Mbit/s en 2021

Previsiones de líneas dedicadas (minorista y mayorista)



Las previsiones de la penetración de banda ancha fija en México están en línea con comparativas internacionales

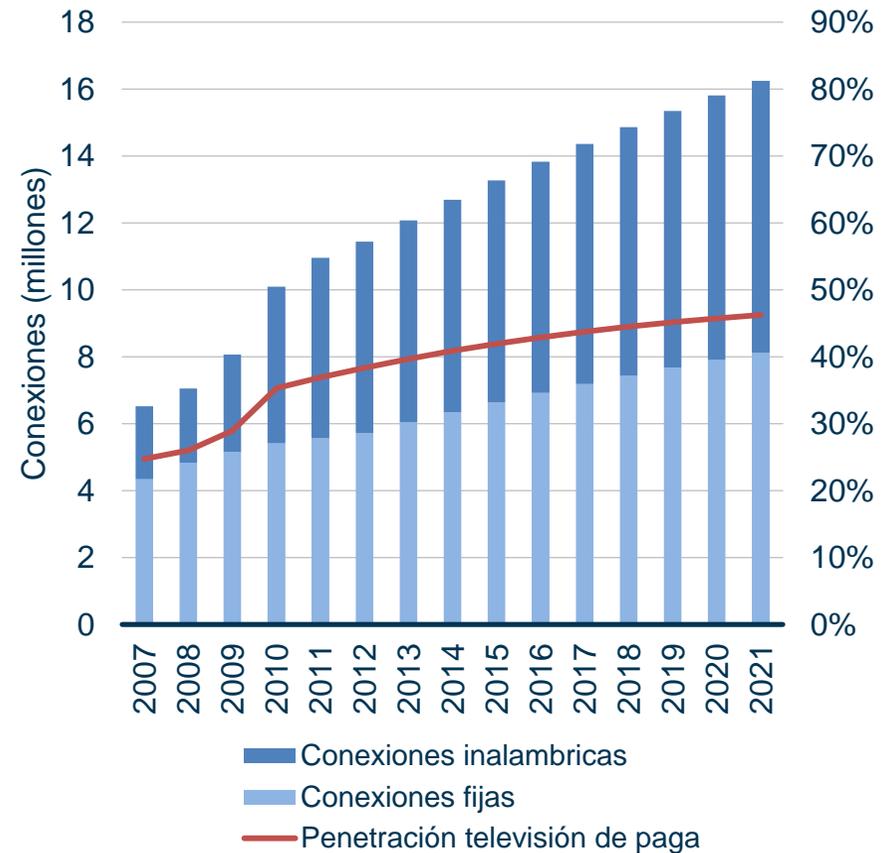
Comparativa internacional de la penetración de banda ancha fija en 2010 por hogar



El modelo de mercado realiza previsiones de suscriptores fijos y de tráfico – demanda de servicios de televisión en el caso base

- Se asume que la penetración de la televisión de paga por hogar se incrementará de 35% en 2010 a 46% en 2021:
 - actualmente las conexiones fijas (sobre todo cable) tienen una cuota de mercado mayor debido a los operadores de cable
 - el crecimiento en el mercado, en línea con los datos disponibles, provendrá sobre todo de las tecnologías inalámbricas como la satelital, ya que no presentan tantas limitaciones técnicas y permiten ofrecer paquetes con un mayor número de canales en comparación con las tecnologías terrestres
 - en el largo plazo, se asume que el número de usuarios de servicios de televisión se reparte al 50% entre las redes fija e inalámbricas
- Se estima que el número de conexiones de televisión de paga por líneas terrestres aumentará de 5.4 millones en 2010 a 8.1 millones en 2021

Previsiones de penetración de televisión de paga



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

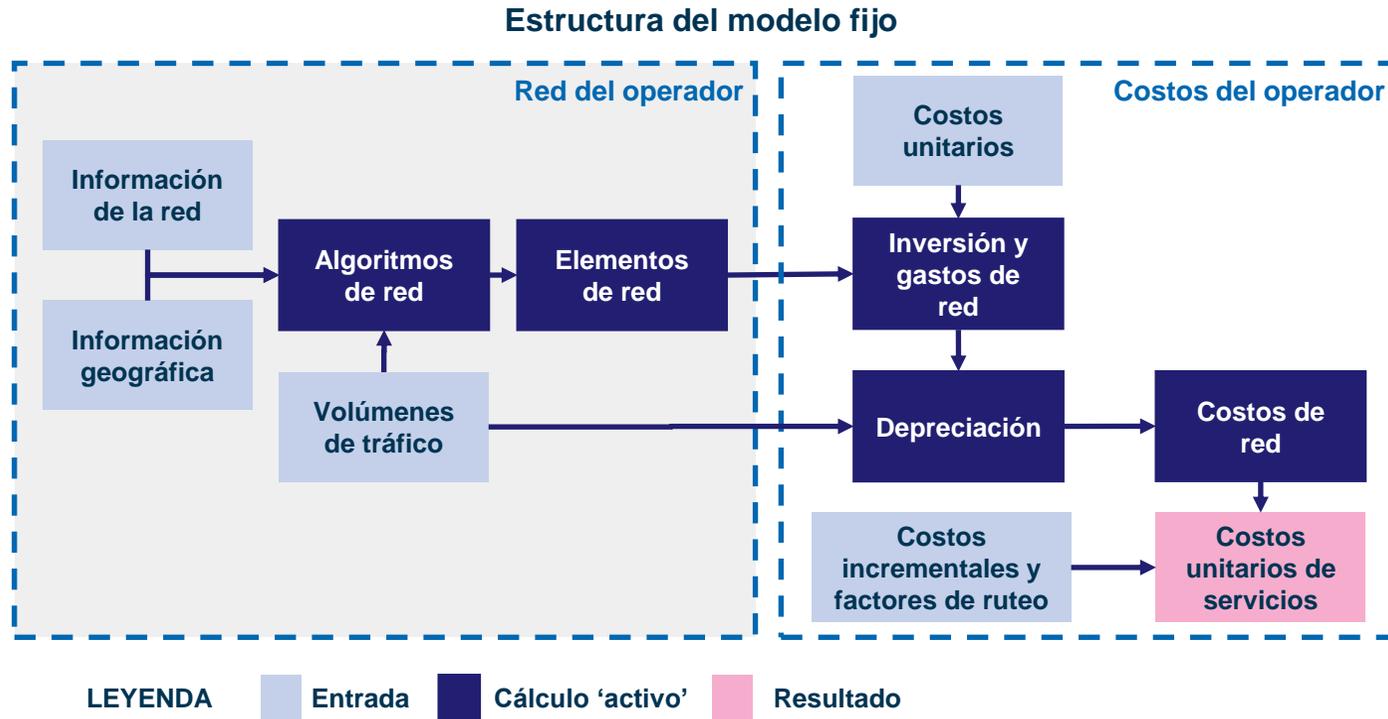
De acuerdo a los lineamientos y principios conceptuales acordados, hemos modelado un operador fijo hipotético existente

Mercado de dos operadores existentes:
Telmex y una combinación de operadores alternativos y de cable

Red fija

- Despliegue de una red NGN IP en el año 2005/2006
- Despliegue de una red de ámbito nacional
- Alcanza una cuota de mercado del 50% en 2011
- Comienzo de las operaciones comerciales en 2006
- Operación de la red troncal durante 50 años
- No se realiza una migración a una tecnología posterior a NGN IP

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

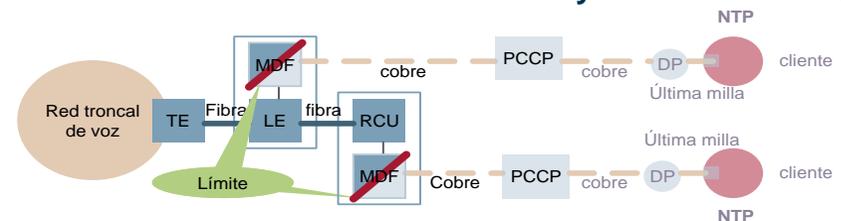
- Conceptualmente, el modelo está compuesto por tres capas principales:
 - la **capa de agregación** concentra el tráfico originado en los MSANs a través de *switches* de agregación y lo dirige al *router* regional donde se decide cómo tratar el tráfico
 - la **capa de distribución** es el primer nivel 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 1 y Tier 2 (36 601 nodos):** nodos de acceso a los que se conectan los MSANs
 - nodos regionales (197 nodos):** cubren un ASL y concentran el tráfico de los nodos Tier 1 y Tier 2 asociados; pueden tener MSANs conectados
 - nodos core (12 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

- Se reparten las líneas de acceso de forma proporcional entre nodos Tier 2, Tier 1 y regionales:

Nodo	Nº nodos	% líneas acceso
Tier 2	35 601	96.7%
Tier 1	1000	2.7%
Regionales	197	0.5%

- El punto de demarcación entre la red de acceso y la red troncal será el primer punto donde ocurre una concentración de tráfico de manera que los recursos se asignan en función de la carga de tráfico:
 - dicho punto se encuentra en el modelo al nivel del MSAN

Demarcación entre la red troncal y la red de acceso



TE = Central troncal
 LE = Central local
 RCU = Unidad de concentración remota (o su equivalente en una red NGN)

