

**OPCIONES  
REGULATORIAS PARA  
EL USO ÓPTIMO DE LA  
BANDA DE 700 MHZ  
EN MÉXICO**

Comisión Federal de Telecomunicaciones

**Estudio  
Mayo 2013**

## Contenido

1 Contexto: un momento único para México	4
2 Objetivos	5
3 Definición del escenario	6
4 Enfoque para la evaluación de escenarios	7
4.1 Modelo de demanda móvil	7
4.2 Modelo de oferta	10
5 Evaluación de escenarios	15
5.1 Acceso	15
5.2 Asequibilidad	15
5.3 Bienestar público	18
5.4. Evaluación de ventajas y desventajas financieras	19
5.5 Incertidumbres	20
5.5.1 Definición de los casos extremos para modelar incertidumbres específicas	22
5.5.2 Evaluación de los casos extremos	24
5.5.3 Resumen de los Casos Base y Extremos de SMP y de mayorista	32
6 Propiedad	35
7 Conclusiones	37
APÉNDICE	39
1.1 Análisis detallado de requisitos de cobertura [Escenarios].	39
1.1.1 – Descripción detallada del modelo de cobertura	40
1.1.1.1 Mapa de México: regiones de telecomunicaciones	40
1.2.1.2 Datos del Censo 2010 del INEGI	41
1.2.1.3 Mapa de uso del terreno para fines de radiopropagación en México	41

1.2.1.4 Metas de cobertura	45
1.2.1.5 Polígonos	46
1.2.1.6 Círculos	48
1.2.1.7 Planificación de Redes de Radiocomunicaciones (PRR)	52
1.2 Costos de construcción, con la cobertura necesaria y explotación constante [modelo de construcción/explotación]	53

## 1 Contexto: un momento único para México

Éste es un momento único para el mercado de las telecomunicaciones inalámbricas de México. Cuatro cambios podrían acelerar rápidamente la penetración y el uso de la telefonía móvil:

- *Cambio #1: La transición desde los servicios móviles de voz a los de datos móviles acaba de empezar. Los analistas estiman que el consumo de datos móviles creció a un ritmo del 200-300% entre 2010 y 2011 en México. Durante los próximos 10 años, el consumo continuará creciendo drásticamente.*
- *Cambio #2: El precio medio sin subvencionar de un “smartphone” en América Latina se sitúa hoy alrededor de los \$280-\$300. Sin embargo, según Strategy Analytics, en 2016, más de una cuarta parte de los “smartphones” tendrá un precio al mayoreo por debajo de los \$100, de manera que mejorará radicalmente la asequibilidad. Esto permitirá un mayor crecimiento de los servicios de datos móviles.*
- *Cambio #3: El despliegue a escala de las redes de nueva generación LTE<sup>1</sup> (también llamadas redes 4G) reducirá significativamente el costo de la prestación del servicio de banda ancha móvil (medida en GB) mientras que mejorará la calidad del servicio (por ejemplo, velocidad y latencia).*
- *Cambio #4: Debido a la transición de la televisión analógica a la digital en México, estará disponible un amplio bloque de espectro en la banda de 700 MHz para el uso en redes móviles. Este espectro tiene la clara ventaja de proporcionar un radio mayor de célula (por ejemplo, 3 a 4 veces el área de cobertura de 2.6 GHz) y de requerir significativamente menos sitios para cubrir un área dada. Como consecuencia, el espectro de 700 MHz mejora de manera importante los aspectos económicos de prestación del servicio y dará como resultado una mayor capacidad inalámbrica.*

Estas tendencias aumentarán el acceso y la asequibilidad de los servicios inalámbricos en México. Como consecuencia, se prevé además una mejora global de bienestar público, impulsada desde el sector de las TIC y las telecomunicaciones (caracterizada por un incremento en el PIB, mayor creación de empleo y el aumento de un excedente del consumidor). La pregunta para las autoridades es cómo hacer un mejor uso de los activos clave, como el espectro de 700 MHz, para sostener este “momento único” y para optimizar el bienestar público general.

---

<sup>1</sup> “Long Term Evolution” (LTE) es la tecnología adoptada en la mayoría de las redes inalámbricas de nueva generación del mundo.

## 2 Objetivos

En este contexto, este estudio se enfocó en evaluar diferentes escenarios para el uso del espectro de 700 MHz con el objetivo de identificar las ventajas y desventajas de las alternativas que mejor (a) proporcionan el acceso a un servicio inalámbrico de calidad e (b) incrementan la asequibilidad del servicio, considerando los riesgos potenciales.

Es importante señalar que:

- Este trabajo se centra en generar una base fáctica con respecto a las ventajas e inconvenientes relativos entre diferentes alternativas. Este trabajo no hace una recomendación de política pública.
- Este estudio se enfocó en la evaluación de escenarios para hacer uso de la banda de 700 MHz en aras de construir una red de datos inalámbrica nacional. Los elementos de la red que estaban al alcance eran el “core”, “backbone”, “backhaul” (desde la RAN al “backbone”)<sup>2</sup>, RAN (red inalámbrica de acceso, según sus siglas en inglés, que incluye torres, estaciones base, antenas, etc.), G&A y OSS/BSS (por ejemplo, sistemas de facturación) de dicha red. A través de estos elementos, se estimó la inversión (CAPEX) y el perfil de gastos operativos (OpEx) de la red por año.
- Para evaluar los escenarios, se proyectó el perfil de demanda inalámbrica y la red y capacidad resultante necesaria para cada escenario. Después, se hicieron estimaciones financieras para poder suministrar esa capacidad tanto en los núcleos urbanos como rurales, primeramente para cubrir 85% de la población y posteriormente para alcanzar una cobertura del 98%.
- Adicionalmente, se estudiaron las opciones de titularidad del espectro — privada, pública, asociación público-privada (PPP) — disponibles para entender la flexibilidad relativa que ofrece cada una.
- Éste es el resultado de un estudio preliminar el cual se enfocó en analizar objetivamente los escenarios potenciales. Por lo tanto, no todos los análisis (p. ej., estados financieros prospectivos, estructura legal, modelo de gobernanza, etc.), que serán abordados en detalle en estudios posteriores, están finalizados.

---

<sup>2</sup> Este trabajo supone que la fibra troncal planeada sobre la red de CFE será construida y la empresa mayorista en la banda de 700 MHz podrá rentar capacidad de ella de acuerdo a sus necesidades.

### 3 Definición del escenario

Para identificar las ventajas e inconvenientes entre los enfoques alternativos para hacer uso del espectro de 700 MHz con el fin de proporcionar servicios de datos móviles, se identificaron y evaluaron dos conjuntos distintos de escenarios:

1. *Subasta al mercado privado (SMP)*: En este escenario, el gobierno llevaría a cabo una subasta o un concurso (“beauty contest”) para el espectro de 700 MHz y dejaría a las fuerzas del mercado actuar libremente en el contexto de la actual (y futura) estructura legal y de mercado.
2. *Mayorista*: En este escenario, el gobierno haría uso del espectro de 700 MHz para crear un nuevo ente mayorista, promovido por el gobierno<sup>3</sup>, que desplegaría una red inalámbrica nacional y proporcionaría acceso de manera no discriminatoria a los proveedores inalámbricos minoristas.

Nótese que la SMP y la opción mayorista representan los dos escenarios más amplios que han sido evaluados. Sin embargo, fueron analizadas algunas variaciones alrededor de cada uno de estos escenarios para construir una base fáctica más robusta. Estas variaciones incluyeron opciones de diseño e incertidumbres, tales como la calidad de servicio (velocidad en el borde de la célula) y la cantidad de espectro concesionado a los diferentes actores en cada escenario.

---

<sup>3</sup> La promoción por parte del gobierno podría adoptar la forma de subvenciones convencionales del sector público a un participante del sector privado para crear una red mayorista abierta, u optar por un mayor involucramiento, por ejemplo, creando una asociación público privada (a la que se hará referencia más adelante en el texto).

## 4 Enfoque para la evaluación de escenarios

Se construyeron marcos y herramientas analíticas específicas para ayudar a evaluar las ventajas e desventajas relativas de los escenarios. Entre estas herramientas, se incluye un modelo de proyección de demanda móvil y un modelo económico de suministro de la red.

### 4.1 Modelo de demanda móvil

Existen varias proyecciones para el crecimiento de la demanda móvil, pero no contienen el detalle necesario y el período pronosticado es demasiado corto como para ser utilizadas el presente análisis. Por esta razón, se desarrolló un modelo de demanda que pudiera abordar estas limitaciones. A continuación, se resaltan algunos aspectos del modelo de demanda que ayudan a abordar estas limitaciones (véase el GRÁFICO 1: PERSPECTIVA GENERAL DEL ENFOQUE PARA SEGMENTAR LA DEMANDA).

- Permite proyectar la demanda 3G y 4G móvil para el mercado mexicano en 2023 por tipo de dispositivo (incluidos “smartphones”, “tablets” o tabletas, tarjetas de datos, aparatos inalámbricos fijos y M2M)
- Permite proyectar la demanda por grupos de ingreso, geografía y morfología<sup>4</sup> (por ejemplo, demanda en áreas rurales frente a las urbanas)<sup>5</sup>
- Permite estimar cambios potenciales de demanda basados en la ampliación de la cobertura o en los cambios de precio (basados en estimaciones de la elasticidad del precio de la demanda)
- Permite realizar análisis de sensibilidad y de escenarios hipotéticos (dada la dificultad inherente de prever con precisión la demanda móvil en un periodo superior a 10 años)

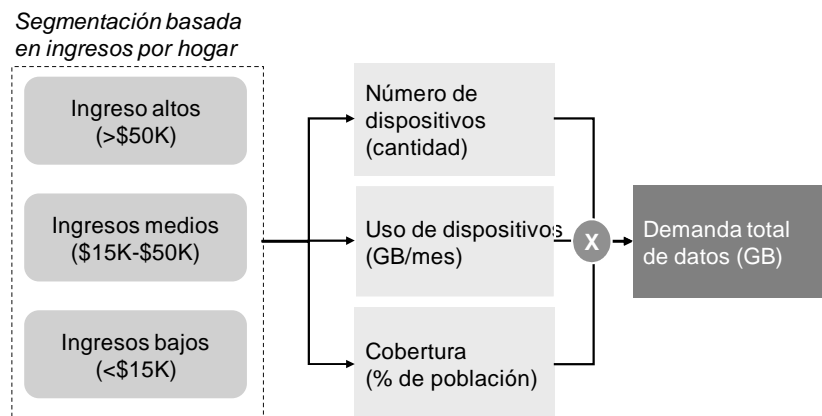
---

<sup>4</sup> La morfología se refiere a áreas de densidad de población variada, por ejemplo: urbana densa, urbana, suburbana y rural.

<sup>5</sup> Es conveniente contar con una visión específica de la geografía de la demanda para diseñar un plan de oferta mucho más preciso. Por ejemplo, una única imagen de la demanda nacional no ayuda a determinar dónde es necesario desplegar más capacidad e infraestructura inalámbrica (en zonas rurales o urbanas) ni en qué áreas rurales o urbanas.

## Opciones Regulatorias para el Uso Óptimo de la Banda de 700 MHz en México

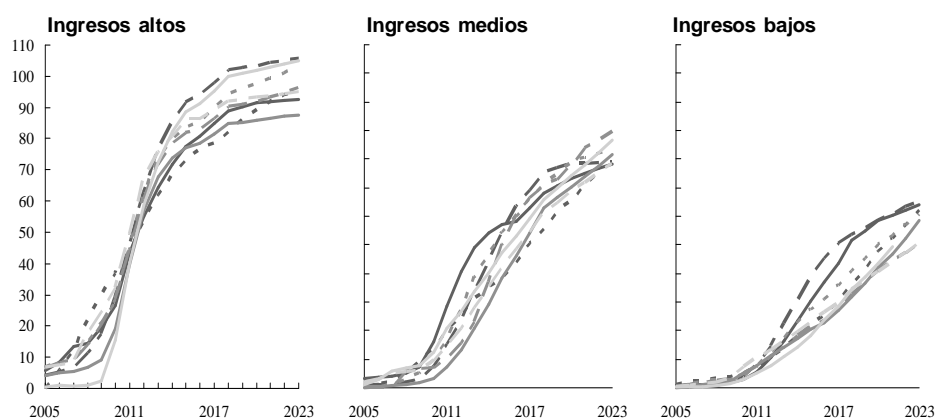
GRÁFICO 1: PERSPECTIVA GENERAL DEL ENFOQUE PARA SEGMENTAR LA DEMANDA. PARA CADA GRUPO, SE ESTIMÓ LA PENETRACIÓN DE DISPOSITIVOS SU USO



Nota: La cobertura del mercado se prioriza en función de los ingresos por hogar y la población

Como ejemplo, se evaluaron tasas de penetración históricas de “smartphones” en países de ingresos similares (dividiendo el conjunto de países en grupos de ingresos altos, medios y bajos). Posteriormente se proyectaron esas tasas de penetración a 2023 para cada grupo de países. Después se aplicó esa perspectiva a la demanda en México para los grupos de ingresos altos, medios y bajos (a la vez que se normalizaba con otros factores como la madurez del mercado). La cifra inferior muestra las diferencias en la adopción histórica y proyectada de “smartphones” por grupo de países de ingresos similares. Adicionalmente, después de la proyección basada en la penetración actual y de la normalización, se compararon las previsiones con la experiencia de otros países.

GRÁFICO 2: EL MODELO DE LA DEMANDA EXAMINA MERCADOS SIMILARES PARA ESTIMAR DIFERENCIAS EN LA ADOPCIÓN POR PARTE DE LOS DIVERSOS GRUPOS DE INGRESO EN MÉXICO; CADA CURVA REPRESENTA UN PAÍS EN EL GRUPO DE INGRESOS SIMILARES



Las principales conclusiones del modelo de demanda móvil son las siguientes:



## *Opciones Regulatorias para el Uso Óptimo de la Banda de 700 MHz en México*

---

- Incluso en el caso, base la demanda por dispositivos móviles global crece a una tasa de 44% al año durante los próximos 10 años (véase GRÁFICO 3: AUMENTO DE LA DEMANDA DE TRÁFICO CELULAR TOTAL (3G y 4G) EN MÉXICO).
- Esto representa un incremento de 20 veces en el consumo de datos de “smartphone” por usuario durante el mismo periodo (desde una estimación de 300 MB por usuario hoy hasta 1.5-2GB por usuario en 2017 y a 4-5 GB por usuario en 2023).<sup>6</sup>
- Se espera que la demanda de 4G crezca incluso más rápido, desde un 0% de la demanda total en 2014 hasta más del 90% de la demanda móvil en 2023<sup>4</sup> (véase GRÁFICO 4: MIGRACIÓN DE LA DEMANDA (3G A 4G) EN LOS PRÓXIMOS 10 AÑOS).
- Los “smartphones” continuarán siendo los impulsores principales de demanda móvil (56% de la demanda en 2023).
- La demanda en zonas<sup>7</sup> rurales supondrá alrededor de ~3% de la demanda total en 2023, suponiendo la misma cobertura que la actual (alrededor del 85% de la población). Ampliando la cobertura al 98% de la población, la demanda rural total puede incrementar un 55%, hasta alrededor del ~4-5% de la demanda total.
- Tomando como base estimaciones de la elasticidad de precio, cada bajada de precio gradual de un 10% podría potencialmente dar lugar a un aumento de usuarios del 4% y a un incremento del 11% en el uso por usuario.<sup>8</sup>

---

<sup>6</sup> MB = megabyte, GB = gigabyte, 1 GB = 1,000 MB; los números representan el uso total de datos en “smartphones” (antes de descargar a WiFi y otras redes)

<sup>7</sup> La población rural se identifica creando un mapa de grupos que delinea los distintos terrenos y densidades de población.

<sup>8</sup> Elasticidad del precio de la demanda estimada en -0.4 por adopción y -1,07 por uso.