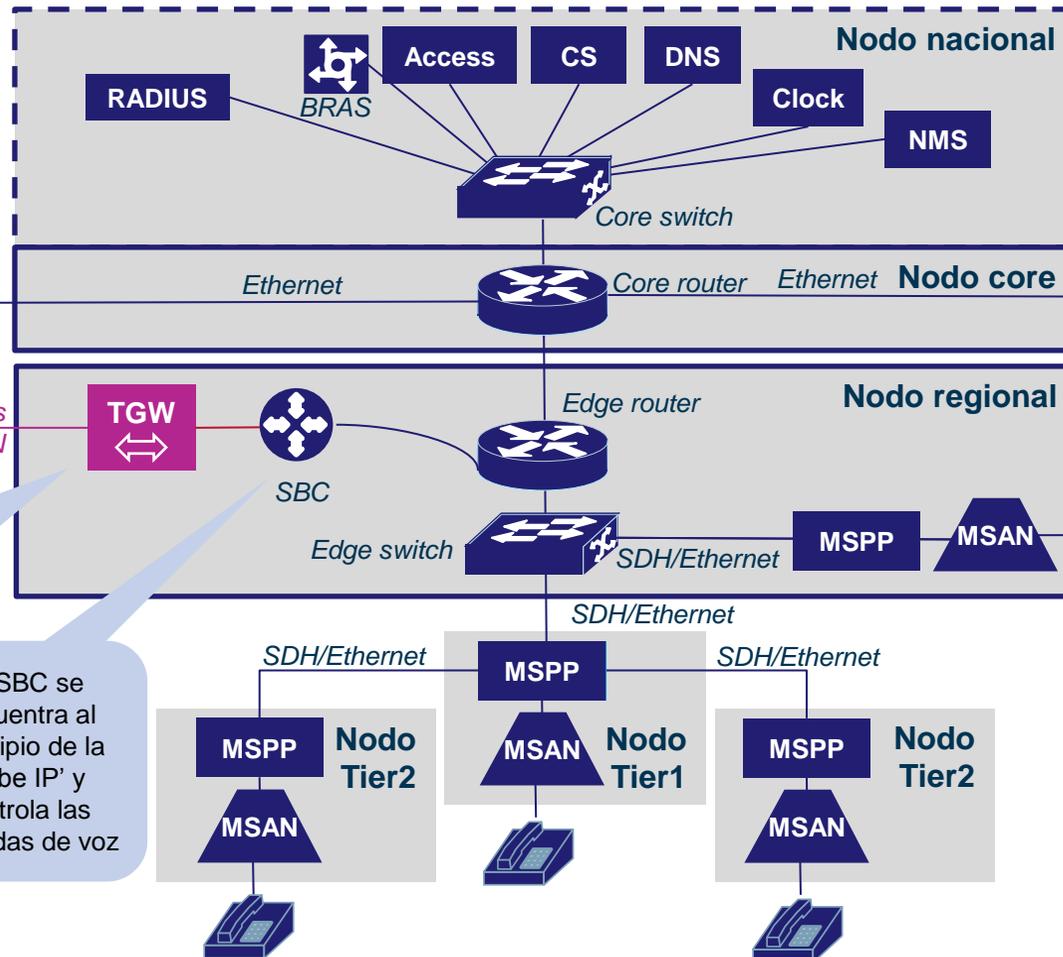
PCCP = Punto primario de conexión cruzada
 DP = Punto de distribución (p.ej. Un poste o el sótano de un edificio)
 NTP = Punto de terminación de red (p.ej. RJ11)

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

Este escenario permite elegir entre dos opciones para la interconexión del tráfico internacional:

- a través de un nodo nacional
- a través del nodo regional, tratando el tráfico internacional como el resto del tráfico de voz



Billing
VAS,IN
SMSC
VMS

Interconexión datos, e
IPTV en nodos
nacionales
exclusivamente

A otros nodos
core/nacional

A otros operadores
Tráfico PSTN

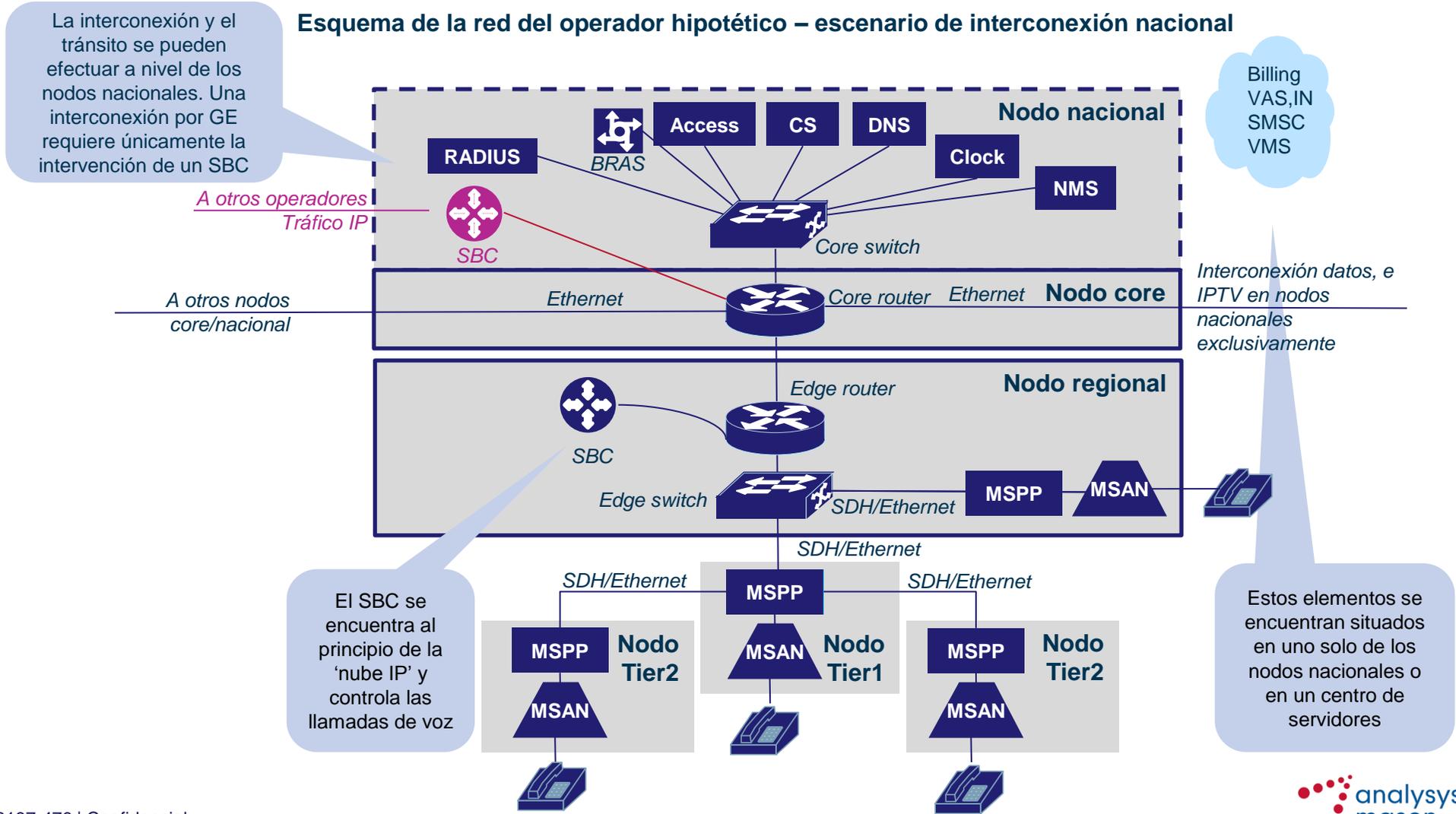
La interconexión y el tránsito se pueden efectuar a nivel de los 197 nodos regionales, que corresponden a las 197 ASLs con puntos de interconexión. Una interconexión por E1 requiere únicamente la intervención de un TGW

El SBC se encuentra al principio de la 'nube IP' y controla las llamadas de voz

Estos elementos se encuentran situados en uno solo de los nodos nacionales o en un centro de servidores

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 13 743km
 - los nodos regionales están conectados entre sí con anillos de fibra, con dos nodos *core* conectado a cada anillo, sumando un total de 22 000km
 - los nodos Tier 1 y Tier 2 están también conectados con anillos y a su vez a dos nodos regionales, desplegando un total de 88 000km de fibra
- Las distancias entre nodos recorrida por la fibra se ha calculado en base a la red de carreteras de México
- El modelo permite seleccionar una migración de SDH a Ethernet a nivel de transmisión Tier 2 y Tier 1 a nodo regional:
 - se asume que la migración ocurre entre los años 2011 y 2015, si bien este parámetro puede ser configurado por la COFETEL
- El modelo permite seleccionar una migración de enlaces de interconexión de E1 a GE a nivel regional o nacional:
 - se asume una migración entre tecnologías que ocurre entre los años 2012 y 2014, si bien este parámetro puede ser configurado por la COFETEL

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

- Se ha dividido México conceptualmente en nueve regiones, similares a las utilizadas en la definición de las licencias 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 la COFETEL 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 en base al número de líneas fijas reportadas por la COFETEL:
 - 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

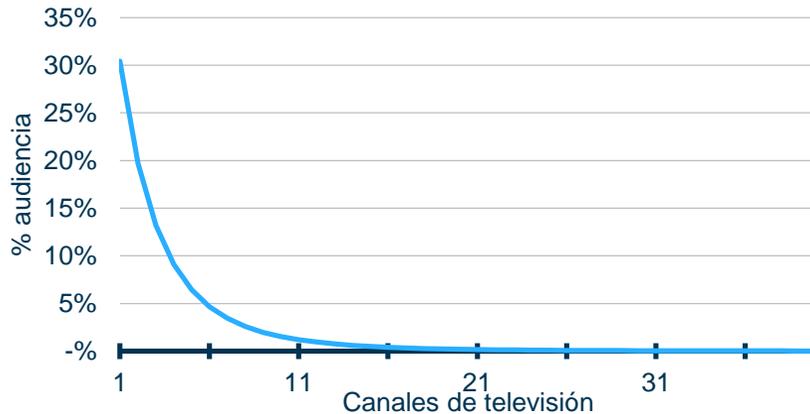
Región	Líneas	Proporción	Región	Líneas	Proporción
Región 1	698 437	4%	Región 6	1 895 869	10%
Región 2	905 056	5%	Región 7	2 536 509	13%
Región 3	886 390	4%	Región 8	984 860	5%
Región 4	2 487 360	13%	Región 9	6 931 647	35%
Región 5	2 565 334	13%	-	-	-

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: 83% para voz, 80% para SMS (basado en comparativas internacionales)
 - ancho de banda ocupado por voz: 95kbit/s (codec G.711 con periodo de muestro de 10ms)
 - 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)
 - se estima el tamaño de un SMS fijo a 75 bytes (COFETEL)
 - ratio de contención de datos: 1/20
 - el tráfico se divide de forma equitativa entre los nodos con MSANs conectados (Tier 2, Tier 1 y regionales)
 - se reservan 30kbit/s de banda ancha para VoD en hora punta
 - se presenta el dimensionamiento del tráfico lineal de televisión más adelante debido a su complejidad
- El modelo define numerosas hipótesis técnicas adicionales:
 - MSAN: 512 suscriptores con hasta un 70% de utilización de la capacidad máxima
 - *edge router*: 12 ranuras con tarjetas de 2 puertos GE o 2 puertos 10GE con hasta un 40% de utilización de la capacidad máxima
 - *core router*: 18 ranuras con tarjetas de 2 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*