GRÁFICO 3: AUMENTO DE LA DEMANDA DE TRÁFICO CELULAR TOTAL (3G Y 4G) EN MÉXICO EN PETABYTES POR MES

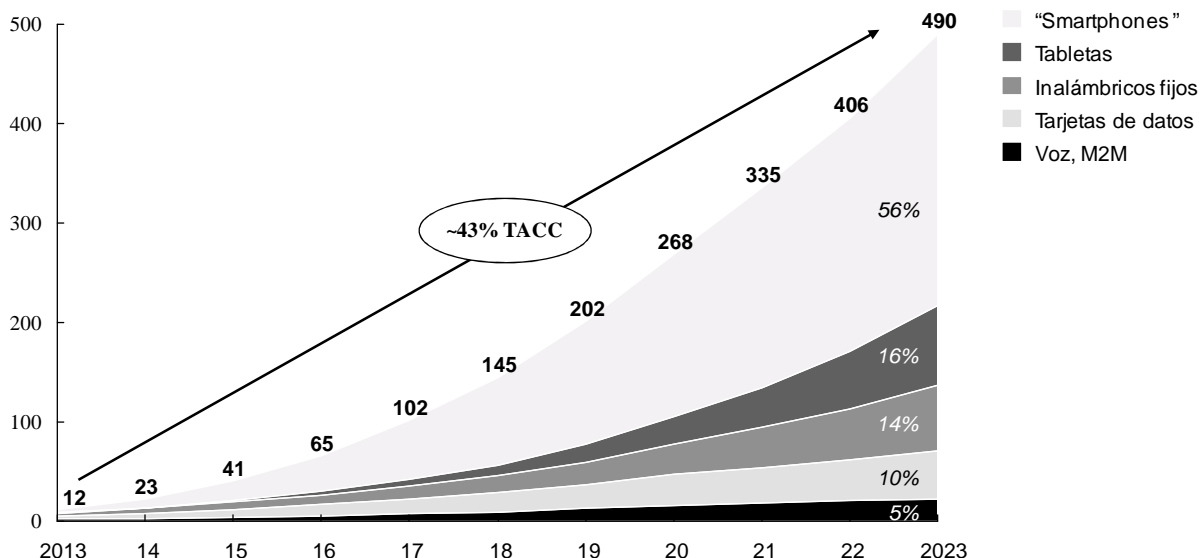
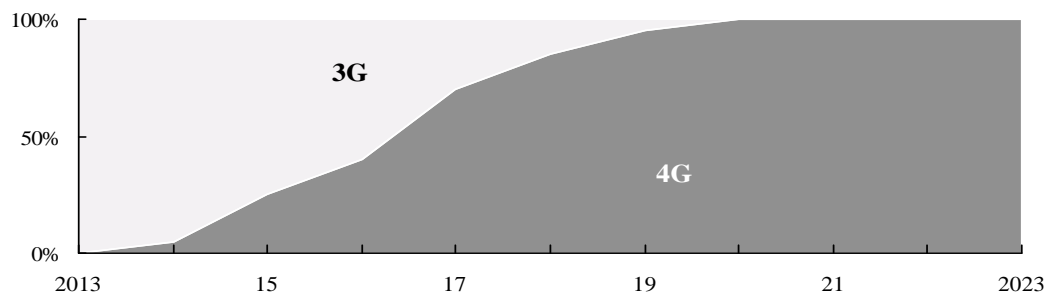


GRÁFICO 4: MIGRACIÓN DE LA DEMANDA (3G A 4G) EN LOS PRÓXIMOS 10 AÑOS



## 4.2 Modelo de oferta<sup>9</sup>

Es necesario desarrollar un modelo de oferta para valorar qué infraestructura se requiere y cuáles son los costos asociados a (a) la oferta de *cobertura* inalámbrica para un área determinada, y (b) la oferta de la capacidad inalámbrica necesaria para atender una determinada cantidad de demanda móvil.

Para que nos sea posible estimar los aspectos económicos asociados a la oferta para escenarios de subasta de mercado privada y de mayorista, el modelo de oferta global:

- Incluye los componentes clave de costos de la red, incluidos CAPEX y OpEx a nivel de detalle: “core”, “backbone”, “backhaul”, RAN, G&A y OSS/BSS (véase GRÁFICO 5: EL MODELO DE OFERTA

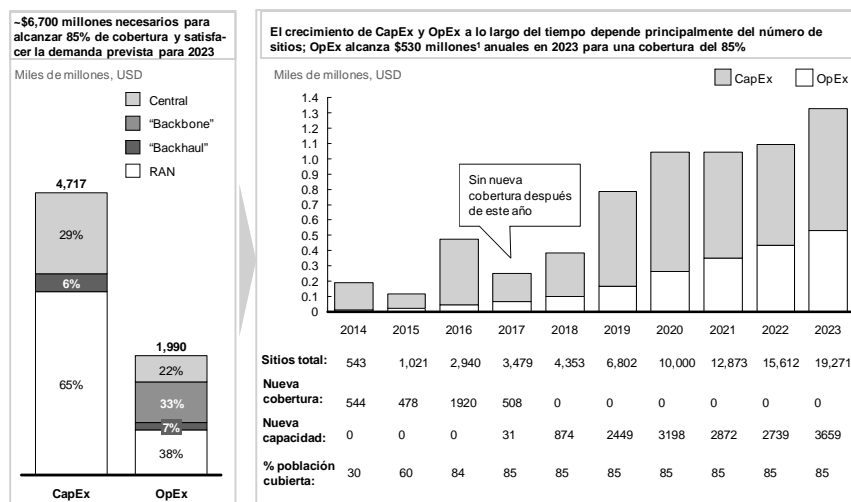
<sup>9</sup> Véase el apéndice técnico para detalles adicionales en el modelo de oferta, Todas las estimaciones financieras están expresadas en USD.

## Opciones Regulatorias para el Uso Óptimo de la Banda de 700 MHz en México

ESTIMA EL CAPEX Y EL OPEX DE LA RED A NIVEL DETALLADO DURANTE LOS PRÓXIMOS 10 AÑOS (ILUSTRATIVO)

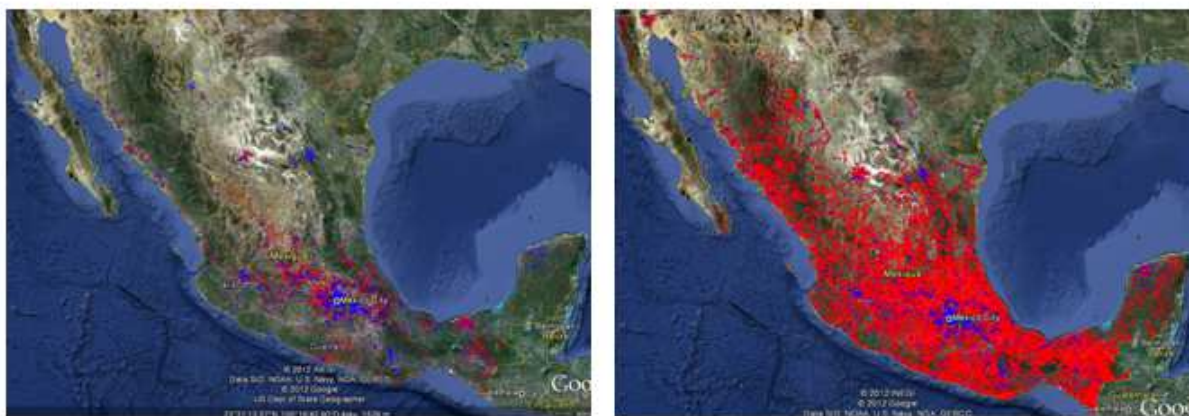
- Estima la oferta basada en diferentes entradas del modelo de demanda. Esto permitió realizar pruebas de sensibilidad de la cobertura y la capacidad de la red necesarias para un variedad de escenarios de demanda (por ejemplo, un incremento de 100% en la demanda)
- Incluye un modelo (“greenfield”) o considerando la existencia de infraestructura (“brownfield”). Este modelo se basó en un proceso de refinamiento iterativo incluyendo información obtenida de un ejercicio de planificación de red de radio (RNP) para modelar el diseño y los costos asociados a la construcción de una red inalámbrica específicamente para México (véase GRÁFICO 6: EJEMPLO DE RESULTADOS DE UN EJERCICIO DE PLANEACIÓN DE RED DE RADIO (COBERTURA DE POBLACIÓN DEL 84% FRENTE A LA COBERTURA DEL 98%)).
- Permite ejecutar análisis de sensibilidad para las principales variables, dadas las dificultades de crear una visión precisa de costos de oferta durante un periodo de 10 años.
- También incluye un modelo “de afuera hacia adentro” utilizado para desarrollar perspectivas sobre la capacidad y los planes económicos de los otras empresas basados en estimaciones de “afuera hacia dentro” de su infraestructura existente, de espectro y del perfil de demanda.

GRÁFICO 5: EL MODELO DE OFERTA ESTIMA EL CAPEX Y EL OPEX DE LA RED A NIVEL DETALLADO DURANTE LOS PRÓXIMOS 10 AÑOS (ILUSTRATIVO)



<sup>1</sup> No incluye costos SG&A y OSS/BSS

GRÁFICO 6: EJEMPLO DE RESULTADOS DE UN EJERCICIO DE PLANEACIÓN DE RED DE RADIO (COBERTURA DE POBLACIÓN DEL 84% FRENTE A LA COBERTURA DEL 98%)



Las principales conclusiones del modelo de oferta incluyen:

- Contar con cobertura (acceso) para el 98% de la población en México utilizando la banda de 700 MHz requiere aproximadamente 8,200 sitios.
- Para una cobertura del 85% de la población, son necesarias alrededor de 3,450 instalaciones. Sin embargo, se necesitan 4,700 instalaciones adicionales para proporcionar cobertura para el 13% adicional (para llegar a 98%) de la población que vive en las áreas más rurales y con menos densidad de población (véase GRÁFICO 7: SITIOS NECESARIOS UTILIZANDO LA BANDA DE 700 MHz PARA DAR COBERTURA A DIFERENTES PORCENTAJES DE LA POBLACIÓN MEXICANA<sup>10</sup>).
- La inversión (CAPEX) requerida para desplegar estos sitios de cobertura se estima en \$1,970 millones.
- Por lo tanto, bajo estos supuestos, los costos de llevar la cobertura del 85% al 98% de la población tiene un costo cuatro veces mayor que la cobertura para el 85%, con base en el costo por GB.<sup>11</sup>
- La cuota de mercado es relevante. Dada la naturaleza de altos costos fijos de las redes inalámbricas, los costos por unidad entregada de datos (medidos en \$/GB) son muy sensibles a la utilización de la red. Así, cuotas de mercado mayores llevarán a una mayor utilización y por lo tanto a menores costos unitarios para los operadores inalámbricos.
- El espectro importa aún más (véase GRÁFICO 8: DIFERENCIAS EN EL COSTO POR GB PARA DIFERENTES CUOTAS DE MERCADO Y DE ESPECTRO). Básicamente, la capacidad total de una red está determinada por la capacidad por radiobase y por el número de radiobases en la red. Con más

<sup>10</sup> Suponiendo 256 kbps en el límite de la célula para zonas rurales y 512 kbps en el límite de célula en zonas urbano, basado en la velocidad mínima esperada en estas áreas.

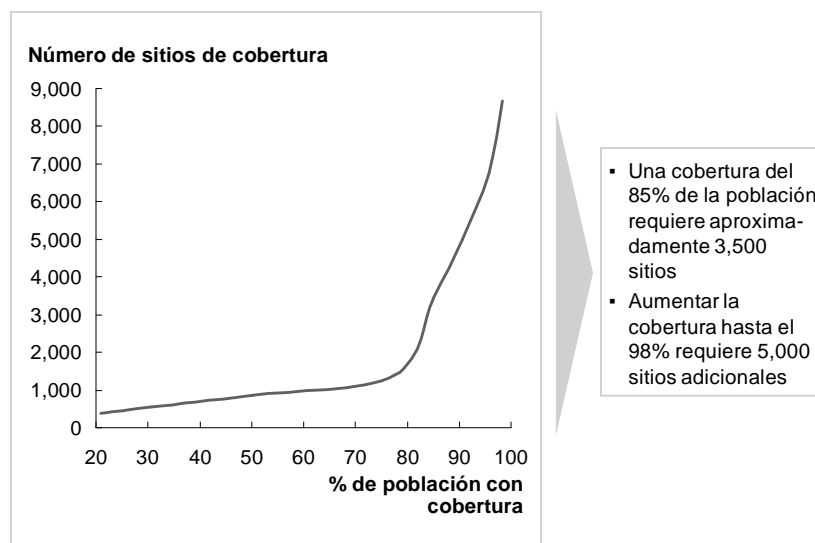
<sup>11</sup> Comparando \$/GB para 0-85% de la población frente a 85-98% de la población en 2023.

## Opciones Regulatorias para el Uso Óptimo de la Banda de 700 MHz en México

espectro, los operadores pueden, en igualdad de condiciones, desplegar menos sitios y conseguir así ahorros significativos de CAPEX y de OpEx. Esto tiene dos implicaciones:

- Primero, en entornos de capacidad limitada (por ejemplo, México alrededor de 2023), los operadores con mayor espectro deberán conseguir los costos más bajos para la prestación del servicio.
- En segundo lugar, al estudiar cómo hacer uso del espectro de 700 MHz, se debe considerar que, en igualdad de condiciones, desplegando una red con más espectro en la banda de 700 MHz podría dar lugar a un uso mucho más eficiente del espectro frente a un despliegue con menos espectro<sup>12</sup> (pudiendo resultar en un costo en dólares por GB 35 a 40% menor). Tercero, aunque existen beneficios relacionados con la agregación de la banda de 700 MHz tal y como se ha explicado en el párrafo anterior, se debe entender el impacto que esto podrá tener en la red de las empresas existentes y en los costos medios en la totalidad del mercado (es decir, no sólo estimar los costos relacionados con una nueva red mayorista).

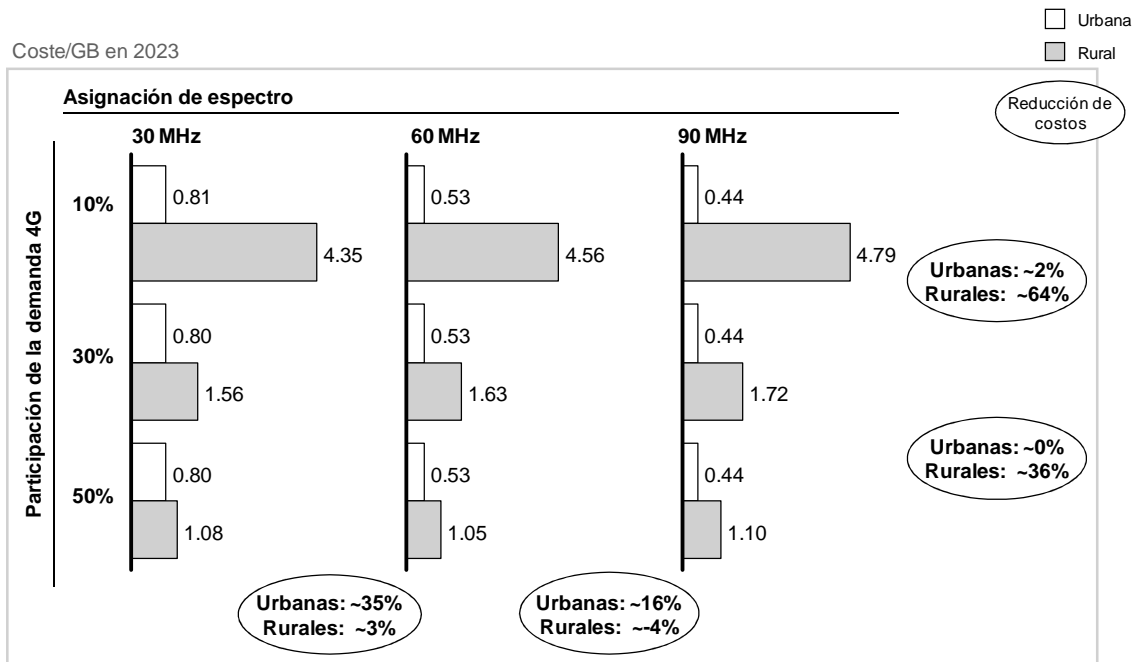
**GRÁFICO 7: SITIOS NECESARIOS UTILIZANDO LA BANDA DE 700 MHz PARA DAR COBERTURA A DIFERENTES PORCENTAJES DE LA POBLACIÓN MEXICANA**



<sup>12</sup> En un medio de capacidad limitada (México alrededor de 2023).

## Opciones Regulatorias para el Uso Óptimo de la Banda de 700 MHz en México

GRÁFICO 8: DIFERENCIAS EN EL COSTO POR GB PARA DIFERENTES CUOTAS DE MERCADO Y DE ESPECTRO PARA LA EMPRESA MAYORISTA



Puede parecer contra intuitivo el hecho de que los costos para zonas rurales empeoran al construir la red con más espectro. Esto se debe a dos factores: la configuración de las antenas (es decir, la construcción para 90 MHz podrá potencialmente requerir el uso de antenas no estándar) y la utilización relativamente baja de la red en las zonas rurales.

## 5 Evaluación de escenarios

Se utilizaron los marcos y las herramientas analíticas descritas arriba para generar una base fáctica y para evaluar las ventajas y desventajas relativas entre un escenario de SMP y otro mayorista. Primero se evaluó la subasta al mercado privado (SMP) para establecer un punto de partida; posteriormente se evaluó el escenario mayorista y se realizó una comparación de ambos.

### 5.1 Acceso

Proporcionar acceso rural (cobertura) al 80-98% de la población continúa siendo económicamente un desafío, incluso utilizando la banda de 700 MHz. La población dispersa de las zonas rurales aumenta significativamente los costos de despliegue, como se ha comentado arriba. Además, los menores ingresos medios por cliente también hacen difícil el que los operadores rentabilicen estas inversiones. En este sentido, es cuestionable que los operadores desplieguen sus redes agresivamente en las zonas rurales en<sup>13</sup> el escenario de una SMP, especialmente, si es poco probable que puedan internalizar parte del bienestar económico generado por proporcionar el acceso en el medio rural.

El escenario mayorista, por sí mismo, tampoco cambia los costos de un despliegue rural. Sin embargo, un modelo mayorista podría optimizar la dinámica del mercado: una única red mayorista a escala, proporcionando acceso más barato de manera no discriminatoria a múltiples minoristas podría mejorar los costos de acceso rural frente a múltiples operadores privados que desplieguen redes de manera independiente en las zonas rurales y que cada uno atienda sólo una parte de la demanda.

Incluso en el caso mayorista, dados los costos de prestación en zonas rurales, es necesario analizar el costo-beneficio de este despliegue. Se necesitará probablemente estimular el acceso rural (según se ha comentado anteriormente en el documento y en la sección 2.6).

### 5.2 Asequibilidad

Para comprender la asequibilidad en los escenarios de SMP y de mayorista, el estudio se centró en dos problemas:

- *Costos unitarios y costos marginales:* Estos son importantes para comprender, porque ayudan a cuantificar el ahorro potencial que los operadores pueden alcanzar en un escenario frente al otro.
- *Intensidad competitiva:* La intensidad competitiva es importante porque puede ayudar a determinar la probabilidad de que cualquier ahorro en costos conseguido por los operadores en un escenario dado (según se ha comentado arriba) se traspasaría a los consumidores en la forma de precios minoristas más bajos.

---

<sup>13</sup> Salvo si se ven impulsadas al despliegue por mandato legal (por ejemplo, obligaciones de despliegue rural vinculadas a la subasta de espectro).

Existen muchos retos en la evaluación de los costos unitarios y de intensidad competitiva. Estos retos se discuten a continuación (el tema se amplía en la sección 2.4.2 en “modelo de oferta”).

- Para estimar los costos unitarios en SMP, es necesaria una estimación de los costos de cada agente existente. Sin tener acceso a la estructura de costos específica ni a la capacidad de red de cada agente, esto puede resultar difícil.

Para el análisis, se desarrollaron modelos de costos conceptuales de “fuera hacia adentro” de varias de las empresas existentes para ayudar con el análisis. Los modelos se basaron en información pública y en el entendimiento que COFETEL tiene del concesionamiento del espectro actual, las torres existentes y otras palancas de la relación costo-calidad. Mientras que éstos no son obviamente modelos exactos, permiten realizar un análisis comparativo a través de escenarios. Se espera trabajar en un futuro más estrechamente con las empresas existentes para refinar estos supuestos en fases subsiguientes de trabajo.

- El espectro es relevante. En la evaluación de SMP con una subasta de 700 MHz, la cantidad de espectro que gana cada agente importa. Existe, obviamente, un gran número de resultados potenciales para dicha subasta. Esta incertidumbre se abordó empezando con un escenario plausible y comprobando las sensibilidades alrededor de él.

Por ejemplo, en SMP, se supuso que el líder de mercado haría una oferta y ganaría la mayor cuota (un bloque de 2x15 MHz) en la banda de 700 MHz, mientras que los otros tres agentes harían una oferta cada uno y ganarían bloques de 2x10. Se supuso que no habría adjudicaciones de espectro para nuevos participantes.<sup>14</sup>

Se evaluaron varios escenarios (utilización de 30, 60 y 90 MHz). Se decidió tomar como base la utilización de los 90 MHz porque es el que resulta en los menores costos para la empresa mayorista.

- Las cuotas de mercado importan. Una vez que se calcula la estructura de costos de una empresa y la capacidad de red, su cuota de mercado determina cuánta capacidad adicional necesita para cubrir la demanda de “desbordamiento”.

Es desafiante intentar determinar las cuotas de mercado de diferentes empresas a largo plazo (por ejemplo, a 10 años). De ahí que se utilizó un enfoque iterativo, empezando con un supuesto escenario parcial, y después realizando pruebas de sensibilidad alrededor de esos supuestos parciales.<sup>15</sup>

---

<sup>14</sup> Con base en la historia del mercado mexicano. Adviértase también que es posible que la COFECO pueda determinar que las empresas estén sujetas a límites de espectro, o que no se le permita participar en la subasta. Sin embargo, en los debates realizados durante la conducción del trabajo, se determinó que, actualmente, no existe una política de este tipo.

<sup>15</sup> Tal y como se debatirá más adelante en este documento, se comenzó suponiendo lo siguiente como punto de partida antes de pasar a las sensibilidades: cuotas para el escenario SMP — líder del mercado con el 60% de cuota de ingresos en 2023, sin nuevos participantes. El resto de las empresas se divide los ingresos uniformemente (alrededor de un 13% cada una). En un escenario mayorista, todos los nuevos participantes captan alrededor de un 10% de los ingresos para 2023 y el líder del



- El enfoque de cada empresa para cubrir la demanda de “desbordamiento” debe ser determinado. Esto influirá directamente en la demanda de servicios del mayorista en el escenario mayorista.

Para el análisis se supuso que las empresas evaluarían las múltiples palancas a su disposición para cubrir la demanda creciente: primero utilizarán cualquier espectro existente no utilizado, después reordenarán<sup>16</sup> su propio espectro (“refarming”), y, por último, considerarán añadir nuevos sitios. La realidad es que las empresas recurrirán a varias de estas opciones simultáneamente.

De acuerdo con este enfoque, se resaltan varias características de los escenarios de SMP y mayorista:

- SMP
  - El análisis muestra que en SMP, los precios efectivos al menudeo probablemente disminuirán a unos \$8/GB<sup>17</sup> en 2017 y a unos \$2.3-\$2.5/GB en 2023, en gran parte debido a las tendencias esperadas. Esto se conseguirá por la reducción del costo para la entrega de datos, mientras los operadores invierten y despliegan las redes LTE utilizando el espectro de 700 MHz.
  - Dadas las tendencias discutidas antes, la demanda total crecerá 44% por año durante la próxima década (25 veces). Adicionalmente, se estima que la demanda 4G (LTE) suponga el 40% y el 90% de la demanda móvil total en 2017 y 2023 respectivamente.
  - Dado el crecimiento de la demanda, se espera que todas las empresas existentes saturen su capacidad<sup>18</sup> de red existente entre 2017 y 2019. Si esto sucede, mejorará la utilización y los costos de prestación, especialmente para las empresas menores, las cuales probablemente tienen hoy activos subutilizados.
  - De ahí que, en el estado final diseñado, es probable que en el escenario de SMP se consigan los costos unitarios mostrados a continuación. Se ha comentado en otras partes pero merece la pena repetirlo: las estimaciones de costos de las empresas existentes se calculan sobre “de afuera hacia adentro”. De ahí que el trabajo se haya centrado más en los costos relativos y las diferencias de costo relativo frente a números de costo absoluto, que se limitan a ser estimados.

---

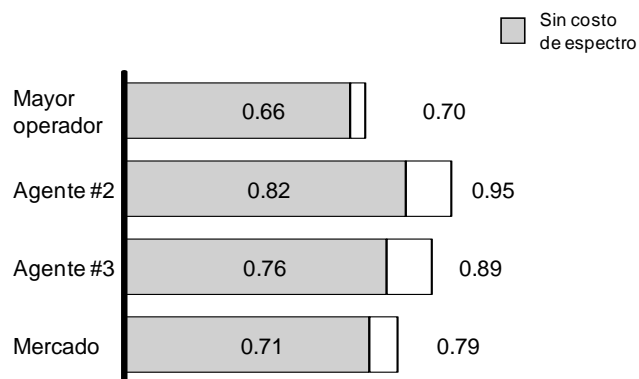
mercado comparte las caídas hasta un 50%. En el escenario mayorista, cada una de las otras empresas continúa dividiendo los ingresos restantes uniformemente (alrededor de un 13% de cuota de ingresos cada una).

<sup>16</sup> El reordenamiento, o “refarming”, es la práctica de reutilización del espectro utilizado en el despliegue de una tecnología anterior. Por ejemplo, la mayoría de los operadores esperan reordenar sus espectros 2G y 3G para 4G ante el declive de la demanda 3G y el auge de la 4G.

<sup>17</sup> Todo ingreso por GB y los números de costo en este documento se refieren a GB entregado.

<sup>18</sup> Definido por la capacidad de sus redes, basada en (a) número de instalaciones a partir de 2011; (b) espectro existente a partir de 2011 más el espectro que se supone que obtuvieron en una subasta de 700 MHz en el escenario SMP; (c) cualquier espectro reordenado.

GRÁFICO 9: COSTO MEDIO POR GB (USD/GB) EN UN ESCENARIO DE SMP, 2023



### ■ Mayorista

- En relación con una SMP, un mayorista puede bajar los costos unitarios medios en el mercado en un 10-20% y generar un valor presente neto (VPN) positivo al utilizar los 90 MHz de la banda de 700 MHz, suponiendo disminuciones agresivas en precio (lo que implica que será necesaria una regulación adecuada para que las disminuciones en costos sean transferidas a los precios del mayorista).
- Adicionalmente, proporcionando un costo bajo a escala como plataforma de acceso para nuevos participantes, se anticipa que el mayorista atraerá a nuevos participantes al mercado relativo a la SMP.
- Al permitir que los competidores sean más viables (es decir, proporcionando el acceso a la plataforma de la red de bajo costo a las empresas existentes) y bajando las barreras de entrada, el mayorista debería, teóricamente, ser capaz de promover una mayor competencia minorista. Con un número mayor de agentes minoristas en el mercado, se estima que los precios al menudeo disminuirán.<sup>19</sup>
- Este escenario se caracteriza por costos unitarios más bajos y por una competencia minorista potencialmente mayor. Esta combinación de menores costos y de una competencia minorista mayor podría provocar una caída de precios en el escenario mayorista en relación con el de una SMP. En este caso, se estima una caída de 12-16% en el precio minorista más allá de la SMP en 2023, con base en los supuestos anteriores.

### 5.3 Bienestar público

El escenario mayorista podría potencialmente reducir los precios minoristas en un 12-16% adicional, con base en los supuestos destacados arriba. Además, incluso con costos altos, un mismo mayorista a escala

<sup>19</sup> Estudios externos muestran que un incremento del número de agentes en una industria dada se traducirá en una presión descendente de los precios. Véase Stelten, 1973.

podría proporcionar lo más eficientemente posible el acceso a la población rural de México (frente a una SMP).

Muchos estudios han intentado cuantificar el bienestar público resultante de un mayor acceso y asequibilidad de los servicios de telecomunicaciones. Aunque existen muchos puntos de vista sobre el bienestar público resultante, en general los estudios apuntan a una correlación positiva entre un mayor acceso y asequibilidad de los servicios de telecomunicaciones con la generación de bienestar público.

Nuestra revisión de la literatura a este respecto sugiere que una reducción del 10% de precio de los datos de la línea de partida puede aumentar el PIB entre un 0.6%-1.4%, aumentar el empleo entre un 0.3% - 0.7% y generar un excedente del consumidor (valor que se traspa al consumidor, quien puede usar en otra tipo de consumo o ahorrar). Uno de los estudios más exhaustivos sobre interés público generado por un amplio acceso a los servicios de telecomunicaciones fue dirigido por Qiang y Rossotto (2009)<sup>20</sup>. Es importante advertir que los estudios existentes han evaluado el impacto de la banda ancha fija y de los servicios de voz móvil en el bienestar público, especialmente, dado que el crecimiento explosivo y significativo de los datos móviles es relativamente nuevo. Se han extrapolado estas conclusiones para reflejar la potencial transformación en bienestar público que conllevaría un acceso masivo a los servicios de datos móviles. Un descenso del 10-20% en los precios minoristas se traduciría entonces en una esperada subida del PIB en un 0.6-2.8% y en un aumento del empleo total en un 0.3-1.4%.

### **5.4. Evaluación de ventajas y desventajas financieras**

También se calculó el valor presente neto (VPN) y retorno financiero de cada alternativa para el Estado.<sup>21</sup>

En el escenario de una SMP, la subasta de espectro será la primera fuente de retorno para el gobierno. Se estima que una subasta de la banda de 700 MHz generaría entre \$3,000 y \$4,000 millones de dólares en México, basada en un análisis comparativo de subastas en otras regiones. Incluso en el caso de una SMP, habrá generación significativa de bienestar público, procedente del descenso de precios relativo con respecto a hoy. Se utilizó esto como el punto de referencia para medir el incremento gradual del bienestar público en otros escenarios en relación con el caso base de una SMP.

En el escenario de un mayorista autorizado por el gobierno (según se ha descrito anteriormente), se estima un VPN de \$500 a \$1,500 millones de dólares. Este VPN no incluye el incremento del bienestar

---

20

<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/2636/487910PUB0EPI1101Official0Use0Only1.txt?sequence=2>

<sup>21</sup> Se han utilizado modelos VPN en dos fases. Una evaluación de abajo hacia arriba de los flujos de caja hasta 2023, una tasa de crecimiento de arriba hacia abajo se aplicó entonces a estos flujos hasta 2028, y después un crecimiento constante bajo se aplicó más allá de 2028.

## Opciones Regulatorias para el Uso Óptimo de la Banda de 700 MHz en México

público generalizado de una opción mayorista en relación al escenario de SMP. Tampoco incluye ningún costo directo por el espectro, tal y como se ha observado anteriormente.

El GRÁFICO 10 resume los diferentes elementos que se han destacado para cada escenario.