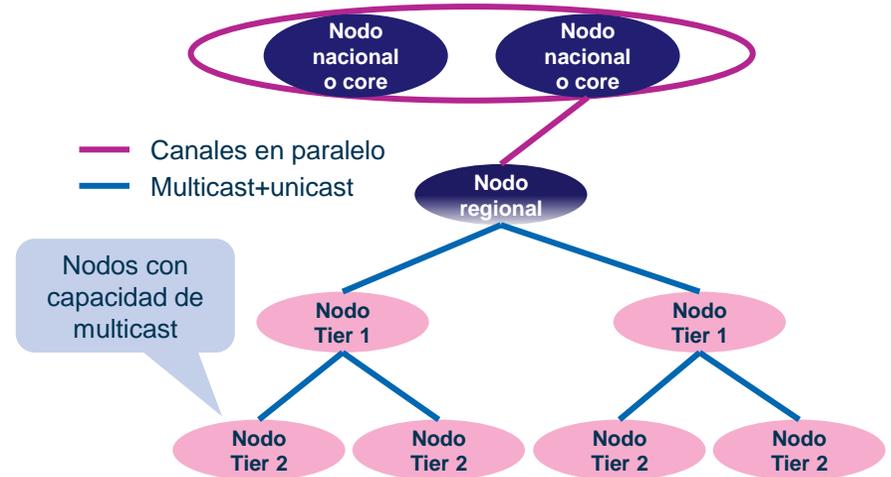
El dimensionamiento del tráfico de televisión lineal se basa en una distribución *long-tail* para estimar la audiencia de 130 canales

Distribución de la audiencia de los 40 canales principales de televisión



- 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 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	81.7%
Voz saliente LD intra-nodo a otros operadores	0.9%
Voz saliente LD multi-nodo a otros operadores	17.4%
Voz entrante Local de otros operadores	81.7%
Voz entrante LD intra-nodo de otros operadores	0.9%
Voz entrante LD multi-nodo de otros operadores	17.4%
Voz en tránsito LD intra-nodo	5.0%
Voz en tránsito LD multi-nodo	95.0%
SMS entrante LD intra-nodo	5.0%
SMS entrante 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

El ratio 0.9:17.4:81.7 se estima en función de la distribución de las llamadas on-net local y LD en el año 2011 (basado en información de la COFETEL)

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:

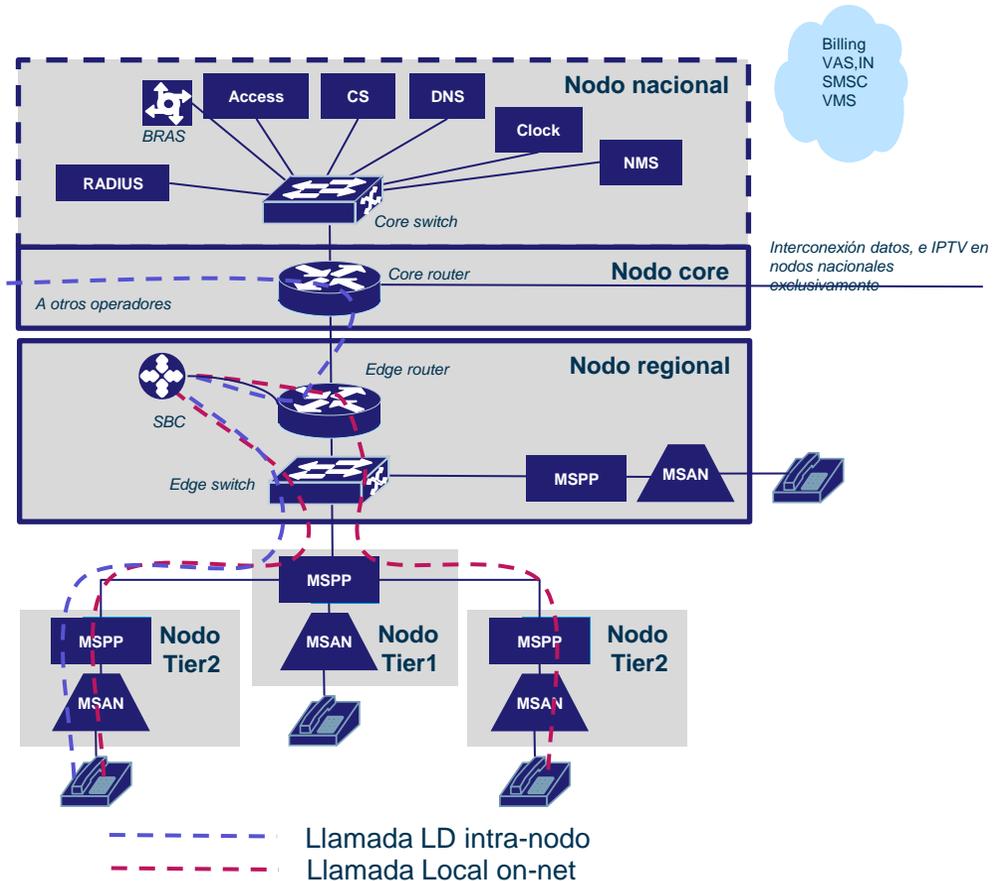
– basado en el recíproco del número de emplazamientos de Pdl

... y una matriz de enrutamiento convierte el tráfico de red en carga de red en base a 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:

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

Ejemplos de definición de factores de enrutamiento



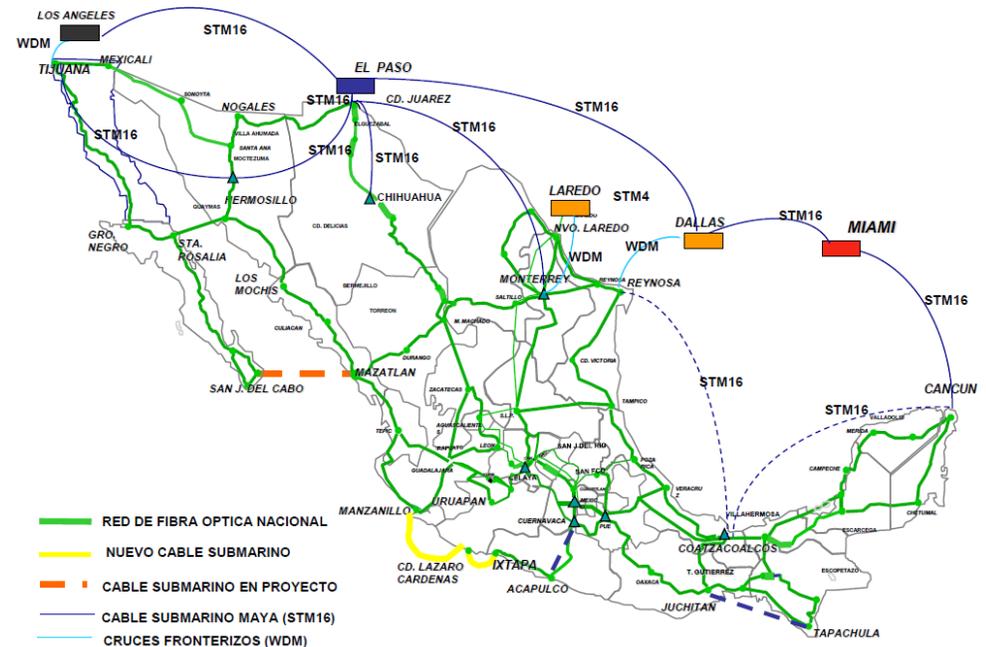
Los elementos de red se dimensionan en función de parámetros técnicos y geográficos, así como del tráfico que tiene que soportar la red

- Los MSANs se dimensionan en base al número de líneas asociadas a cada Nodo Tier 2, Tier 1 o regional:
 - se considera únicamente el chasis, y no las tarjetas de líneas
- Los enlaces del MSAN al *edge switch* se dimensionan en base al 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
 - el modelo permite modelar estos enlaces con tecnología SDH, Ethernet o una evolución de SDH a Ethernet
- Los *edge switches* se dimensionan en base al 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 en base al 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 en base al tráfico efectivo transportado por cada enlace, en base al despliegue de tecnología DWDM
- Los sistemas de red y soporte (DNS, NMS, web, etc.) se dimensionan en base a criterios específicos, como pueden ser el número de llamadas para el *call server*, el número de usuarios para el *billing system* o VMS, o el número de SMS/s para el SMSC
- Los elementos de interconexión se dimensionan en base al 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

La calibración técnica y económica del modelo ha sido superficial debido a la limitada información facilitada por los operadores

- Tras el periodo de recopilación de datos de la industria, se ha recibido una cantidad limitada de información por parte de operadores que cubren una parte limitada del mercado fijo
- Se ha establecido una calibración técnica de los elementos de red principalmente basada en estimaciones de Analysys Mason y en datos facilitados por los operadores donde ha sido posible:
 - utilizaciones de elementos de red
 - distancia entre repetidores de fibra
 - etc.
- Hemos comparado la red troncal del operador fijo con las redes existentes de otros operadores:
 - la comparación indica que la red modelada del operador fijo es similar a la de los operadores existentes
 - las principales rutas de fibra y los principales puntos de interconexión de las redes de los operadores corresponden con los nodos desplegados por el modelo
 - se ha tenido en cuenta la cobertura regional o zonal de algunos de los operadores considerados
- Se han tenido en cuenta las vidas útiles de los activos de los operadores para las vidas útiles de los activos del modelo

Topología de red de fibra Telmex



Se estima que el número de elementos de red crecerá más lentamente a partir del 2021 en el escenario base de demanda

Elemento de red	2011	2021	2051
Nodos Tier 2	35 601	35 601	35 601
Nodos Tier 1	1000	1000	1000
Nodos regionales	197	197	197
Nodos troncales	11	11	11
Nodos nacionales	9	9	9
MSAN	36 798	36 798	36 798
MSPP	45 999	45 999	45 999
Edge switch	197	197	197
Edge router	197	197	197
SBC regional	197	197	197
Core switch	9	9	9
Core router	30	50	55
BRAS	15	22	31
Call server	72	75	86
Billing system	14	14	16
SMS-centre	2	2	2
Plataformas de televisión lineal y VoD	2	2	2

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

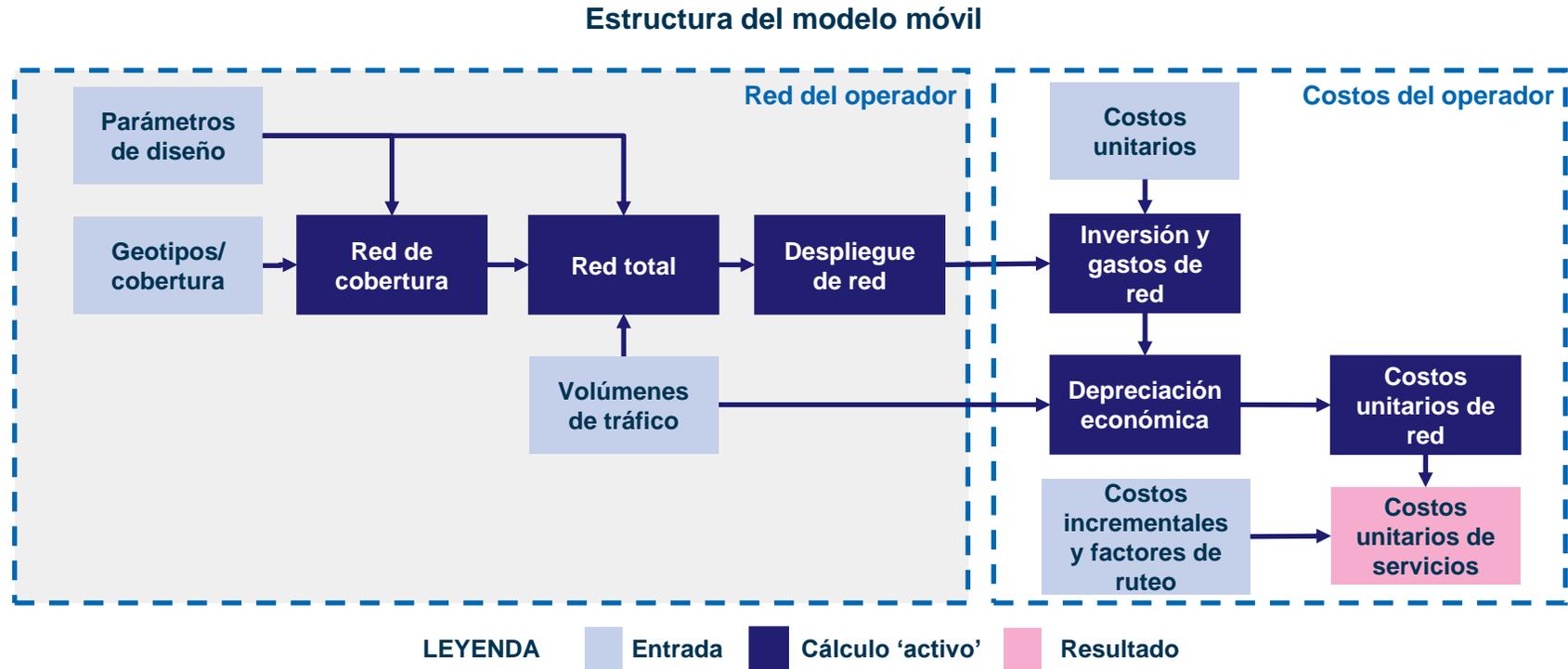
Hemos modelado un operador móvil hipotético existente, de acuerdo a los lineamientos y principios conceptuales acordados

Mercado de tres operadores existentes debido a la limitación de espectro que pueden utilizar las tecnologías modernas eficientes: GSM y UMTS

Red móvil

- Despliegue de una red GSM/UMTS en el año 2005/2006
- Despliegue de una red con cobertura del 93% 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 los geotipos urbano y suburbano en la banda de 1900MHz (77.47%)
- Alcanza una cuota de mercado del 33% en 2011
- Comienzo de las operaciones comerciales en 2006
- Operación de la red durante 50 años
- No se realiza una migración a una tecnología posterior a UMTS/HSDPA

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

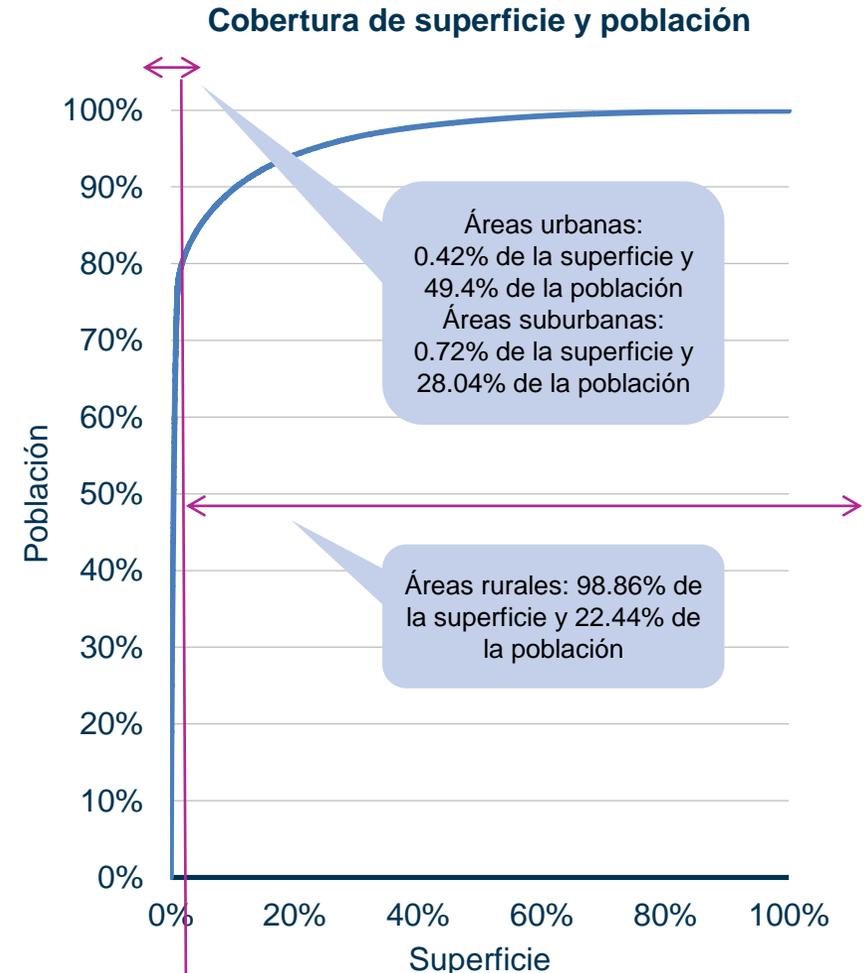


- El modelo puede funcionar de forma aislada pero necesita los volúmenes de tráfico del modelo de mercado
- Está estructurado en 12 módulos principales que en varios casos utilizan múltiples hojas de cálculo
- En este capítulo se considera exclusivamente el módulo de la red del operador

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 la COFETEL:
 - en base a 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	170%
Suburbano	<4000 y >500	90%
Rural	<500	50%
Carreteras	366 800km lineales	13%



Los diferentes geotipos se cubrirán con espectro de 850MHz (GSM) y 1900MHz (UMTS) en línea con la cobertura actual de los operadores móviles

<i>Geotipo</i>	<i>Superficie (km²)</i>	<i>Proporción del 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>
Urbano	8 383	0.4%	55 492 777	49.4%	100%	100%
Suburbano	14 202	0.7%	31 537 397	28.1%	100%	99.9%
Rural	1 959 471	98.9%	25 205 515	22.5%	15.6%	0%
Carreteras	46 833*	-	-	-	-	-

**Nota: 46 833km 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, COFETEL

Se asume un mercado de tres operadores debido a las limitaciones del espectro móvil disponible para sostener cuatro operadores

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

Banda de frecuencias	Espectro por operador (MHz)	Espectro por operador (MHz)	Comentarios
850MHz (celular)	10.80 ⁽¹⁾	14.40 ⁽¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> Un operador con 2x5.4MHz no podría desplegar cobertura de 3G (2x5MHz son necesarios) sin reducir significativamente la capacidad de 2G (2x0.4MHz o dos canales) Un operador con 2x7.2 podría dedicar 2x5MHz para UMTS/HSPA y dejar una cantidad de espectro razonable para GSM: 2x2.2MHz (11 canales) de manera que 2G y 3G coexistan como en la actualidad
1900MHz (PCS)	30.0	40.0	<ul style="list-style-type: none"> Un operador con 30MHz tendría suficiente para proveer capacidad en 2G y tener una portadora de 5MHz en UMTS/HSPA. Este operador se encontraría con problemas de capacidad si necesita activar una segunda portadora para HSPA y tuviera que mantener capacidad suficiente en la red 2G, lo cual incrementaría los costos, potencialmente hasta hacerlo inviable. El mercado mexicano resuelve esto con el uso de otras frecuencias y tecnologías 40MHz son suficientes para acomodar despliegues de capacidad de GSM y UMTS/HSPA incluso en casos de alto tráfico de banda ancha móvil
	Mercado de cuatro operadores	Mercado de tres operadores	

⁽¹⁾Dividido entre el número de operadores en el mercado y redondeado a la baja hasta conseguir un número de canales entero de GSM

Fuente: Modelo de Analysys Mason, COFETEL

Se asume que el operador hipotético tendrá 14.4MHz en 850MHz y 40MHz en 1900MHz, por lo que los costos se han calculado acordeamente

- En la banda de 850MHz sólo hay 43.2MHz disponibles, mientras que en la banda de 1900MHz hay 120MHz disponibles que son distribuidos de manera equitativa entre los tres operadores que se asumen en el mercado
- 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 14.4MHz 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	-	-	-	-	-
Iusacell	-	-	-	-	537,217	257,979	44,071	29,789	-
Promedio	337,953	50,098	212,787	503,800	189,002	85,993	101,283	24,620	-
Total nacional MXN	21,679,708								

- De forma similar, la inversión inicial (capex) en espectro en la banda de 1900MHz se calcula para 40MHz de acuerdo a la subasta realizada en el 2010:

Costo de Capex por MHz :	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
Iusacell	571,150	200,500	410,700	2,005,800	100,500	2,124,700	358,900	-	-
Promedio	591,725	151,100	415,850	2,219,250	73,975	2,358,475	363,400	231,983	46,058,300
Total nacional MXN	2,098,562,333								

Costo del 2005 ya que no se vendió en el 2010

- Todos estos costos se convierten en el modelo a USD de acuerdo al tipo de cambio vigente en el año 2010
- Estos costos de inversión inicial se pagan tres veces: en el 2005, 2025 y 2040
- Los costos operativos se calculan de forma parecida multiplicando 14 400 y 40 000 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