GRÁFICO 10: RESUMEN DEL ANÁLISIS DE LOS ESCENARIOS SMP Y MAYORISTA

	Subasta al mercado privado (SMP)	Mayorista: "Reducción de precios"
<b>Cifras del mercado</b>		
▪ Cobertura	▪ 85%	▪ 98%
▪ Precio minorista (2023)	▪ ~\$2.27/GB transmitido	▪ ~\$1.9/GB transmitido
▪ Costo marginal (2023)	▪ ~\$0.79/GB transmitido	▪ ~\$0.53/GB transmitido
<b>Cifras relevantes del mayorista</b>		
▪ EBITDA mayorista (en %) (2023)	▪ N/A	▪ ~65%
▪ Flujo de caja negativo acumulado máximo	▪ N/A	▪ -\$1 BN (2017)
▪ VPN mayorista	▪ N/A	▪ ~\$0.5 – 1.5bn
▪ WACC necesario para VPN	▪ N/A	▪ 12%
<b>Bienestar social relativo<sup>2</sup></b>		
<b>BASADO EN ESTUDIOS EXTERNOS</b>		
▪ Aumento del PIB (2023)	▪ De referencia a 0	▪ ~\$7-16 BN
▪ Excedente del consumidor (a perpetuidad) <sup>3</sup>	▪ De referencia a 0	▪ ~\$15 BN
▪ Ingresos impuestos (a perpetuidad) <sup>3</sup>	▪ De referencia a 0	▪ ~\$3-7 BN
▪ Nuevos empleos	▪ De referencia a 0	▪ ~123-287K
▪ Costo del espectro (recaudación)	▪ \$3-4BN	▪ 0

1. Suma de caja negativo fluye desde 2014-2016 hasta alcanzar el equilibrio en 2017

2. En base a estudios externos, que van desde 16% de decrease precio; factor de 0,6 a 1,4% del PIB en el 10% de aumento en la penetración de banda ancha

3. VPN del excedente del consumidor anualizado de 2023 a perpetuidad y el VPN de los ingresos fiscales de 2023 a perpetuidad

0

### 5.5 Incertidumbres

El análisis anterior sugiere que:

- Deberá haber incremento de la demanda de los datos y reducciones de costos significativos incluso en un caso de SMP actual, ya que los costos de "smartphones" continuarán disminuyendo rápidamente y se migrará a redes LTE, que son más eficientes para el transporte de datos.
- El escenario mayorista, como fue modelado, podría mejorar mucho el acceso y la asequibilidad – dadas mayores eficiencias en la red desplegada utilizando 90 MHz en la banda de 700 MHz. El escenario mayorista podría también proporcionar una plataforma para que nuevos participantes puedan entrar al mercado.

Sin embargo, tal y como se ha observado anteriormente, el objetivo es mejorar el acceso y la asequibilidad sobre una base de riesgo ajustada. Es por tanto importante reconocer los riesgos reales que deben ser atenuados en cada uno de los escenarios.

El modelo de SMP se entiende mejor en términos de ejecución (subasta tradicional de espectro) y operaciones (entidades privada). Sin embargo, no necesariamente elimina las ineficiencias que existen en el mercado, tal y como se destacó en la decisión de COFECO (que ha determinado que un agente con poder de mercado significativo está operando en el mercado, dando lugar a ineficiencias competitivas).

Sin embargo, el modelo mayorista no está aún bien entendido, al menos en el espacio móvil. México sería el primero en el mundo en crear un agente de venta mayorista a escala para servicios móviles. Según se ha destacado en el documento, esto viene con varios riesgos regulatorios y operativos que el gobierno debería atenuar si persigue la opción mayorista:

- La introducción de un mayorista puede crear significativa incertidumbre; los agentes existentes pueden cancelar, retrasar, o reducir sus propias inversiones, o, en caso extremo, aquellos agentes existentes con dificultades financieras pudieran tomar la decisión de salir permanente del mercado o enfrentar un aumento importante en sus costos de financiamiento.
- El mayorista en sí mismo podría ejercer poder de mercado si su existencia promueve la consolidación de otros agentes o empuja a la salida de algunos, o bien si sus precios no son regulados adecuadamente.
- Los pequeños agentes existentes pueden considerar mayor la amenaza de la entrada de nuevos participantes que el valor de tener una mejor posición competitiva en relación con el líder de mercado en el statu quo; en este caso, puede ser que desplieguen capacidad de red y no adquieran servicios del mayorista; esto empeoraría la situación de costos del mayorista, lo que sería traspaso a los nuevos participantes.
- Podría incrementarse el costo de la deuda mexicana, así como para resto de las necesidades financieras en el mercado mexicano, debido a una percepción de “intrusión del gobierno” en mercados privados.
- Reticencias asociadas con la seguridad de los datos y la información, así como protección de la privacidad, debidas a la utilización de una red compartida.

Si se decide seguir adelante con el desarrollo de una empresa mayorista, deberá profundizarse en la evaluación y atenuar los riesgos identificados anteriormente. Algunas posibles estrategias de mitigación podrían ser:

- Asegurar un anuncio y despliegue rápido y eficiente de la red mayorista, o bien, un comprometimiento con el modelo SMP, con el objetivo de minimizar el período de incertidumbre. Es fundamental fijar una dirección clara y minimizar la ambigüedad.

- Una vez que se haya tomado una decisión, involucrar a los agentes de mercado tempranamente en el proceso para generar aceptación y resolver rápidamente sus preocupaciones, asegurándose de que los beneficios a los agentes existentes son comunicados claramente.
- Comunicar a otras partes que podrían sentirse afectadas, incluidos inversionistas y los mercados financieros, para compartir el alcance del papel del gobierno, así como la intención de eliminar su participación en el mayorista a lo largo del tiempo.
- Crear un sistema robusto de mecanismos de control para asegurar que el mayorista proporciona el acceso a los minoristas de un modo competitivo. Por ejemplo, podría crearse un tablero con indicadores de referencia de mercados y empresas a nivel internacional y de América Latina para asegurar una eficiencia operativa, métricas de calidad y que el costo global por GB esté dentro de intervalos específicos, como ya es común en los acuerdos de servicios de tercerización de red.
- Hacer uso de mecanismos de control es posible en el modelo de asociación público privada (APP), con el objetivo de garantizar que las reducciones de costos son transferidos del mayorista a las empresas minoristas, evitando que dichas reducciones sean transferidas a los dueños del mayorista. Existen muchos modelos diferentes que pueden seguirse aquí más allá de los mecanismos de salvaguarda, incluidos los compromisos de precios adquiridos a priori, similares al modelo de la red NGN en Singapur o a los límites de retorno al capital invertido (ROIC) similares a los modelos tradicionales de regulación de empresas de servicios públicos.
- Asegurarse de que aquellas cuestiones relacionadas con la privacidad y la seguridad (p. ej., de transmisión de datos en una red compartida) son tratadas con soluciones técnicas, regulatorias y operativas.

Asegurar que los operadores y los fabricantes de equipos terminales están preparados para el plan APT (Plan Asia Pacífico) para la banda de 700 MHz. México ya ha anunciado que ha seleccionado este plan. Se deben minimizar las barreras técnicas que podrían dificultar el uso de equipos terminales de la nueva red mayorista por parte de los operadores y de los consumidores. Por último, es importante resaltar que el modelo mayorista parece único al principio. Sin embargo, las lecciones aprendidas de estudiar el éxito de los mercados MVNO alrededor del mundo pueden ser significativas. Además, entendiendo mejor los acuerdos de compartición de red, comunes en algunos países, otras maneras de atenuar los riesgos de implementar una red mayorista podrían potencialmente ser mejor entendidas.

### *5.5.1 Definición de los casos extremos para modelar incertidumbres específicas*

Más allá de los análisis de los escenarios de SMP y de mayorista, fueron definidas algunas variantes, o casos extremos, para cada escenario con la intención de realizar más pruebas de sensibilidad de los resultados a incertidumbres clave.

A continuación se describen el caso base y los casos extremos:

- SMP – “Caso base”:
  - Las empresas actuales siguen siendo viables

- Toma como hecho que habrá un nivel razonable de competencia durante los próximos 5 a 10 años
- SMP – “Mercado con dos empresas”:
  - Las tres empresas menores actuando en el mercado pasan por dificultades financieras, por lo que el mercado se consolida y da lugar a un mercado con dos agentes. Se modeló el siguiente escenario:
    - La empresa 1 adquiere a la empresa 4
    - Las empresas 2 y 3 se fusionan
  - Las redes consolidadas tienen costos menores (incluso en relación con el mayorista) debido a mejor utilización del espectro
  - En un mercado con dos agentes, las empresas continuarán invirtiendo en mejoras de la red pero optimizando precios respecto a la elasticidad del mercado para maximizar márgenes de EBIT
- SMP – “Inversión limitada”:
  - El mercado se consolida en 2 agentes (escenario de “mercado con dos empresas”) y los agentes no invierten agresivamente
  - Obtienen en subasta el espectro de la banda de 700 MHz y reordenan el espectro que tienen
  - No despliegan nuevas estaciones radiobases (en vez de eso, aumentan sus precios para reducir la demanda a que pueda ser satisfecha con la capacidad existente con el nuevo espectro)

Para el caso mayorista, dos de los variables clave son el grado en el que una entidad mayorista se puede crear y funcionar eficientemente, y el nivel al que los precios bajarían (debido a la competencia) más rápido que en el caso base. De ahí, fueron definidos dos casos extremos para explorar estas incertidumbres.

- Mayorista – “Caso base”:
  - El mayorista permite que la estructura de costos de los agentes existentes se reduzca y facilita la entrada de nuevos participantes
  - Los precios minoristas son menores que los que se observarían en el caso base de SMP debido a que los costos son más bajos y existe más competencia
  - Los agentes minoristas tienen una operación rentable sustentable, al mismo tiempo que se genera un alto grado de bienestar social
- Mayorista – “Operación ineficiente”

- El mayorista no consigue operar eficientemente, por lo que aumenta su costo por GB (se analizó un escenario donde los costos del mayorista aumentan en un 20% en relación con el caso base)
- Para conseguir un VPN marginalmente positivo, el mayorista aumenta sus precios a los minoristas. Así, en comparación con el caso de la SMP, los precios al menudeo no disminuyen en este escenario (vs el escenario de mayorista base)
- Mayorista – “Precio agresivo”
  - Los costos del mayorista y la dinámica del mercado se suponen igual que en el caso base de mayorista
  - Sin embargo, el supuesto de compresión de precios al menudeo, como resultado de la introducción del mayorista, es aún más agresivo

### *5.5.2 Evaluación de los casos extremos*

Se ha discutido anteriormente el caso base de SMP. Sin embargo, el caso es retomado para destacar algunos puntos que ayudarían a calibrar el impacto de los casos extremos.

*Nota: Al evaluar los casos extremos, uno de los indicadores clave evaluado es el impacto potencial sobre los precios ofrecidos al mercado final en cada caso en relación con el caso base de –SMP”. Se supuso, para efectos de este análisis, que, dada la estructura actual del mercado, el líder de mercado es quien determina los precios en el mercado. De ahí, para evaluar el impacto en los precios de mercado, es importante considerar qué sucedería con la rentabilidad del líder de mercado en cada escenario. Si la rentabilidad del líder de mercado aumentara debido a un aumento de precio, es razonable suponer que el líder aumentaría los precios. Alternativamente, si el líder pudiera maximizar la rentabilidad bajando precios en cualquier escenario dado, se supuso que los precios de mercado bajarían.*

*Para comprender la rentabilidad, se estimó el margen para el operador incluyendo todos los costos estimados en el modelo de la red (operativos y depreciación) y el resto de los costos de explotación (se supuso que serían aproximadamente 40% de los ingresos). Además, se incluyó también una pérdida de un punto porcentual del margen, debida a una compresión de los ingresos relativa a los costos operativos por cada caída de 10% en el precio.*

*A partir de ello, fue desarrollado un índice de rentabilidad donde la rentabilidad estimada de afuera hacia adentro del líder en el caso base de SMP en 2023 se fija en un valor de 1, y el resto de las estimaciones de rentabilidad se comparan con este índice. Por ejemplo, un índice de rentabilidad de 1.2 significa una rentabilidad 20% superior que la rentabilidad estimada del líder de mercado en el caso base de SMP en 2023.*

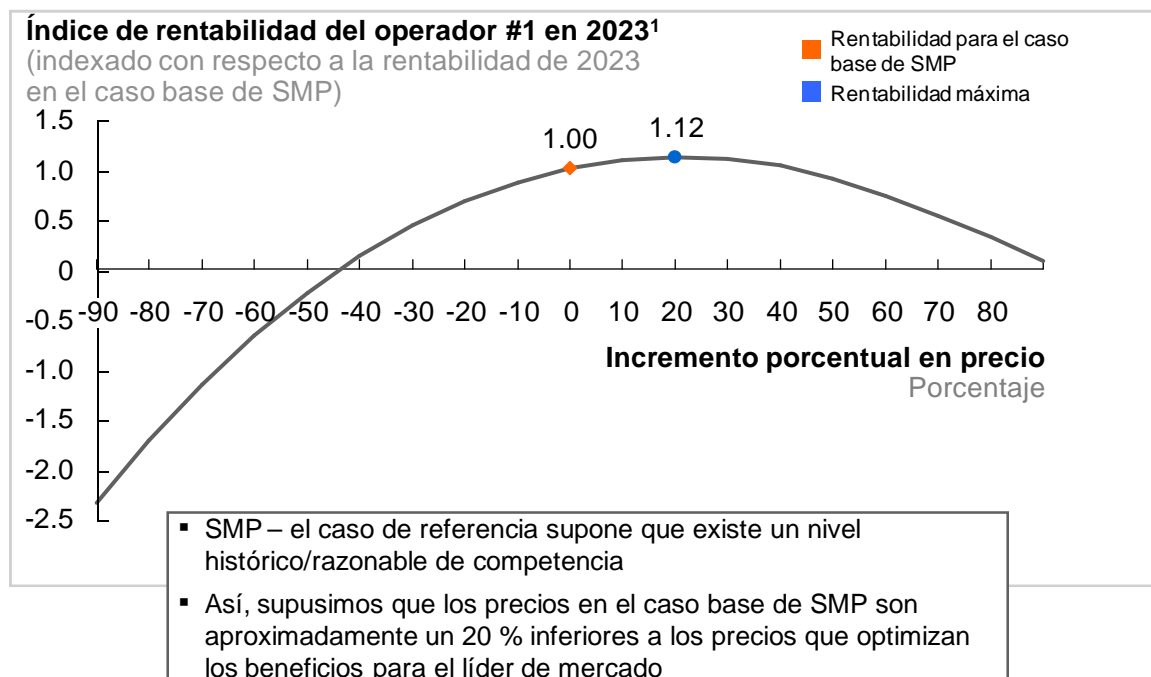
#### **SMP – “Caso base”**

En el caso base de SMP, se modeló un nivel “razonable” de competencia en precios entre los cuatro agentes existentes en el mercado. El análisis de los resultados de la empresa líder sugiere que esto es



consistente con lo observado en el mercado. Tal y como se muestra en el gráfico siguiente, la fijación de precios del caso base de SMP es alrededor de un 20% inferior a los precios que maximizarían los beneficios para la empresa líder.

**GRÁFICO 11: EL CASO BASE - SMP SUPONE UN CIERTO GRADO DE COMPETENCIA; LOS PRECIOS SON UN 20% INFERIORES A LOS QUE MAXIMIZARÍAN LA RENTABILIDAD DEL LÍDER DE MERCADO**



<sup>1</sup> Incluye los costos de redes (de explotación y depreciación) y el resto de costos de explotación (incluyendo las ventas, asistencia, marketing, gastos generales). Los costos de explotación se suponen como un 40 % de los ingresos. También se incluye una pérdida de margen del 1% por cada 10% de disminución de precio, debido a la disminución en las tarifas de renta mensual. Las cifras están basadas en la demanda por servicios 4G

### **SMP – “Mercado con dos empresas”**

Como se describe anteriormente, en el caso de SMP – “Mercado con dos empresas”, el mercado se consolida<sup>22</sup>. Una consecuencia de esta consolidación es que los agentes pueden agrupar infraestructura y espectro y alcanzar así mayor escala. Esto permitirá que consigan costos menores en relación con las entidades independientes.

Otra consecuencia de la consolidación a una estructura con dos empresas es que, con la reducción del número de agentes en el mercado, los operadores pueden tener menores incentivos para competir agresivamente en precio. Adicionalmente, según el modelo, el agente número 1 podrá probablemente fijar los precios en el mercado (ser el “fijador de precios”) y el otro agente del mercado sería un “tomador de precio”.