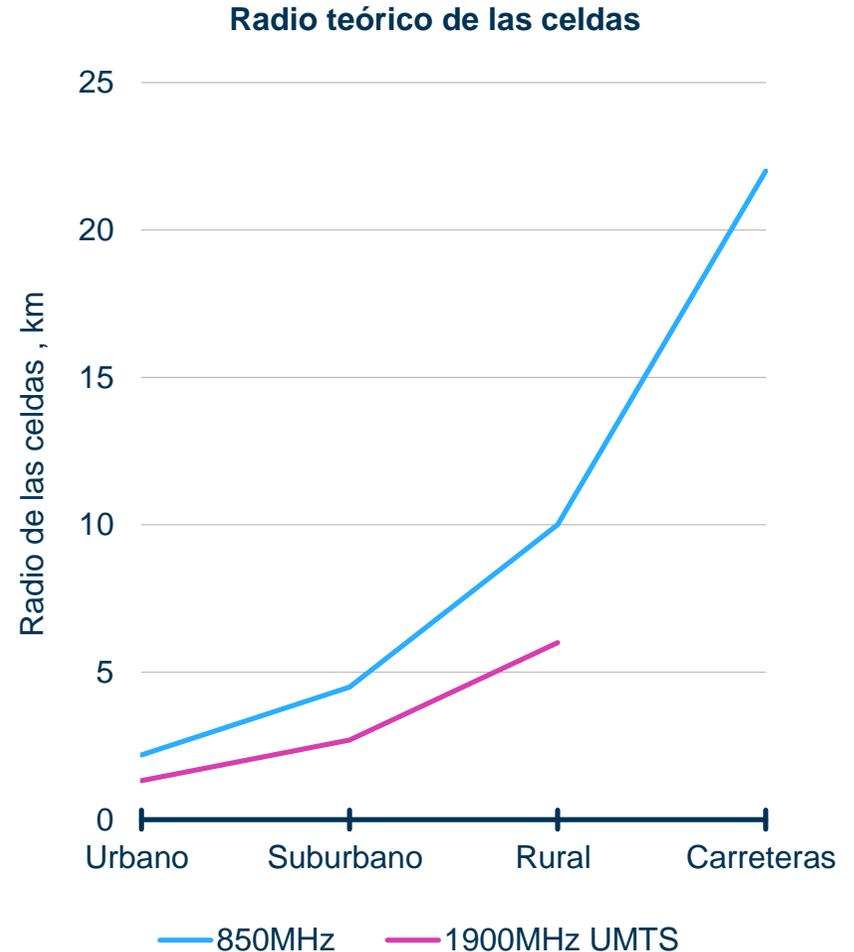
- Hemos utilizado información confidencial facilitada por los operadores para estimar el tráfico en la hora pico de voz durante el día pico (hora pico ponderada por región):
 - se asume que ninguna de las horas pico es concurrente por servicio
 - se asume que hay 250 días pico al año con un 75% de la 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 1.55 minutos (estimación de la COFETEL)
 - hay 1.5 intentos de llamada por cada llamada exitosa
- Se asume que la migración de 2G a 3G tanto de voz como de SMS se realiza al mismo ritmo que el despliegue de la red 3G entre el 2006 y el 2010, llegando a ser el 8% del volumen total de tráfico cursado en la red:
 - para el 2020 llega a ser del 25%, y se mantiene estable durante el resto del periodo modelado

Erlangs de voz en la hora pico por tecnología

Gráfica eliminada por razones de confidencialidad

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

- La red esté modelada con una combinación de GSM y UMTS, utilizando el espectro de la siguiente forma:
 - en GSM, se utiliza la banda de 850MHz para la cobertura y ambas bandas de espectro para las necesidades de tráfico
 - UMTS sólo utiliza la banda de 1900MHz ya que se tiene una mayor cantidad de espectro (40MHz) y se considera que sólo se utilizará en las zonas urbanas y suburbanas
 - las carreteras sólo están cubiertas por GSM
- El número de sitios de cobertura viene determinado por el área cubierta por cada celda:
 - ésta 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



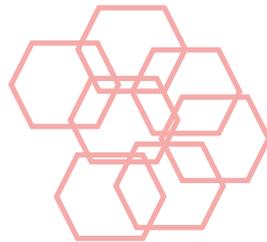
Geotipo en 850MHz	Factor de ajuste	Radio efectivo
Urbano	0.65	1.4
Suburbano	0.68	3.1
Rural	0.70	7.0

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



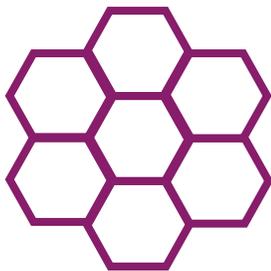
Localización subóptima de las radiobases en la realidad

- Hemos aplicado *scorched-earth coverage coefficients* (SEOCC) a:
 - la cobertura outdoor en 850MHz
 - la cobertura outdoor en 1900MHz (utilizada en UMTS)
- 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



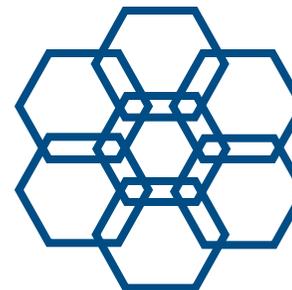
Con tráfico



Agujeros

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

Sin tráfico



Con 50% de carga



El principal esfuerzo de calibración técnica del modelo se ha realizado en torno al número de sitios de la red de acceso radio

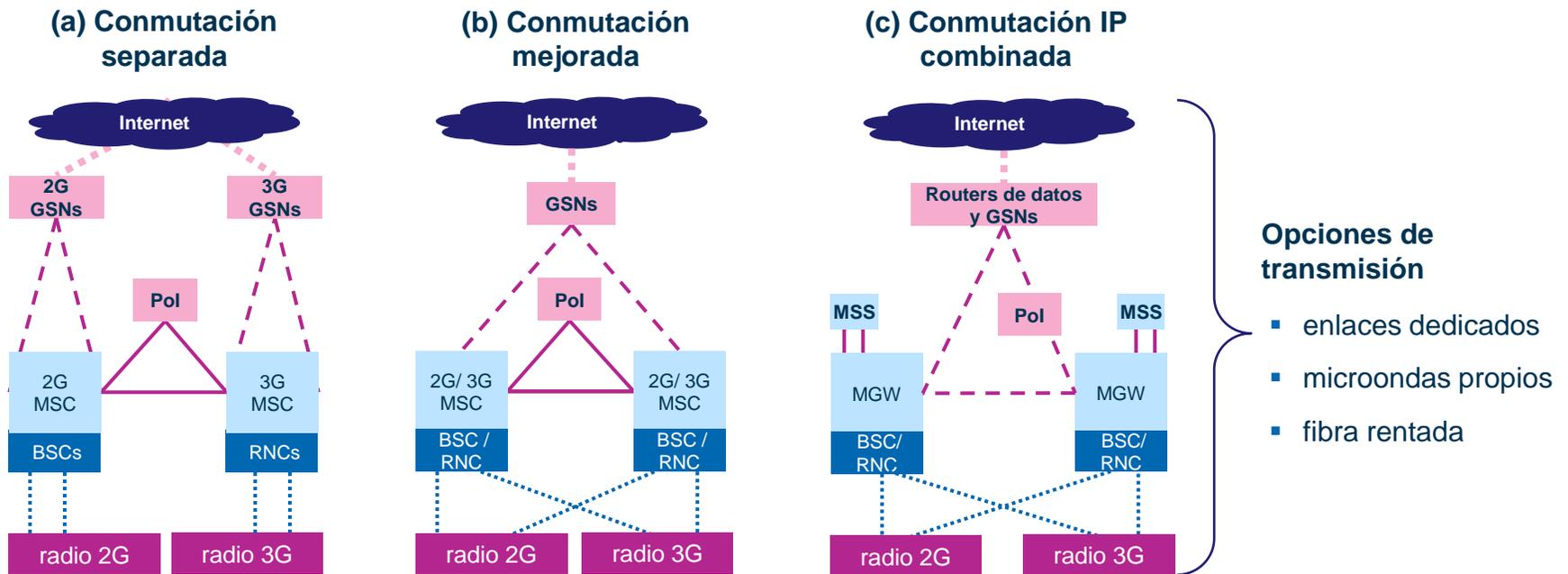
- El modelo se ha calibrado con los datos de sitios GSM de los operadores:
 - se utilizaron los datos de sitios provistos para junio del 2011 en el formato PTFC-B
- El modelo asume que la demanda de los operadores utilizados para la calibración corresponde a su cuota de mercado del total de los servicios e incluye, de forma similar al operador hipotético modelado:
 - su cuota de mercado en % del tráfico de voz
 - su cuota de mercado en % del tráfico de SMS
 - su cuota de mercado en % del tráfico de datos
- Adicionalmente, el modelo asume un nivel de cobertura de la población por parte de los operadores consistente con su cobertura real

Número de sitios GSM en 2011

Gráfica eliminada por razones de confidencialidad

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
- 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



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

Red core 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
 - los nodos regionales están conectados entre sí con anillos de fibra, con 1 nodo core conectado a cada anillo, sumando un total de 22,000 km
- Las distancias entre nodos recorrida por la fibra se ha calculado en base a 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	2G	3G	2G	3G
Urbano	70%	70%	24%	22%	6%	11%
Suburbano	70%	70%	24%	22%	6%	11%
Rural	100%	100%	0%	0%	0%	0%
Carreteras	100%	100%	0%	100%	0%	0%
Micro/interior	0%	0%	100%	100%	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 en base a 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-MSCs
 - red de *backhaul*, que une los emplazamientos radio con la red troncal principalmente mediante el uso de enlaces por microondas, pero también utilizando enlaces dedicados en sitios urbanos/suburbanos y en mucho menor medida fibra
- El número de BSCs a desplegar se calcula en base a 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 en base a 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 y el número de puertos requeridos para conectarse con los BSCs y RNCs
- Una vez determinado el número de MSCs 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
- El resto de los elementos de red se calcula en base a los requerimientos generales del sistema como pueden ser:
 - SMSC/MMSC en base a SMS/s o MMS/s y VMS/HLR/EIR/VAS en base al número de usuarios

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

El modelo refleja una desaceleración del crecimiento en el número de elementos a partir del 2021 en línea con el desarrollo de la demanda

Elemento de red	2011	2021	2051
Sitios urbanos	7 721	9 491	9 991
Otros sitios	5 731	6 184	6 304
TRX	119 738	146 828	154 004
BTS	13 612	16 160	16 835
BSC	118	144	151
Nodos B	5 999	5 999	5 999
RNCs	9	10	10
MSCS	0	0	0
MGW	30	41	43
Enlaces E1	7 099	8 766	8 966
Microondas E1 activados	22 828	25 910	26 438
IN	79	116	122
HLR	11	16	17
VMS	8	12	13
Billing	12	17	18
Plataformas VAS	79	116	122

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 9.64% para el operador fijo y 10.68% 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)

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

- Como tasa libre de riesgo se utilizó el promedio de cinco años (abril 2007 a marzo 2012) de rendimiento de los bonos del tesoro de los Estados Unidos de México a 30 años

Tasa libre de riesgo	Rendimiento
Promedio 5 años	8.20%

- Se tomo una prima de riesgo R_e para México de 5.00%
 - La fuente de esta información es Aswath Damodaran con datos de Febrero 2012
- Se identificaron **empresas comparables operando en América Latina** para calcular el resto de los parámetros

	Fijo	Móvil
Tasa libre de riesgo	8.20%	8.20%
Beta	0.67	0.79
Prima de mercado	5.00%	5.00%
Ce	16.47%	17.37%
Cd	9.68%	9.46%
Deuda	45.79%	37.16%
Capital	54.21%	62.84%
Tasa de impuestos	30.00%	30.00%
CCPP nominal antes impuestos	13.36%	14.43%
CCPP real antes impuestos	9.64%	10.68%

- Se utilizó la **tasa de impuestos** corporativa para México del **30%**

Fuentes: Banco de México y [Http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html)

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

Empresas fijas comparables

Empresa	Apalancamiento	Beta desapalancada
ETB	10.45%	0.42
Telmex	62.76%	0.06
Axtel	68.55%	0.42
Telefónica del Peru	41.39%	0.37
Promedio	45.79%	0.32

Empresas móviles comparables

Empresa	Apalancamiento	Beta desapalancada
Telefónica	70.77%	0.36
Millicom	49.92%	1.18
Telecom Argentina	1.69%	1.23
Entel	32.49%	0.28
América Móvil	57.80%	0.34
Telefonica Brasil	10.27%	0.26
Promedio	37.16%	0.61

Diapositiva eliminada por razones de confidencialidad

Contenidos

Introducción

Conceptos utilizados en el desarrollo de los modelos

Modelo de mercado

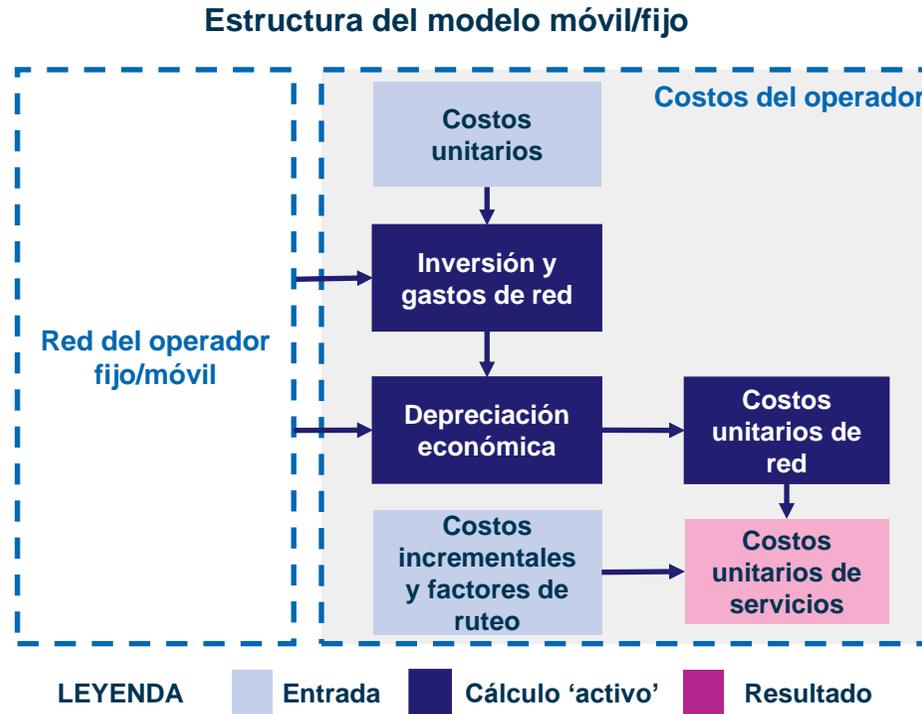
Modelo fijo – diseño

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 en base a 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 en base a entradas anuales de opex. Hemos estimado estos datos en base a información facilitada por la COFETEL y los operadores mexicanos

Modelo móvil

- El capex es el costo de comprar el equipo, en base a 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, puertos, SMSC
6 meses	MSAN, IN, VMS, BRAS, RADIUS, DNS	Sitios interiores, VMS, HLR, AUC, EIR
9 meses	MSPP, STM-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	BSCs, RNCs, MSCSs, MGW
1 año	Emplazamientos, transmisión de cable – zanja, poste, cables de fibra	Sitios de conmutación core, zanjas, cables de fibra

Las tendencias de costo 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 en base a 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	-4.0%
NodoB	-4.0%
CK_y_portadoras	-5.0%
Equipo_transmisión	-5.0%
Switches	-5.0%
Switch_software	0.0%
Servidores_datos_RNC_BSC	-5.0%
Real_plano	0.0%
2G_TRX	-5.0%

- 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 que comparativas internacionales

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

Vidas útiles para los equipos en el modelo fijo

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, channel kits, fibra de backhaul, enlaces dedicados, MSC, MSS, MGW
15	Sitios macro de terceros, licencias de espectro
20	Sitios macro propios, sitios de conmutación, cables de fibra
40	Obra civil

Vidas útiles para los equipos en el modelo móvil

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

Aplicamos la depreciación económica a los costos del modelo

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

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

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

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

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:

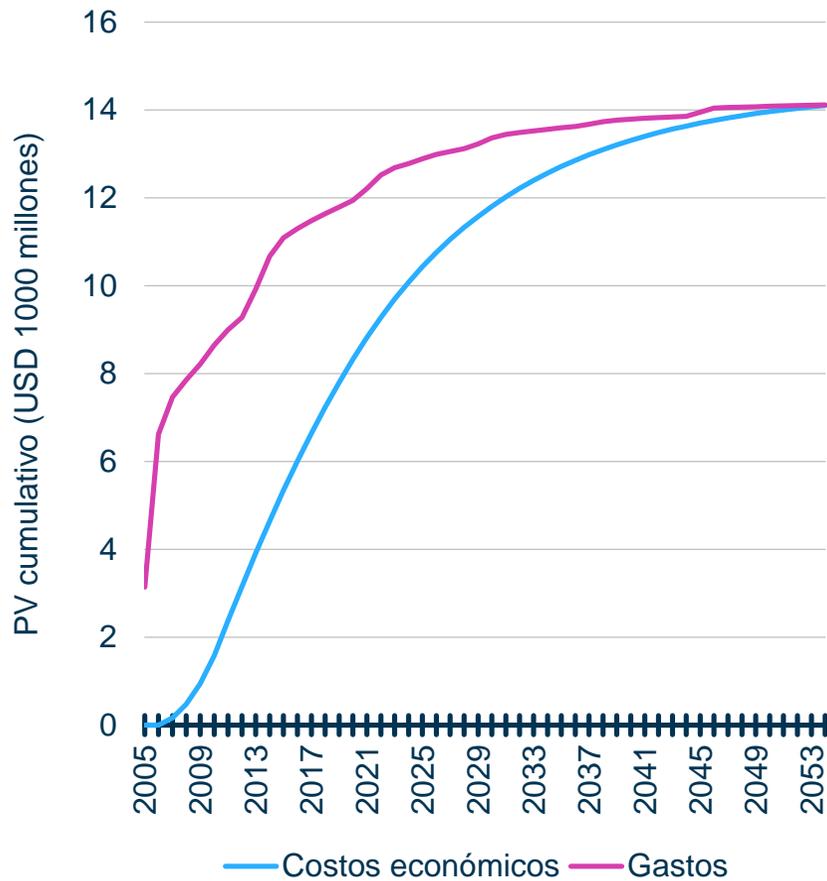
$$\text{Precio unitario año 0} \times VA (\text{Tendencias costos de equipos} \times \text{Producción}) = VA (\text{capex} + \text{opex})$$

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

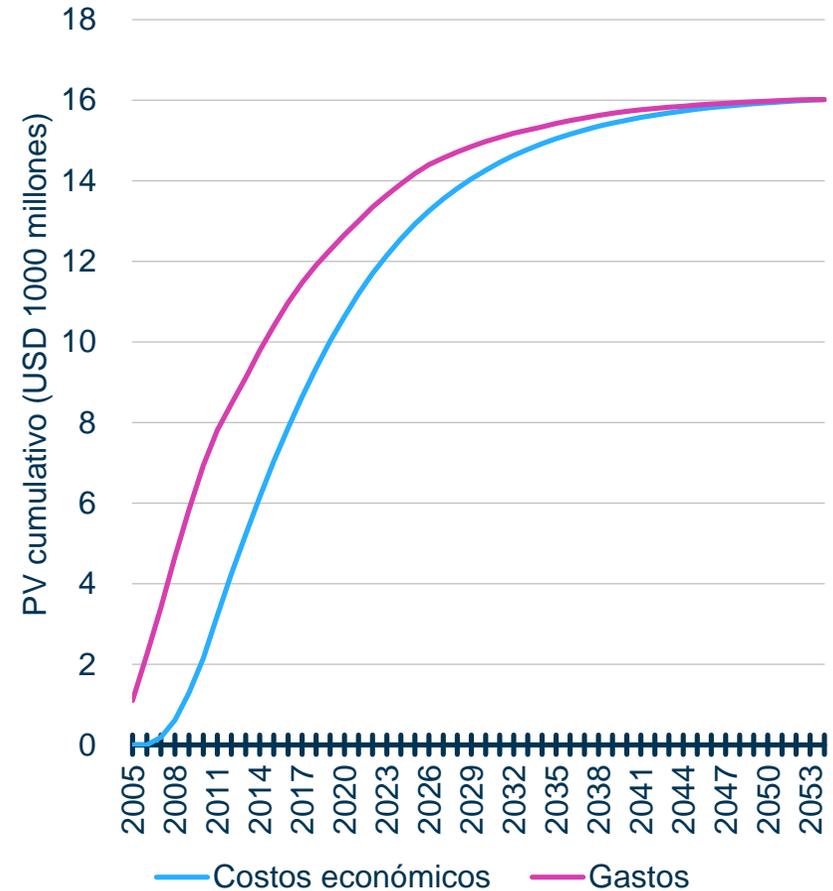
Costo unitario calculado para cada elemento de red por el modelo