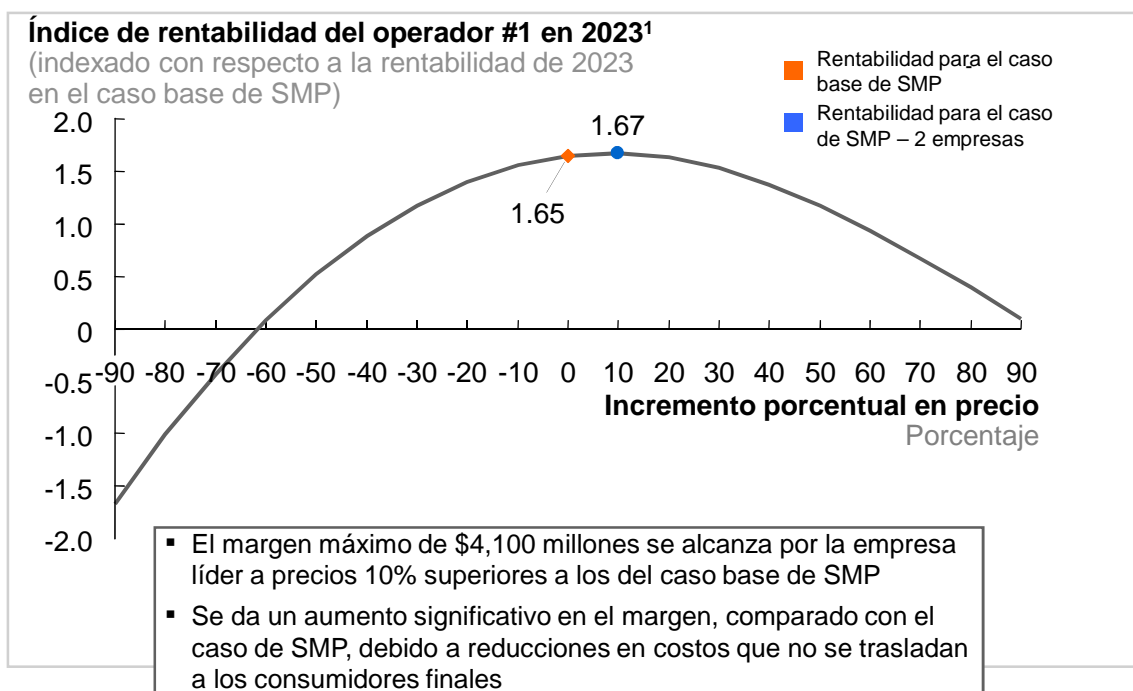
<sup>22</sup> En este escenario, se suponen las siguientes participaciones de mercado: Operador #1 – 73%, Operador #2: 27%; el Operador #1 tiene concesionados 50 MHz del espectro de la banda de 700 MHz y el Operador #2 tiene 40 MHz.

## Opciones Regulatorias para el Uso Óptimo de la Banda de 700 MHz en México

En esta situación, un resultado potencial es que la mayor empresa intente fijar precios que maximicen sus márgenes en términos absolutos. Esto podría interpretarse como que el mayor agente simplemente continuaría elevando los precios para maximizar sus márgenes. Sin embargo, esto es poco probable porque la demanda es elástica al precio. Al líder aumentar los precios (lo que implica que el otro agente también los aumenta utilizando el nuevo techo como referencia), los precios promedio en el mercado subirán. Al subir los precios, la demanda por datos móviles disminuirá. Por lo tanto, es probable que exista un punto de inflexión en el que el operador no pueda subir los precios más allá sin provocar una disminución significativa de la demanda total en el mercado.

Usando los mismos modelos de la oferta y demanda descritos anteriormente, esto fue modelado. Los resultados se muestran a continuación en el GRÁFICO 12.

**GRÁFICO 12: EN UN CASO DE SMP – “MERCADO CON DOS EMPRESAS”, LOS PRECIOS PODRÍAN SUBIR ~10% EN RELACION CON EL CASO BASE DE SMP**



<sup>1</sup> Incluye los costos de redes (de explotación y depreciación) y el resto de costos de explotación (incluyendo las ventas, asistencia, marketing, gastos generales). Los costos de explotación se suponen como un 40 % de los ingresos. También se incluye una pérdida de margen del 1% por cada 10% de disminución de precio, debido a la disminución en las tarifas de renta mensual. Las cifras están basadas en la demanda por servicios 4G

Como se muestra en el gráfico:

- El agente #1 en el mercado – en el escenario estudiado – puede maximizar sus márgenes<sup>23</sup> aumentando sus precios alrededor de un 10% en relación con el caso base de SMP. Más allá de este punto, un incremento de precios llevará a un descenso desproporcionado de la demanda.
- Adicionalmente, obsérvese que en relación con el caso base de SMP, el margen del agente #1 es un 65% mayor (1.65 frente a 1.00). Así, aunque los precios aumentan tan sólo el 10%, el margen real de los agentes aumenta significativamente más ya que consiguen monetizar las ventajas de menores costos consecuencia de una mayor escala y utilización del espectro y no tienen que trasladar estos ahorros a los consumidores (debido a la menor competencia de la estructura con dos agentes).
- Esencialmente esto representa una transferencia de excedentes a los agentes existentes. Esta transferencia de valor de consumidores hacia los operadores y hacia un menor incentivo para invertir en este escenario (dado la menor competencia) podría dar lugar a costos intangibles significativos (p. ej., inversión reducida en servicios innovadores) en comparación con el caso base de SMP.

### ***SMP – “Inversión limitada”***

En el caso de SMP – “Inversión limitada”, se modeló un escenario donde el mercado no sólo se consolida, sino que los dos agentes también reducen las inversiones en infraestructura inalámbrica. Se consideró un escenario donde los agentes pujan por el espectro, invierten en utilizarlo sólo sobre los sitios que ya tienen, e invierten en reutilizar el resto de su espectro (2G/3G). Sin embargo, no despliegan nuevos sitios.

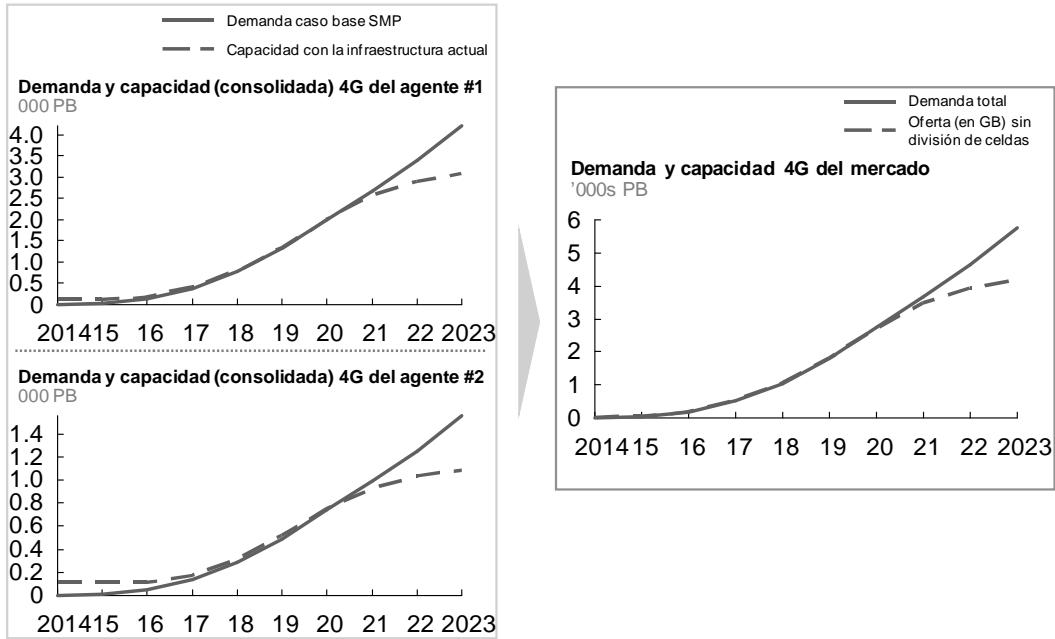
Con un número inferior de sitios, los operadores podrán satisfacer una menor demanda. El mercado tiene capacidad insuficiente en el verdadero sentido de la palabra. Tal y como se muestra en el gráfico siguiente, cada uno de los agentes en el mercado alcanzará su capacidad alrededor del año 2020. A partir de ese momento, la demanda incremental no será satisfecha.

Este nivel de demanda limitada es un 30% inferior a la del caso base de SMP. Ya que los operadores no pueden atender más demanda, en este escenario pueden fijar precios a niveles más altos en relación con el caso base, estando en un punto saturación de la red. El modelo sugiere que este precio es un 20% superior al caso base de SMP.

---

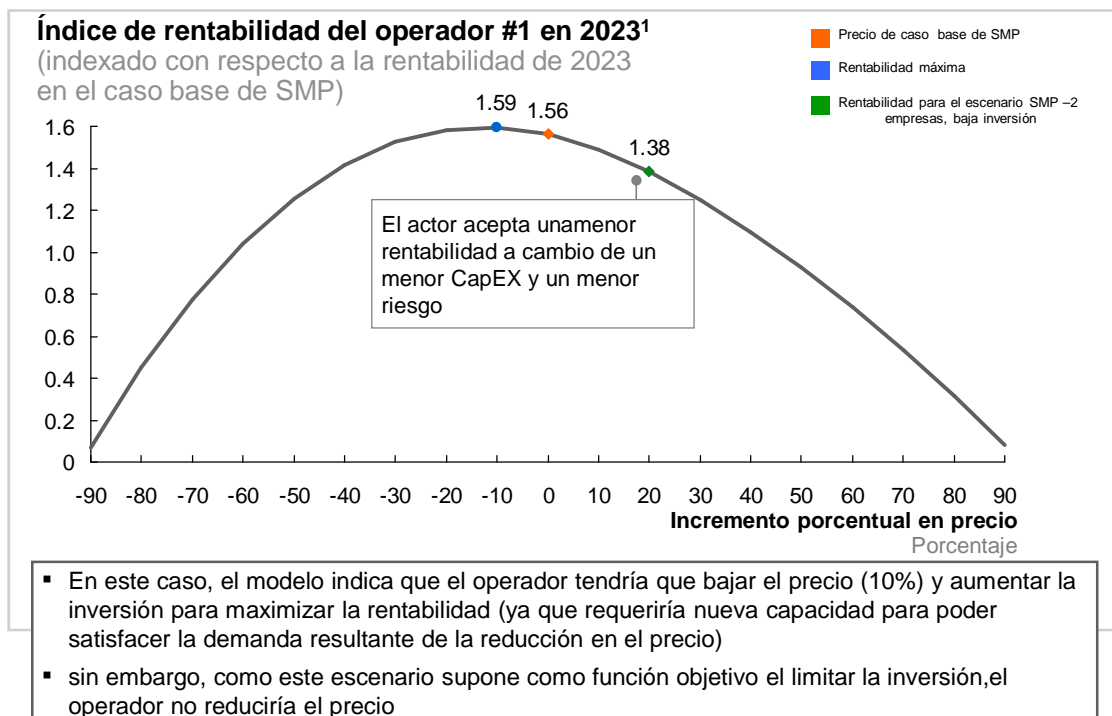
<sup>23</sup> Incluye coste de red (operación y depreciación) y todos los demás costes de funcionamiento (incluidos ventas, mantenimiento, marketing, G&A). Se ha estimado que los costes de funcionamiento sean un 40% de los ingresos. Además, se incluyó también un margen de un 1% de pérdida basado en los cargos basados de suscriptor para cada descenso del 10% de precio. En el caso de este informe, el modelo de valoración económica se corresponde a la demanda de 4G y al plan económico solamente.

**GRÁFICO 13: EN EL CASO DE MERCADO CON DOS EMPRESAS DE INVERSIÓN LIMITADA-SMP, LA DEMANDA NO SERÁ SATISFECHA PUESTO QUE LOS OPERADORES NO VAN A DESPLEGAR NUEVOS SITIOS**



1 La demanda hace referencia a la demanda de 4G

GRÁFICO 14: EN EL CASO DE MERCADO CON DOS EMPRESAS DE INVERSIÓN LIMITADA-SMP, EL AGENTE OPTARÁ POR NO MAXIMIZAR SUS BENEFICIOS A CAMBIO DE REDUCIR EL MONTO INVERTIDO Y MENORES RIESGOS



<sup>1</sup> Incluye los costos de redes (de explotación y depreciación) y el resto de costos de explotación (incluyendo las ventas, asistencia, marketing, gastos generales). Los costos de explotación se suponen como un 40% de los ingresos. También se incluye una pérdida de margen del 1% por cada 10% de disminución de precio, debido a la disminución en las tarifas de renta mensual. Las cifras están basadas en la demanda por servicios 4G

51

### Mayorista – “Caso base”

Ya se analizó el escenario de caso base de mayorista en detalle. Recuérdese que los precios de mercado en este escenario son de ~\$1.9/GB y el mayorista tiene una red con cobertura del 98% de la población.

### Mayorista – Caso de “Baja eficiencia”

En este caso, se modeló una situación en la que la entidad mayorista no puede operar tan eficientemente como la considerada en el caso base de mayorista. Conceptualmente, como el mayorista opera menos eficientemente, sus costos serán más altos. A su vez, necesitará aceptar menores márgenes o necesitará ofrecer precios mayoristas superiores a las empresas minoristas.

El modelo muestra que si el mayorista tuviera costos 20% superiores al caso base, el VPN (urbano) del mayorista pasa de \$500-1,500 millones a -\$1,100 millones, partiendo de que no traslada su ineficiencia a sus precios. Para mantener el VPN del caso base, el mayorista tendría que aumentar sus precios aproximadamente 17%. Éste es el escenario que se ha modelado: el mayorista aumenta sus precios para

conseguir un VPN marginalmente positivo. La compresión de precios es menor en el escenario de baja eficiencia que en el escenario base.

Como queda claro con este ejemplo, el que la operación sea eficiente es importante. Aunque no fue considerado en este caso, un escenario aún más extremo podría ser un punto, donde los costos del mayorista sean significativamente superiores a los costos marginales de las empresas existentes. En ese escenario extremo, el mayorista no sería una plataforma atractiva para los agentes existentes y éstos podrían optar por desplegar infraestructura ellos mismos o trasladar el aumento de precios a los consumidores. Esto causaría una pérdida de escala de la red mayorista, lo que resultaría en un VPN aún más negativo que el mostrado anteriormente.

### ***Mayorista – Caso de “Reducción agresiva de precios”***

Por último, en este caso extremo, se analizó un escenario en el que la estructura global de mercado es similar a la del caso base de mayorista, pero en la que tanto el mayorista como los agentes existentes compiten más agresivamente en precios.

Para entender cuánto margen aún existe para mayores reducciones de precio, se estudiaron dos palancas diferentes. Primero, se analizó qué tanto podrían disminuir los costos del mayorista al aumentar la utilización de su red. Las estimaciones muestran que incluso un incremento de la demanda de 2.5 veces se traduciría en una reducción en sus costos de tan sólo 5%. Por lo tanto, no parece existir margen significativo para que el mayorista reduzca sus precios más allá del caso base de mayorista (sin afectar al VPN). Por supuesto, si el mayorista tuviera espectro adicional (por ejemplo, en la banda de 2.5 GHz o en otras bandas de espectro), la curva de costos del mayorista se desplazaría hacia abajo.

En segundo lugar, según se ha comentado anteriormente, los precios en el mercado podrían caer (incluso si los precios mayoristas en el mercado no redujeran los costos medios en el mercado) debido a una competencia de precios más intensa catalizada por el mayorista. Un número mayor de empresas prestando servicios generalmente está asociado a una mayor competencia en precios. Ya que se toma como supuesto básico que el mayorista reducirá las barreras de entrada al mercado y aumentará los incentivos para que nuevas empresas operen en el mercado, es razonable suponer que habrá mayor competencia basada en precios.

Aunque el escenario de caso base de mayorista ya incluye el impacto de dicha compresión de precios, se analizó cuánto podrían bajar los precios minoristas en el mercado más allá de lo que se modeló en el caso base. Una manera de entender qué tanto espacio puede existir para una mayor disminución de precios es analizar los márgenes de las empresas en México y compararlos con los observados en otros mercados. El gráfico inferior muestra los márgenes EBIT para los operadores inalámbricos operando en México<sup>24</sup>. Como se puede ver, la empresa líder en el mercado tiene márgenes de EBIT 15-20% superiores que sus grupos homólogos globales y de América Latina.

---

<sup>24</sup> Para los casos en que la información está disponible.

GRÁFICO 15: MÁRGENES SELECCIONADOS DE EBIT EN MÉXICO Y EN EL MUNDO

<b>Márgenes de EBIT para regiones y operadores seleccionados</b>					
	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>1T2012</b>
México (empresa #1)	46%	49%	41%	40%	37%
México (empresa #4)	27%	26%	26%	24%	22%
América Latina (excluyendo México)	21%	20%	21%	22%	20%
Norteamérica	17%	19%	20%	19%	19%
Asia Pacífico	22%	21%	23%	21%	17%
EMEA	21%	22%	23%	23%	19%
Global (excluyendo México)	19%	20%	21%	20%	19%
Idea (India)	12%	9%	6%	6%	6%
Reliance (India)	24%	22%	16%	14%	11%

Fuente: Yankee Group

Es interesante señalar que los márgenes de EBIT en el mercado de la India son significativamente más bajo que la media global. Sin embargo, el debate con expertos sugieren que se están acercando a niveles insostenibles; es decir, los operadores tienen problemas generando retornos adecuados para poder invertir agresivamente en un despliegue de capacidad 4G, banda ancha de alta velocidad y otros proyectos de infraestructura.

El caso base de mayorista modeló un escenario donde la compresión de precios se debe a dos factores: (a) menores costos de los operadores, que son transferidos a los consumidores, y (b) mayor compresión de precios minoristas en comparación con el escenario de SMP. El caso base mayorista supone que el aumento en la competencia en el mercado al menudeo conlleva una reducción de 10% adicional a la reducción debida a menores costos. Esta compresión de 10% es similar a la observada en mercados que cuentan con MVNO exitosos.

Sin embargo, como la comparación de EBIT arriba mostrada indica, la competencia en México podría resultar en precios al menudeo menores que en el caso base de mayorista (\$1.79/GB vs. \$1.91/GB) sin resultar potencialmente en un impacto destructivo en los resultados financieros de los operadores.

### *5.5.3 Resumen de los Casos Base y Extremos de SMP y de mayorista*

Para cada escenario y caso extremo, se evaluó el impacto de precios al consumidor final sobre la asequibilidad y el acceso. Adicionalmente, se evaluó el impacto en el VPN del mayorista (en caso de ser relevante) y en el bienestar social generado comparado con el caso base de SMP.

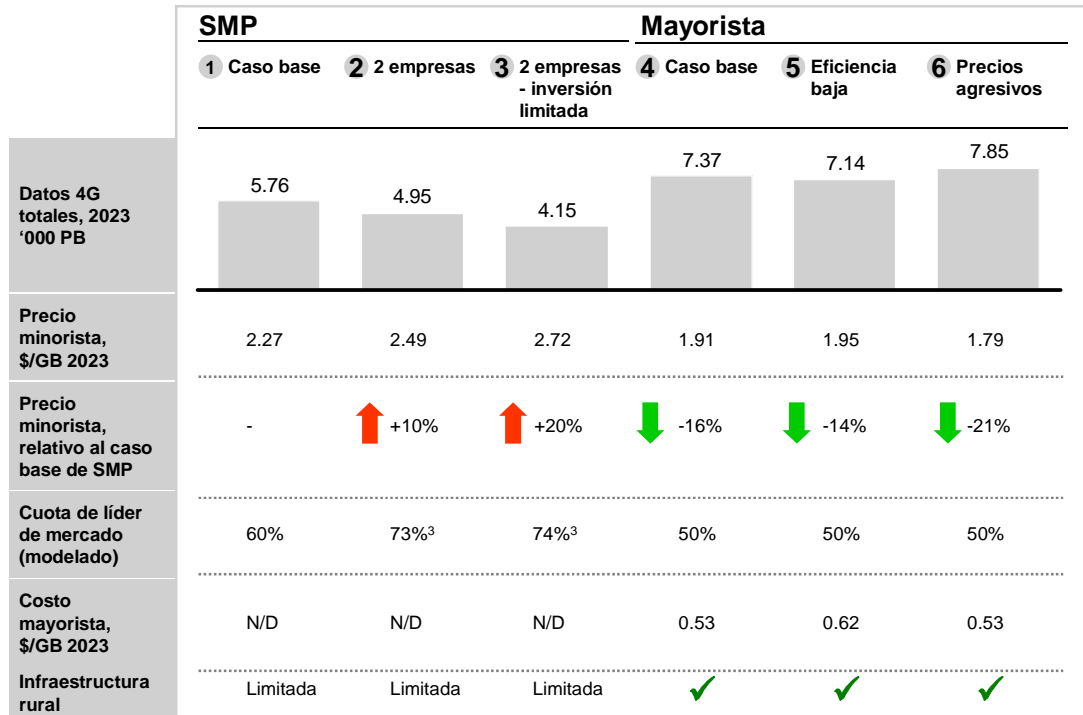
Estos resultados se muestran en el gráfico siguiente. Como se puede esperar, si se toma un enfoque de SMP y el mercado se consolida o limita la inversión, esto podría conducir a unos precios minoristas más altos, dando por resultado un acceso y asequibilidad menores.

De manera análoga, si se opta por implementar la red mayorista y esta empresa no puede operar eficientemente, se observarán precios más elevados en el mercado o será necesaria mayor intervención por parte del gobierno.

Sin embargo, si se crea un mayorista y éste funciona eficientemente, podría bajar los costos de las empresas que ya operan en el mercado (teóricamente, haciendo a los agentes #2-#4 más competitivos en costos en relación con el agente #1), al mismo tiempo que proporciona una plataforma de acceso de bajo riesgo para nuevos participantes. De ahí, un mayorista podría dar lugar a una estructura de mercado minorista más competitiva. En este caso, con una estructura de mercado más competitiva y una estructura de costos menor accesible para todo el mercado, es probable que los precios bajen. En el caso del caso base de mayorista, éstos son 16% más bajos que en el caso base de SMP; en un escenario agresivo-mayorista, éstos son 21% más bajos que en el caso base de SMP.



GRÁFICO 16 (I DE II): RESUMEN DEL ANÁLISIS DE LOS CASOS EXTREMOS DE SMP MAYORISTA



1 Corresponde a demanda 4G

2 Cuota de demanda del actor #1 para una cobertura del 85% que se transmite por su propia red

3 La cuota de demanda del actor #1 incluye la demanda del actor #4 también

## Opciones Regulatorias para el Uso Óptimo de la Banda de 700 MHz en México

GRÁFICO 17 (II DE II): RESUMEN DEL ANÁLISIS DE LOS CASOS EXTREMOS DE SMP MAYORISTA

	SMP					
	Mayorista					
	1 Caso base	2 2 empresas	3 2 empresas - inversión limitada	4 Caso base	5 Eficiencia baja	6 Precios agresivos
<i>Bienestar social relativo</i>						
<b>Aumento del PIB (miles de MM de USD, 2023)</b>	0	Inferior a (1)	Inferior a (1)	-7 - 16	-6 - 14	-9 - 22
<b>Superávit del consumidor (miles de MM de USD, a perpetuidad)<sup>3</sup></b>	N/D	N/D	N/D	-15	-13	-20
<b>Ingresos fiscales (miles de MM de USD, a perpetuidad)<sup>3</sup></b>	N/D	N/D	N/D	-3 - 7	-2 - 6	-4 - 9
<b>Empleos generados (en miles)</b>	N/D	N/D	N/D	123 - 287	108 - 251	161 - 377
<b>Ingresos por la subasta del espectro (miles de MM de USD)</b>	3-4	3-4	3-4	0	0	0

1 Suma del CapEx de 2014-2023 de todos los operadores; 2 Para el escenario con una cobertura del 98 %; 3 VPN del excedente del consumidor partir de 2023 a perpetuidad y VPN de ingresos fiscales a partir de 2023 a perpetuidad

## 6 Propiedad<sup>25</sup>

Si se decide implementar la opción mayorista, deberá también determinarse una estructura de propiedad y gobernanza para el mayorista con el fin de asegurar una creación y funcionamiento eficientes y efectivos.

El presente estudio revisó tres estructuras de propiedad y gobernanza para comprender la viabilidad y la eficiencia de cada una:

- Propiedad privada – Una entidad del sector privado con un marco regulatorio y subsidios potenciales para incentivar un comportamiento que promueva el acceso (por ejemplo, subsidios para un despliegue amplio en zonas rurales) y la asequibilidad (regulación de precios, separación funcional)
- Propiedad pública – Una entidad del sector público centrada en promover el acceso y la asequibilidad, dirigida al interés público
- Asociación público-privada (APP) – Cualquier acuerdo por el que participantes privados (desarrolladores) establecen una corporación desarrolladora para un propósito especial (“SPDC”) que cumple con los requisitos establecidos en las bases de la oferta de la APP, que firma un contrato de largo plazo con el gobierno (“contrato APP”) en los términos establecidos en las bases de la oferta APP, para prestar servicios (“servicios objeto”) al gobierno o al usuario final (“usuarios”) y en los que utilice infraestructura provista total o parcialmente por el sector privado con objetivos que aumenten el bienestar social y los niveles de inversión en el País.

En concreto, el presente proyecto consideró cuestiones tales como:

- ¿Cómo se puede promover la inversión del sector privado?
- ¿Cómo se puede maximizar la flexibilidad del gobierno para asegurar la supervisión (en el caso de la participación del gobierno) sin estar involucrado en la operación?
- ¿Es posible garantizar que el mayorista fije precios de manera competitiva en vez de internalizar el valor creado y el excedente económico?

El resumen de las principales conclusiones es que un enfoque que haga uso de la estructura APP ofrece varias ventajas distintivas:

- En relación con un modelo de propiedad pública, una APP permite e incentiva la participación del sector privado (abriendo paso al conocimiento, experiencia y recursos económicos del sector privado)

---

<sup>25</sup> Esta sección y la sección detallada posterior no tienen validez legal, por lo que no podrán considerarse como tal.

## *Opciones Regulatorias para el Uso Óptimo de la Banda de 700 MHz en México*

---

- Asigna riesgos a sus propietarios naturales (por ejemplo, permitiendo que la asociación con el sector público reduzca el riesgo en las fases iniciales del proyecto, que generalmente son de alto riesgo).
- Permite que el gobierno pueda contar con mecanismos de supervisión y control necesarios para facilitar los resultados buscados, mientras que evita algunas de las dificultades vinculadas a las entidades públicas, tales como los procesos de compra, que, al buscar transparencia, alentan las decisiones.

Cualquier empresa puede ser un desarrollador, incluyendo: participantes existentes o nuevos, mexicanos o extranjeros, con o sin experiencia en el sector. Las opciones de implementación incluyen:

- Crear una APP simple (con las empresas existentes o con nuevos participantes)
  - para que el SPDC sea el mayorista
  - donde se obliga al SPDC por estatutos diseñados por el gobierno a que se cumpla con el contrato de APP, así como los términos de las concesiones de espectro y de red pública de telecomunicaciones
- Crear una APP como igual que la descrita anteriormente, pero con una capa estructural adicional (o “back end”), donde las acciones del SPDC (o de una corporación que posee la totalidad del SPDC) se depositan en un fideicomiso (“Holding Trust”) que permite incorporar tantas restricciones como el gobierno desee:
  - Barreras dinámicas controladas por el gobierno que permitan evitar el incumplimiento con el contrato APP y los términos de las concesiones;
  - Capacidad del gobierno para intervenir y corregir desviaciones sin tener que recurrir a la revocación de la concesión;
  - Aumento de la flexibilidad para una privatización escalonada o en una etapa más avanzada, y otras estrategias de salida del gobierno, que significan que se puede atraer capital privado conforme la percepción de riesgo en el emprendimiento disminuye y su valor aumenta.;
  - Participación del gobierno en los resultados financieros del SPDC, emulando cualquier nivel de participación de acciones en el SPDC.

Si el gobierno opta por la creación de una empresa mayorista, será necesario estudiar minuciosamente y con más amplitud los detalles de implementación y los modelos de titularidad y gobernanza. Especialmente, teniendo en cuenta que la regulación de las APP es de publicación reciente, no hay experiencia que permita evaluarla de manera comparativa con otras opciones.

## 7 Conclusiones

Varias tendencias convergen para hacer de este momento un momento único para México: el cambio de los servicios de voz móvil a los de datos móviles, el lanzamiento de LTE, la disponibilidad de “smartphones” a bajo costo y la disponibilidad de la banda de 700 MHz.

En este contexto, se tienen varias alternativas para hacer uso de la banda de 700 MHz para mejorar el acceso y la asequibilidad de la banda ancha móvil en México. Se modelaron dos conjuntos de escenarios para evaluar las ventajas y desventajas entre las dos diferentes alternativas: subasta de mercado privada (SMP) y una empresa mayorista.

Algunos puntos clave del trabajo sobre el escenario de caso base de SMP que se ha diseñado incluye:

- Se espera que la demanda de datos móviles crezca a una tasa de crecimiento compuesta (TACC) de 44% – las empresas existentes alcanzarán sus límites de capacidad y necesitarán agresivamente dividir sus células, descargar el tráfico a otras redes o hacer uso de tecnologías alternativas para satisfacer la demanda más allá de 2017-19.
- A medida que las empresas existentes sigan siendo viables y continúen invirtiendo y compitiendo en el mercado, los precios efectivos por GB transmitido (como definido anteriormente) en las áreas cubriendo al 85% de la población se reducirán a unos \$2.3/GB en 2023.
- El VPN de tener cobertura en los mercados rurales (cobertura desde el 85% al 98% de la población) es negativo. De ahí que sea improbable que los operadores desplieguen agresivamente infraestructura en esas áreas voluntariamente en un escenario SMP, especialmente si se espera que múltiples operadores puedan construirla.

Por otro lado, las características clave del escenario de caso base de mayorista modelado son:

- En las áreas cubriendo al 85% de la población, con 90 MHz de espectro en la banda de 700 MHz, una empresa mayorista podría ofrecer capacidad a los agentes existentes a precios menores que sus costos marginales estimados. Utilizando el mayorista, estos agentes podrán reducir sus propios costos y reducirán el costo medio por GB de todo el mercado.
- Además, el mayorista podría actuar como una plataforma de acceso a bajo costo para nuevos participantes. Nuestro modelo sugiere que un costo medio inferior por GB y más competencia de nuevos participantes podrían reducir los precios minoristas en el mercado mexicano en un 12-16% en relación con el escenario de SMP.
- El modelo mayorista también podría proporcionar un acceso más eficiente a las zonas rurales, ya que una única red operando a escala alcanzará mejores costos que varias redes minoristas capturando cada una sólo una parte de la demanda.
- De ahí, un mayorista podría alcanzar entre \$500 a \$1,500 millones de VPN en el caso base, al mismo tiempo que tiene el efecto de disminuir los precios a los consumidores finales, incrementa el acceso y aumenta la asequibilidad.



## **APÉNDICE**

Este apéndice contiene detalles técnicos relativos al modelo de oferta utilizado. Incluye el modelaje de la red y el ejercicio de planificación de redes de comunicación (RNP – “radio network planning”) que fue realizado para calibrar el modelo analítico, al definir el número de sitios necesarios para desplegar diferentes coberturas (p. ej., 85% vs 98% de la población), así como para definir la cobertura por tipo de morfología.

### **1.1 Análisis detallado de requisitos de cobertura [Escenarios].**

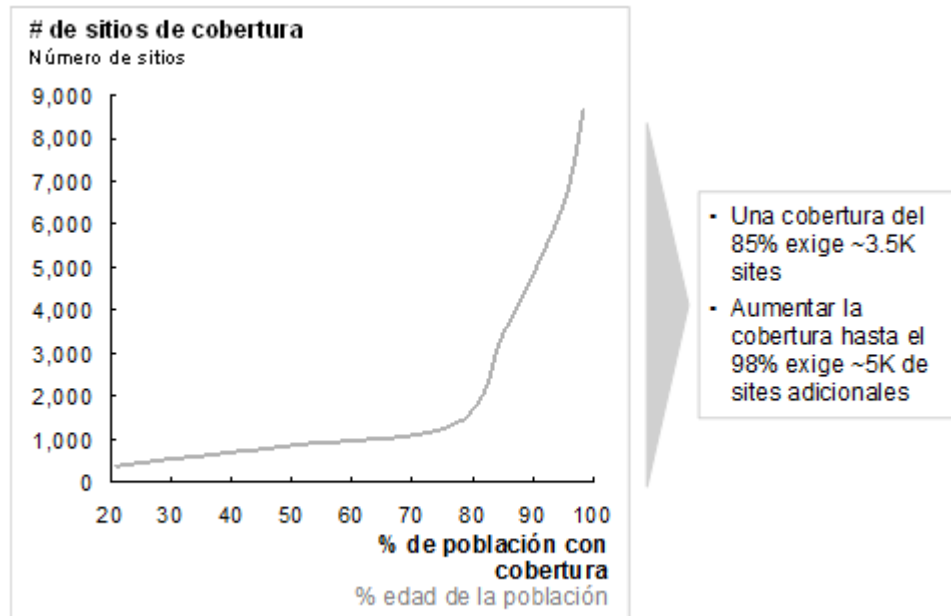
Como se ha indicado en el apartado de objetivos del presente documento, ofrecer “acceso” a un servicio de banda ancha inalámbrico de calidad es uno de los dos principales objetivos de este trabajo.