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



La metodología *BU-LRAIC plus* 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, licencia, 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

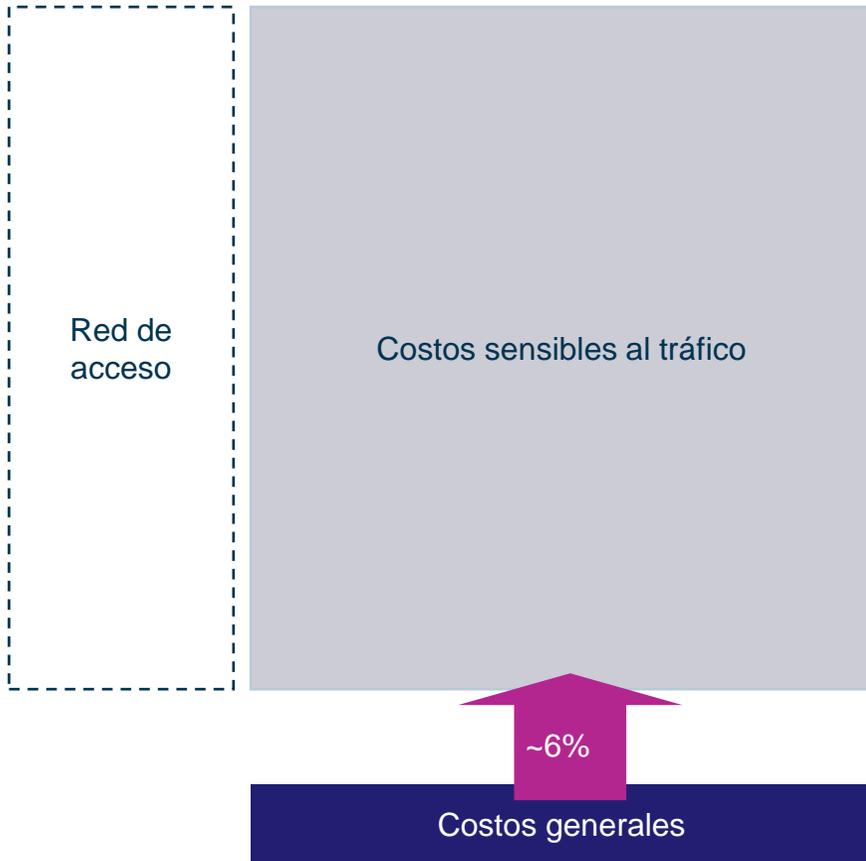
- La metodología *BU-LRAIC plus* es consistente con los procesos regulatorios que se han llevado a cabo en Europa y otras partes del mundo para la definición de los precios de interconexión
- Los costos incrementales promedio de tráfico se definen de forma agregada, y se asignan a varios servicios de 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 para los dos tipos de operador

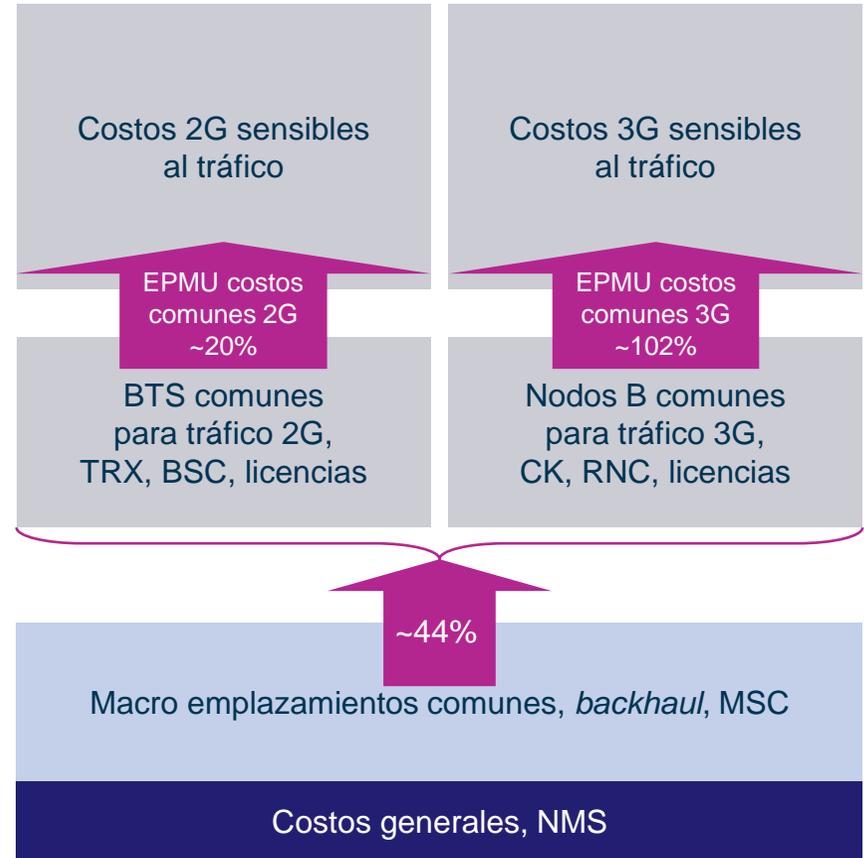
- Se estima que para el operador fijo los costos que son comunes al tráfico y a los suscriptores (la red de acceso fija) son los costos generales
- Todos los otros costos medios incrementales se asignan en base a los factores de enrutamiento para los diferentes servicios de tráfico
- Para el operador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

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

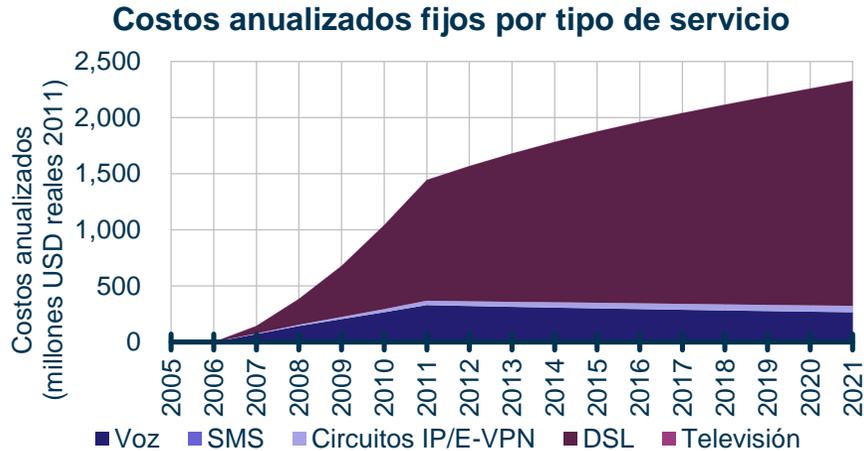
Estructura de costos comunes en el operador fijo



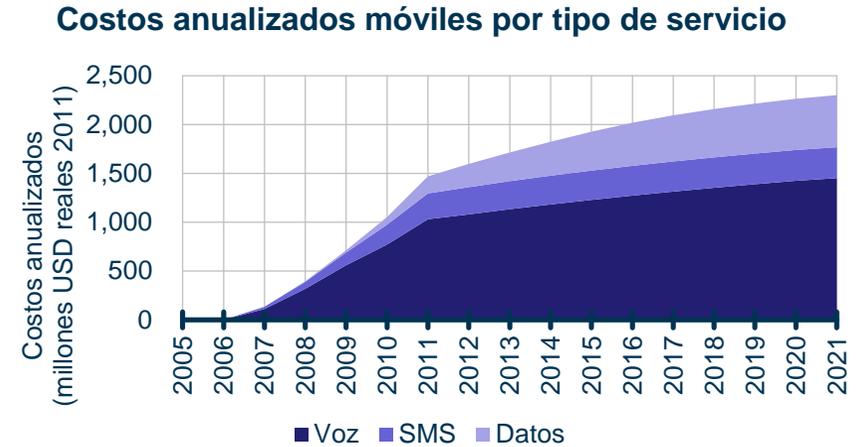
Estructura de costos comunes en el operador móvil



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



Excluye interconexión, red de acceso y tarjetas de acceso



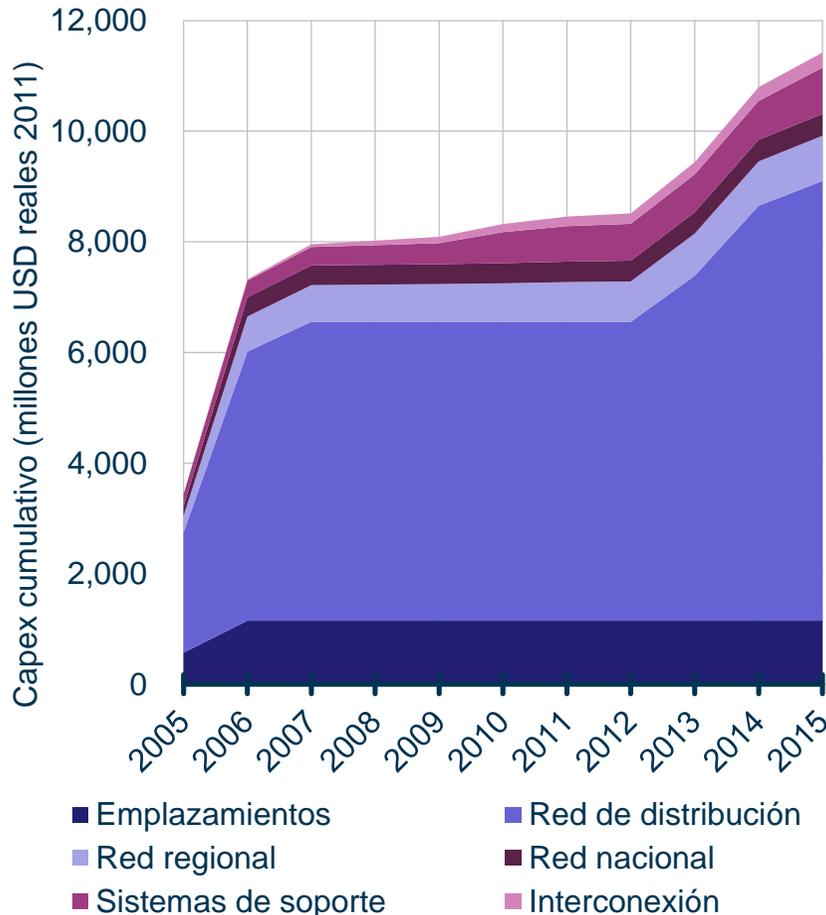
Excluye interconexión

- En el cálculo de depreciación económica fija, los costos son anualizados en el tiempo en base a 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