Ofrecer acceso a unos servicios de red inalámbrica de calidad para una zona geográfica en concreto exigirá prestar una cobertura en una zona particular (a saber, desarrollar la infraestructura de red, por ej., torres, emplazamientos de celdas), y garantizar que la red cumple determinados requisitos para prestar un servicio con la calidad deseada.

Así, fue evaluada la infraestructura requerida para brindar acceso a segmentos cada vez más grandes de la población. El número de torres necesario para la cobertura se calcula a partir de la masa continental para cada polígono según la morfología. El número de torres necesario para proporcionar una cobertura eficaz para la masa continental de cada polígono se calcula como la suma del número de torres necesarias para cubrir las zonas urbanas, rurales y suburbanas dentro del polígono.

El número de torres necesario para cubrir la masa continental para diferentes elementos de la población se muestra en el siguiente gráfico.

GRÁFICO 1.1: EMPLAZAMIENTOS DE COBERTURA



Como puede inferirse del gráfico anterior, el número de celdas aumenta más que proporcionalmente a la población cubierta para poder alcanzar coberturas elevadas. De forma adicional, a partir de aproximadamente el 80-85% de la cobertura, el número de emplazamientos necesarios comienza a incrementar de forma exponencial. Los apartados que siguen a continuación describen la metodología detallada utilizada para alcanzar la infraestructura necesaria para ofrecer diferentes niveles de cobertura.

### 1.1.1 – Descripción detallada del modelo de cobertura

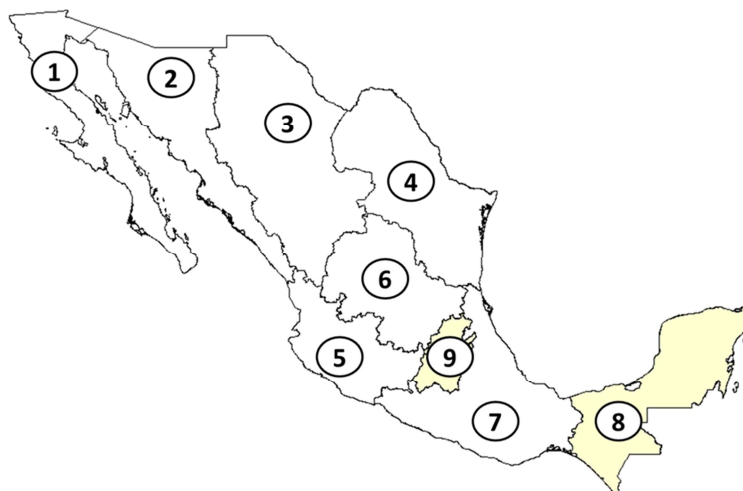
Nuestro modelo evalúa objetivos de cobertura del 84%, 90%, 95% y 98%. El número de habitantes que se cubre en relación con cada punto de explotación se calcula a partir de los datos del Censo 2010 INEGI. La masa continental respectiva que debe cubrir estos puntos de explotación se calcula con la combinación de datos procedentes de los mismos datos del Censo 2010 INEGI, los mapas de México y los mapas de datos de ocupación del suelo con una resolución de 25 m.

#### 1.1.1.1 Mapa de México: regiones de telecomunicaciones

México se divide en 9 regiones para la prestación de servicios de telefonía móvil (o PC) según se muestra en el siguiente mapa:



GRÁFICO 1.2: REGIONES DE TELEFONÍA MÓVIL



En el modelo se utiliza la numeración de región “móvil”. todos los datos de masa continental y población, incluso cuando el modelo objetivo de cobertura de población se sitúa en un plano nacional, se muestran por región, como se explica a continuación.

### 1.2.1.2 Datos del Censo 2010 del INEGI

Los datos de población utilizados para el modelaje son aquéllos disponibles más recientemente del INEGI correspondientes a los resultados del Censo 2010. Los datos en cuestión se proporcionan para cada localidad con información detallada para la población: coordenadas de latitud y longitud “Lat/Long”, estado y municipio. Cada localidad es mapeada a mayor detalle a la región de telecomunicaciones a la que pertenece. La población total para México en 2010 fue de 112,336,538 habitantes, localizada en 2,457 municipios y 192 245 localidades.

### 1.2.1.3 Mapa de uso del terreno para fines de radiopropagación en México

#### Definición del tipo de terreno para radiopropagación

Un “tipo de terreno para radiopropagación” se define como el tipo de “territorio” que será impactado por la radiopropagación. En este modelo se han utilizado 18 tipos de terreno los cuales se definen a continuación:

#### 1 Mar

Áreas de agua costera, incluyendo océanos, bahías y estuarios.

#### 2 Aguas continentales

Áreas con agua al aire libre permanentemente, incluyendo cuerpos naturales y artificiales, ya sea estáticos o en movimiento (ríos, presas –es decir, reservorios-, canales y lagos permanentes).

### **3 Pantanos**

Áreas de tierra abierta o con vegetación que se inunda periódicamente con agua o cubre con agua fija de poca profundidad.

### **4 Desierto**

Áreas que no contienen vegetación.

### **5 Pastizales**

Campos agrícolas típicamente caracterizados por su forma geométrica y utilizados para la producción de cosechas anuales (huertos, viñas, ganado de pastoreo y heno, etcétera). Incluye tierra labrada, lotes subdesarrollados, parques y campos de golf.

### **6 Dehesa**

Vegetación aislada de pequeños matorrales y áreas de pastizal mixto.

### **7 Bosque joven**

Discontinua; densidad mixta (30% - 60% recubierto de follaje), con árboles jóvenes o árboles que por lo general miden menos de 5 (cinco) metros.

### **8 Bosque**

Cubierta continua de plantaciones y/o especies de árboles nativos con una altura promedio generalmente superior a los 5 (cinco) metros.

### **9 Pueblo**

Área con pocas construcciones dentro de un entorno rural que incluyen clases urbanas y suburbanas.

### **10 Suburbano**

Áreas de asentamiento residencial principalmente con casas de 1 (una) planta, con cobertura media de árboles (<30%). La superficie impermeable suma entre 20%-49% de la cobertura total. Incluye áreas denso urbanas (8m – 20m).

### **11 Denso suburbano**

Áreas de asentamiento residencial denso, estructura comercial mixta y de residencias multifamiliares de entre 2 – 4 plantas, con cobertura de árboles (<5%). La superficie

impermeable suma entre 50%-79% de la cobertura total.

### **12 Urbano**

Áreas altamente desarrolladas que consisten de estructuras mixtas tanto comerciales como residenciales multifamiliares (departamentos, etcétera). La superficie impermeable suma entre 80%-90% de la cobertura total. La altura promedio es por debajo de los 40 (cuarenta) metros.

### **13 Denso urbano**

Áreas dentro del perímetro urbano; denso urbano con características construidas generalmente indistintas entre sí. La altura de los edificios es por debajo de los 40 (cuarenta) metros.

### **14 Centro de ciudad**

Áreas dentro del perímetro urbano; denso urbano con características construidas generalmente indistintas entre sí. La altura de los edificios es por arriba de los 40 (cuarenta) metros. Incluye tipos de terreno para radiopropagación únicos o pequeños aislados para edificios altos.

### **15 Conjuntos de edificios**

Grupos de edificios generalmente angostos que pueden estar paralelos y separados por un espacio abierto; (en su mayoría conjuntos de edificios de oficinas y departamentos).

### **16 Industrial**

Áreas industriales/comerciales/institucionales que incluyen edificios con grandes huellas. Las alturas son generalmente por debajo de los 20 (veinte) metros y separados por calles más amplias que 20 (veinte) metros.

### **17 Aeropuerto**

Pistas y superficies de aterrizaje

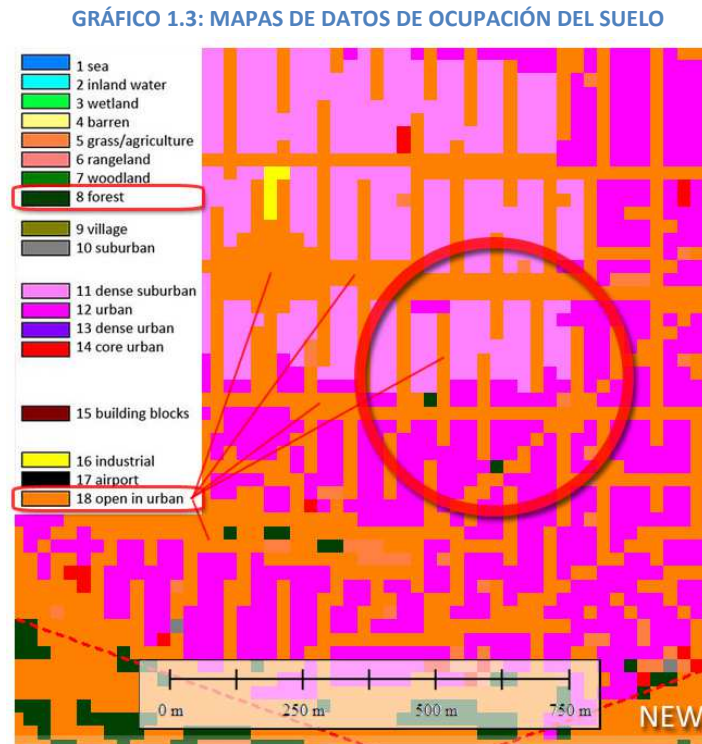
### **18 Suburbios**

Áreas con poca o nula cantidad de vegetación (áreas pavimentadas) dentro de la huella urbana, incluyendo corredores de transportación.

## **Mapa de uso del terreno para fines de radiopropagación**

El territorio nacional mexicano está clasificado dentro de las 18 clases de radiopropagación con una exactitud de 25 m. Dichos mapas han sido proporcionados por Computamaps y están actualizados con la información de imágenes satelitales o aéreas más recientes:

Aquí el ejemplo para el DF:



El modelo de demanda y suministro aún se simplifica más para abordar sólo los tres tipos de “morfologías” de propagación.

Cada morfología se asocia con el desempeño típico de propagación que dirige el presupuesto de atenuación de una celda “link budget” y por ende el rango de la celda.

Asimismo, cada morfología se asocia con una densidad de suscriptor por km<sup>2</sup> que conduce la necesidad de sitios celulares para soportar el tráfico.

Las tres morfologías son:

- Denso urbano
- Suburbano
- Rural

En realidad, el proceso para traducir de las “clases de radiopropagación” a las morfologías se reducen en dos etapas:

1. Traducir las “clases de radiopropagación” a cuatro “radiomorfologías”.
2. Reducir las cuatro “radiomorfologías” a tres morfologías de “habitación de la población”.

GRÁFICO 1.4: CLASE DE DATOS DE OCUPACIÓN DEL SUELO PARA LA CARTOGRAFÍA MORFOLÓGICA

<b>Radiopropagación #</b>	<b>Nombre de la clase de la radiopropagación</b>	<b>Radiomorfología</b>	<b>Morfología de habitación de la población</b>
1	Mar	Rural	Rural
2	aguas continentales	Rural	Rural
3	Pantanos	Rural	Rural
4	Desierto	Rural	Rural
5	Pastizales	Rural	Rural
6	Dehesa	Rural	Rural
7	Bosque joven	Rural	Rural
8	Bosque	Rural	Rural
9	Pueblo	Suburbano	Suburbano
10	Suburbano	Suburbano	Suburbano
11	Denso suburbano	Medio urbano	Suburbano
12	Urbano	Denso urbano	Denso urbano
13	Denso urbano	Denso urbano	Denso urbano
14	Centro de ciudad	Denso urbano	Denso urbano
15	Conjuntos de edificios	Denso urbano	Denso urbano
16	Industrial	Suburbano	Suburbano
17	Aeropuerto	Suburbano	Suburbano
18	Suburbios	Suburbano	Suburbano

El segundo paso tiene como objetivo simplificar la relación entre el ambiente de radiopropagación y la clasificación ambiental de las ciudades típicas. El ajuste de propagación se computa como está descrito en la sección 2.2 Cálculo de sitios y suscriptores.

*1.2.1.4 Metas de cobertura*

## *Opciones Regulatorias para el Uso Óptimo de la Banda de 700 MHz en México*

Se han definido cinco distintas metas de población para construir el modelo de demanda. Los porcentajes exactos han sido aproximados al ordenar las localidades conforme a su tamaño en número de habitantes.

El punto de inicio es la lista de los municipios urbanos principales definidos por el INEGI, que conforman el 77.5% de la población total y 4,525 localidades.

La extensión de cobertura se realiza adicionando localidades ordenadas por rango de población, como se ilustra:

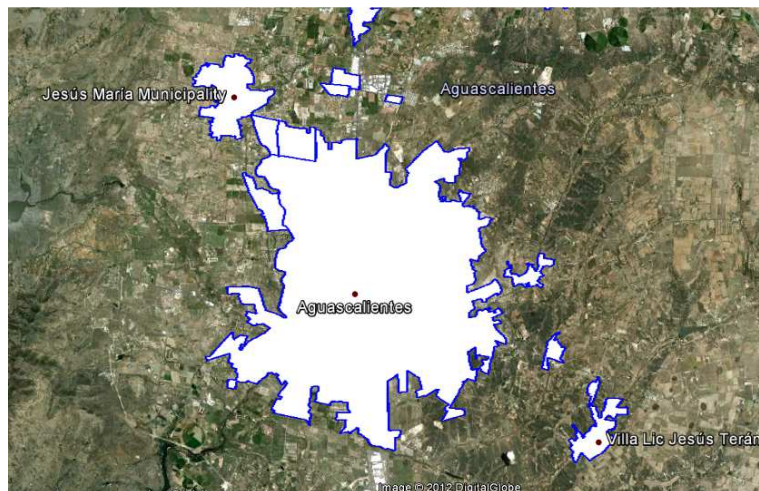
**GRÁFICO1.5: OBJETIVOS DE COBERTURA**

<b>Mínimo de habitantes por localidad</b>	<b>Población cubierta</b>	<b>Población cubierta META</b>	<b>Localidades</b>
Municipios urbanos principales	86 985 544	77.4%	4 525
1000 habitantes	95 506 060	85.0%	10 013
500 habitantes	101 812 326	90.6%	18 993
200 habitantes	107 672 309	95.8%	37 262
80 habitantes	110 373 535	98.3%	57 789

### *1.2.1.5 Polígonos*

Para cada uno de los municipios principales, el INEGI ha dibujado un polígono que define los límites de las poblaciones urbanas exactas según se muestra a continuación ejemplificado para el municipio de Aguascalientes. Cada polígono urbano es una localidad que pertenece a un municipio.

GRÁFICO 1.6: LINDEROS POLIGONALES



Los polígonos se utilizan para extraer el desglose de la masa de tierra de la localidad en las 18 clases de radiopropagación a partir de los mapas de datos de uso del terreno para fines de propagación y después en las cuatro morfologías de radiopropagación.

Del desglose de datos de radiopropagación, la morfología de radiopropagación separada se computa al final como:

Ciudad	Superficie DU	Superficie MU	Superficie SU	Superficie RU
Aguascalientes	0%	0%	71%	29%
	0.043125	0	74.44873	30.711355

La suma de todas las áreas en los polígonos (localidades urbanas en los municipios principales) resulta en la masa territorial total y las áreas correspondientes por morfología de radiopropagación que la red debe cubrir para en realidad llegar a una cobertura del 77.4% de la población.