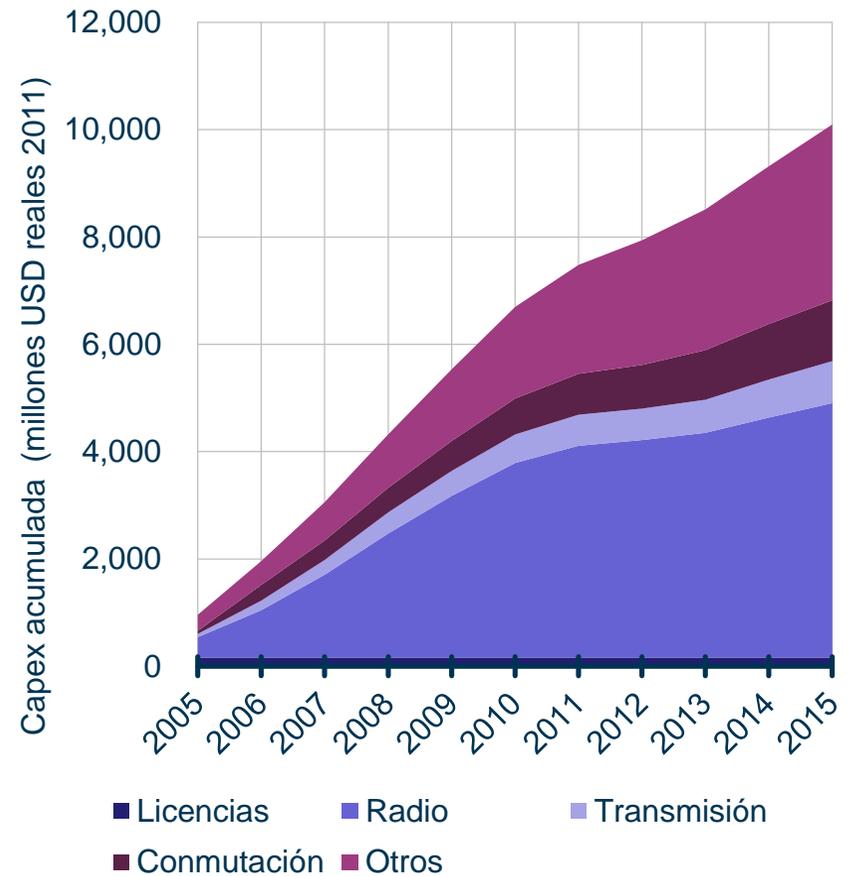
- En el cálculo de depreciación económica móvil, los costos son también anualizados en el tiempo en base a la carga de tráfico
- 1Mbit/s de tráfico HSPA en la interfaz aérea es equivalente a 1.45 minutos de tráfico de voz, debido al mayor ritmo de codificado (16QAM) de HSDPA y a la ausencia de *soft-handover*

Las inversiones alcanzan un total de USD11 717 millones para el modelo fijo, y de USD7 281 millones para el modelo móvil en 2015

Costos de capex acumulados del modelo fijo (2005–2015)

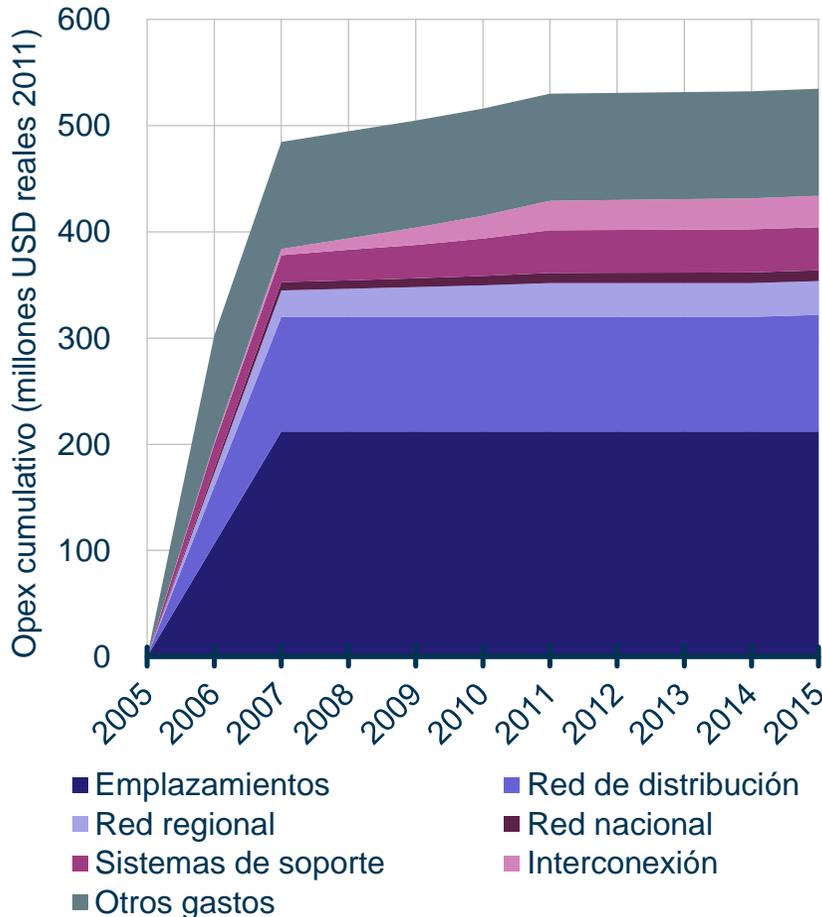


Costos de capex acumulados del modelo móvil (2005–2015)

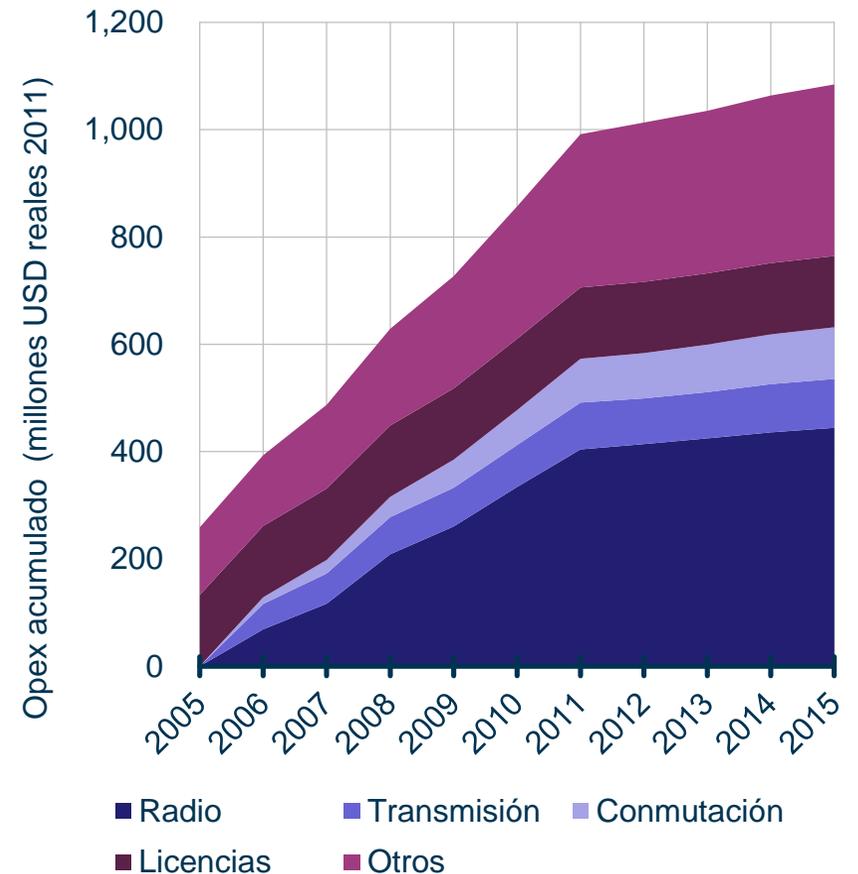


Los emplazamientos son el principal gasto en opex de los operadores fijos, y el acceso radio el de los operadores móviles

Costos de opex del modelo fijo (2005–2015)



Costos de opex del modelo móvil (2005–2015)



Datos de contacto

Joan Obradors

Partner

joan.obradors@analysismason.com

Ignacio Gómez Vinagre

Senior Manager

ignacio.gomez.vinagre@analysismason.com

Tom Allegaert

Manager

tom.allegaert@analysismason.com

Guillermo Fernández Castellanos

Lead Consultant

guillermo.fernandez@analysismason.com

Cambridge

Tel: +44 (0)845 600 5244

Fax: +44 (0)1223 460866

cambridge@analysismason.com

Dubai

Tel: +971 (0)4 446 7473

Fax: +971 (0)4 446 9827

dubai@analysismason.com

Dublin

Tel: +353 (0)1 602 4755

Fax: +353 (0)1 602 4777

dublin@analysismason.com

Edinburgh

Tel: +44 (0)845 600 5244

Fax: +44 (0)131 443 9944

edinburgh@analysismason.com

London

Tel: +44 (0)845 600 5244

Fax: +44 (0)20 7395 9001

london@analysismason.com

Madrid

Tel: +34 91 399 5016

Fax: +34 91 451 8071

madrid@analysismason.com

Manchester

Tel: +44 (0)845 600 5244

Fax: +44 (0)161 877 7810

manchester@analysismason.com

Milan

Tel: +39 02 76 31 88 34

Fax: +39 02 36 50 45 50

milan@analysismason.com

New Delhi

Tel: +91 11 4700 3100

Fax: +91 11 4700 3102

newdelhi@analysismason.com

Paris

Tel: +33 (0)1 72 71 96 96

Fax: +33 (0)1 72 71 96 97

paris@analysismason.com

Singapore

Tel: +65 6493 6038

Fax: +65 6720 6038

singapore@analysismason.com

Washington DC

Tel: +1 202 331 3080

Fax: +1 202 331 3083

washingtondc@analysismason.com