### Mapeo de la población en la morfología

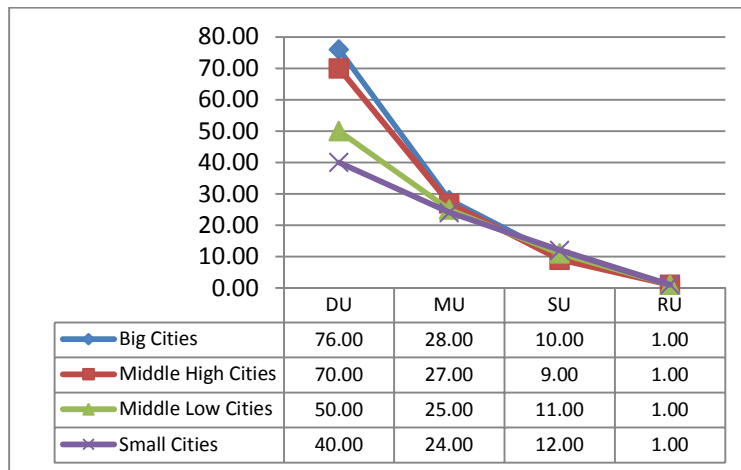
La población está mapeada en cuatro áreas de morfología de radiopropagación al aplicar la densidad relativa de habitante por km<sup>2</sup> entre los cuatro tipos.

$$Equ\ 1 : DU_{area} \times DU_{density} + MU_{area} \times MU_{density} + SU_{area} \times SU_{density} + RU_{area} \times RU_{density} = total\ pop$$

## *Opciones Regulatorias para el Uso Óptimo de la Banda de 700 MHz en México*

$$\text{Equ 2 : } \frac{DU_{\text{area}} \times DU_{\text{density}}}{DU_{\text{area}} \times DU_{\text{density}} + MU_{\text{area}} \times MU_{\text{density}} + SU_{\text{area}} \times SU_{\text{density}} + RU_{\text{area}} \times RU_{\text{density}}} = DU \text{ population ratio}$$

$$\text{Equ 3 : } DU \text{ population ratio} \times \text{total pop} = \mathbf{DU \text{ population}}$$



Las ciudades se clasifican de conformidad con los siguientes umbrales:

Tipos de ciudad	Población mínima
Grandes ciudades	1 000 000
Ciudades mayores	500 000
Ciudades menores	100 000
Ciudades pequeñas	0

### *1.2.1.6 Círculos*

Para las ciudades restantes, las cuales son de menos de 2 mil personas, no se han dibujado polígonos, sino círculos alrededor de las ciudades, los cuales se han creado para definir el área a cubrir y que sean correspondientes con los resultados de la RNP.

**Nota:** La siguiente explicación sólo es aplicada para el modelo dimensionamiento en Excel. El RNP en realidad ha utilizado detalles del mapa de uso del terreno para fines de radiopropagación, así como para la evaluación de propagación exacta.



## *Opciones Regulatorias para el Uso Óptimo de la Banda de 700 MHz en México*

En dichos círculos, las morfologías suburbana y rural han sido distinguidas a las ciudades de 500 habitantes. Para las poblaciones/ciudades más pequeñas, el área total se ha seleccionado como rural.

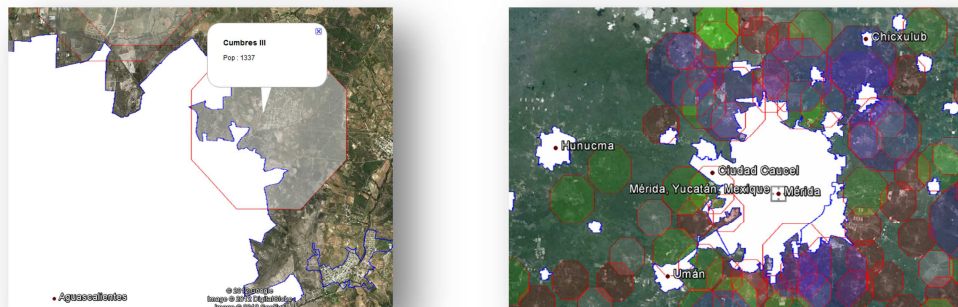
Al final, el número de sitios celulares denso urbanos y suburbanos se manejarán principalmente por la mayor densidad por km<sup>2</sup>, mientras que el área rural dictará el desempeño de la cobertura.

<b>Tamaño de la ciudad</b>	<b>Área de construcción promedio</b>	<b>Radio del círculo (promedio)</b>	<b>Razón SU</b>	<b>Razón RU</b>
> 1000	1.5 km <sup>2</sup>	4.2km	1%	99%
> 500	1.1 km <sup>2</sup>	2.7km	1%	99%
> 200	0.7 km <sup>2</sup>	2.2 km	0%	100%
> 80	0.6 km <sup>2</sup>	2.1 km	0%	100%

El tamaño del círculo es mayor que la ciudad para tomar en consideración varios parámetros:

- Las ciudades de menor tamaño probablemente crecerán en tamaño en el futuro cercano.
- Para alcanzar ciertos niveles de cobertura de población, inclusive deben cubrirse áreas sin construir (campos, calles pequeñas).
- Poblaciones menores tienden a estar aisladas en el territorio y el dimensionamiento simplificado en Excel añade la masa territorial como un área contigua única a cubrir, así pues, para que el resultado sea exacto, el aislamiento se modela por medio de círculos más amplios, hecho que se ha ajustado por región.
  - El modelo analítico supone tierra llana, la cual necesita corregirse por medio de un margen de cobertura (entre 30% y 40%) y cobertura de masa territorial adicional.

GRÁFICO 1.7: LINDEROS POLIGONALES



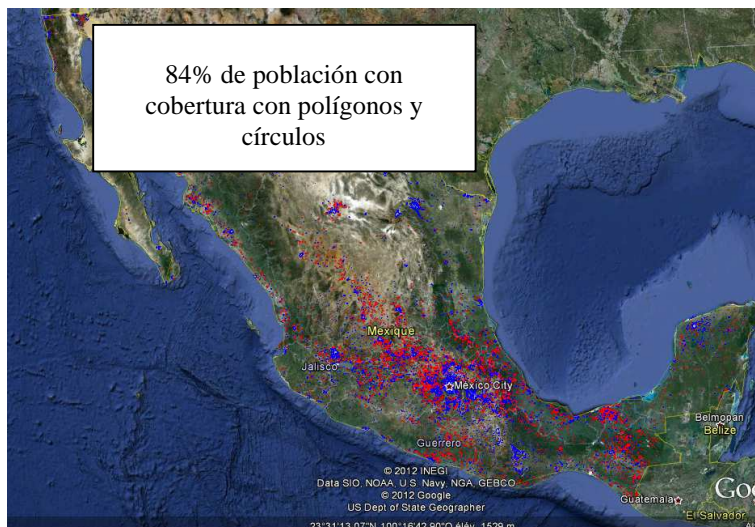
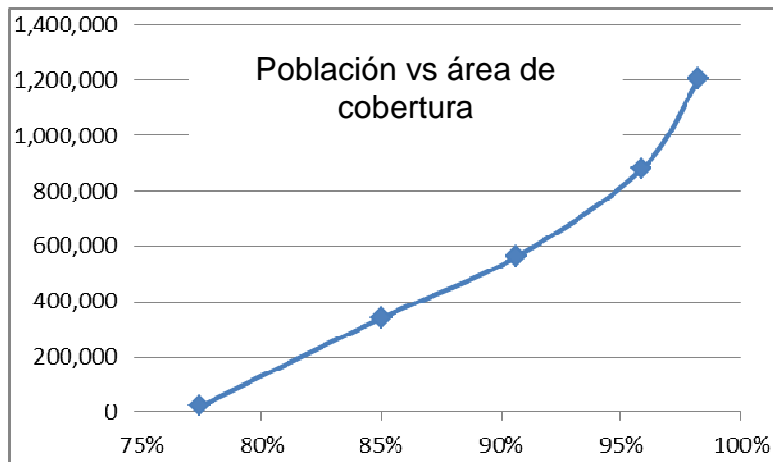
Ejemplo de polígonos y círculos

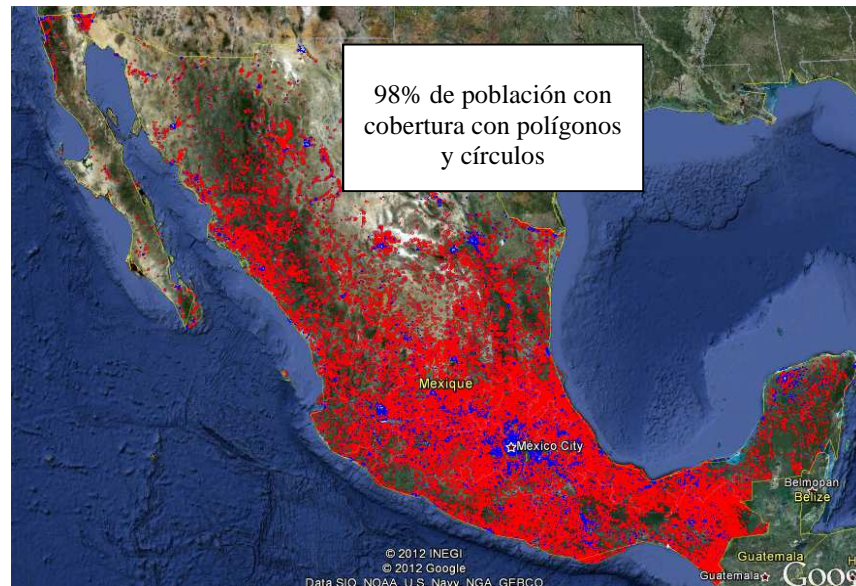
El modelo de cobertura utiliza el cómputo siguiente para el rango de celda y cubre un esquema de área trisectorial en forma de trébol para computar la cobertura de los sitios en la masa territorial.

Radios de los sitios de LTE (Km)					
256 kbps	700	850	1900	AWS	2.6
Urbano	1.03	1	0.45	0.49	0.32
MU	1.62	1.58	0.71	0.77	0.50
SU	3.56	3.45	1.56	1.69	1.20
Rural	11.31	10.97	4.86	5.27	3.73
512 kbps	700	850	1900	AWS	2.6
Urbano	0.89	0.86	0.39	0.42	0.28
MU	1.40	1.36	0.61	0.66	0.43
SU	3.07	2.98	1.35	1.46	1.04
Rural	9.66	9.37	4.15	4.50	3.19

**Resumen de cobertura a la población:**

Con base en los modelos anteriores, la cobertura de la población se muestra a continuación:





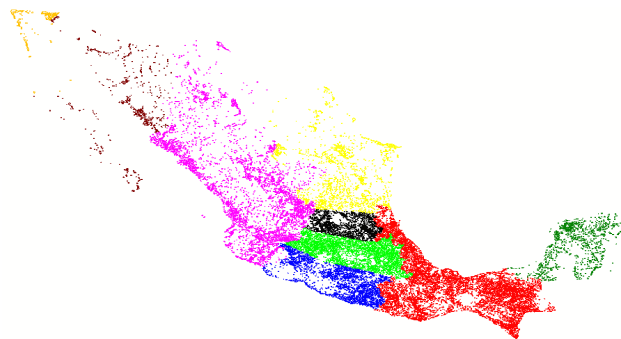
El modelo supone un crecimiento uniforme en la población en todas las regiones y localidades en el tiempo del estudio. La masa territorial se considera fija.

#### *1.2.1.7 Planificación de Redes de Radiocomunicaciones (PRR)*

PRR es el proceso de utilizar herramientas avanzadas para explorar con mayor precisión emplazamientos para las zonas que se cubrirán.

Como último paso para la optimización del diseño de los modelos de redes, se realizó un ejercicio de PRR utilizando 700 MHz para el mercado de México. Los siguientes mapas ilustran los resultados de la PRR. Estos resultados se utilizaron en los modelos de aspectos económicos del mayorista que se han indicado a lo largo del documento.

**GRÁFICO1.8: ZONA DE OBSERVACIÓN DE LA PRR PARA EL 98% DE COBERTURA DE LA POBLACIÓN**



Zona de observación de la PRR para el 98% de cobertura de la población.

## 1.2 Costos de construcción, con la cobertura necesaria y explotación constante [modelo de construcción/explotación] <sup>26</sup>

En este apartado se destacan los costos recurrentes de la prestación de la cobertura y la capacidad que se necesita para alcanzar los objetivos de acceso y asequibilidad de este trabajo. Para poder estimar los costos de la oferta para la actividad comercial habitual y el escenario mayorista, el modelo de oferta:

- incluye componentes principales de costos de red que incluyen el CAPEX y el OPEX a escala granular: “Core”, “Backbone”, “Backhaul”, RAN, gastos generales y de administración y sistema de soporte para operaciones y negocios;
- realiza una estimación de la oferta a partir de diferentes datos del modelo de demanda. Esto permitió al equipo probar la cobertura de red y la capacidad que se necesita para los diferentes escenarios de demanda (por ej., crecimiento de la demanda multiplicado por 2);
- incluye un modelo para estimar los costos de desarrollar una red inalámbrica de nueva construcción o ya existente. Este modelo se basa en un proceso de perfeccionamiento iterativo que incluye aportaciones de un ejercicio de planificación de redes de radiocomunicaciones (PRR) realizado a través de un Fabricante de Equipamientos Originales (FEO) de equipamientos de redes para modelar la física de crear una red inalámbrica específica para México;
- habida cuenta de los retos que supone crear un panorama concreto de los costos de oferta durante un periodo de más de 10 años, permite la presencia de varios elementos sensibles que deben comprobarse en relación con los datos principales;
- también incluye un modelo “de arriba hacia abajo” utilizado para desarrollar perspectivas sobre la capacidad y los aspectos económicos relacionados a los actores existentes a partir de estimaciones realizadas de fuera hacia dentro de los perfiles existentes de infraestructura y demanda.

De forma más específica, el modelo de costos de LTE presenta lo siguientes componentes principales, y cada componente incluye sus propios costos:

- **“Core”** – “Core” representa la infraestructura principal necesaria para explotar la red.
  - **“Core” CAPEX**– Se instala una unidad de base por región inalámbrica. Cada una de estas unidades de base puede ofrecer soporte a 200,000 suscriptores. Cuando los suscriptores superen la cifra de 200,000, los costos de licencia habituales del equipamiento conllevarán un costo que aumenta según el suscriptor. De forma adicional, los costos de mantenimiento y actualización de *software* se incluyen como costos Core.

---

<sup>26</sup> Este trabajo supone que la fibra troncal sobre la red de CFE será desplegada y que el mayorista podrá rentar capacidad de acuerdo a sus necesidades. Nótese también que el modelo supone que el mayorista no paga cargos de interconexión (origen o terminación).

- “Core” OPEX – los costos de explotación constituyen un porcentaje de los costos CAPEX.
- “Backbone” – Representa la fibra que conecta el equipamiento “Core” a las torres que proporcionan conectividad a los dispositivos móviles. El modelo de oferta supone que se producirán costos OPEX asociados con el alquiler de fibra de CFE.
- RAN – Representa el equipamiento de torres y otros costos asociados a la construcción y explotación de las torres en emplazamientos físicos. Los costos de capital incluyen:
  - el *hardware* y *software* de la estación de base que incluye la antena,
  - las piezas de reposición,
  - los servicios de instalación y puesta en marcha,
  - el diseño de redes, la optimización de redes, el transporte, la gestión de proyectos, la adquisición de emplazamientos,
  - los servicios de construcción de los emplazamientos, y
  - la actualización anual de la versión de *software* principal.

Estos costos de CAPEX aumentan con el número de nuevos emplazamientos que se añaden de forma anual. El porcentaje por emplazamiento depende de la morfología que soporta el emplazamiento. Los emplazamientos rurales cuestan aproximadamente el doble que los emplazamientos urbanos.

Los costos OPEX incluyen los costos de alquiler, explotación y mantenimiento, así como la electricidad. Estos costos se incrementan cada año con número total de emplazamientos/torres.

- “Backhaul” – Representa los costos asociados al transporte de señales desde celdas remota a puntos de acceso que representan la entrada a “Backbone”. “Backhaul” puede incluir microondas o fibra. Los costos CAPEX de “Backhaul” incluyen los costos para desarrollar fibra o microondas de alquiler para la infraestructura de “Backhaul”. El CAPEX de “Backhaul” aumenta con el número de emplazamientos nuevos, mientras que el OPEX de “Backhaul” aumente con el número total de emplazamientos.