

Descripción del Proyecto y Viabilidad Técnica (Fracción I Artículo 14 Ley Asociación Privadas).

ÍNDICE

	Pág.
Descripción del Proyecto y Viabilidad Técnica (Fracción I Artículo 14 Ley Asociación Público Privadas)	
1. Introducción	3
2. Características del Proyecto	4
3. Especificaciones Técnicas – Proyecto de referencia	14
4. Especificaciones Técnicas del Proyecto – Anexo Técnico	41
5. Antecedentes y Marco Legal	48
6. Conclusiones - Viabilidad técnica	59

1. Introducción

La Red Compartida es un proyecto ordenado en el artículo décimo sexto transitorio del Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de los artículos 6°, 7°, 27, 28, 73, 78, 94 y 105 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de telecomunicaciones, publicado en Diario Oficial de la Federación el 11 de junio de 2013, cuya implementación está siendo realizada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Gobierno de México (SCT) en coordinación con el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT), como autoridad reguladora y de competencia económica, que consiste en el diseño, la instalación, operación y explotación de una red pública compartida mayorista de telecomunicaciones de cobertura nacional, utilizando tecnología 4G, la cual contemplará, entre otros, el aprovechamiento de 90 MHz de la banda de frecuencias de 700 MHz del espectro radioeléctrico. La Red Compartida deberá cumplir con los requisitos jurídicos, técnicos, económicos, financieros y sociales, entre otros, que establecerá la SCT en el proceso de licitación o concurso respectivo y aquellas obligaciones regulatorias y de competencia económica que el IFT le imponga al o a los agentes económicos que obtengan, en su caso, las concesiones respectivas.

La Red Compartida deberá iniciar operaciones comerciales, como se definen más adelante en este documento, antes de que concluya el primer trimestre de 2018.

La cobertura poblacional será la que haya ofertado el Desarrollador en su propuesta técnico-económica y deberá alcanzarla dentro del plazo y en cumplimiento de las metas anuales ofertadas por el Desarrollador en dicha propuesta técnico-económica.

El tipo de proyecto sujeto al presente análisis, es un proyecto de infraestructura económica para la producción de servicios en el sector de telecomunicaciones, con alcance y cobertura nacional.

Es importante señalar que el proyecto de la Red Compartida no se define a partir de un proyecto de referencia. Para la definición del proyecto se solicitan niveles de servicios que podrán ser atendidos por los participantes en el proceso de licitación a través de diversas propuestas técnicas y de modelo de negocio. La SCT solicitará una propuesta técnica y una propuesta económica en la cual se presenten los detalles del proyecto propuesto por los licitantes. La información presentada podrá cambiar conforme se cuente con información adicional.

En el presente documento se desarrolla el proyecto con base en un modelo realizado por la SCT, pero que no representa las expectativas técnicas que deberá reflejar el desarrollador del proyecto. Se presentan únicamente como referencia para validar la viabilidad del proyecto. El proyecto técnico definitivo, será evaluado como parte del proceso de licitación de la Red Compartida.

En relación a la viabilidad técnica del proyecto, de acuerdo a los niveles de servicio presentados, es de relevancia hacer dos observaciones. La primera es que los estándares y niveles de servicio son considerados mejores prácticas internacionales y por lo mismo son técnicamente viables. Adicionalmente, se realizaron por fabricantes pruebas en la banda de 700 MHz que reiteraron la viabilidad del proyecto.

El comunicado publicado por la SCT en relación a las pruebas de campo señalan lo siguiente: “las pruebas de campo se llevaron a cabo por Alcatel-Lucent, Ericsson, Huawei Technologies y Nokia Networks, proveedores líderes en la industria de tecnologías de comunicaciones inalámbricas, demostrando que el uso de la tecnología LTE en la banda de 700 MHz resulta viable y, entre otros aspectos, permitirá hacer un uso más eficiente del espectro radioeléctrico, posibilitará una mayor cobertura y alcance por radio base instalada y ampliará la penetración dentro de inmuebles y espacios interiores.”.

En relación a la viabilidad económica, se cuenta con un modelo financiero de referencia. Como parte del proceso de licitación, se solicitará a los participantes un modelo financiero.

Se presentan los requerimientos técnicos que deberá cubrir la Red Compartida y se muestra que estos operan bajo estándares internacionales, por lo que son viables.

2. Características del proyecto

La Red Compartida tiene la obligación y el propósito de cumplir con una amplia serie de objetivos, tanto sociales como técnicos y de negocio.

Para cumplir con sus metas, la Red Compartida contemplará la utilización de 90 MHz de la banda de 700 MHz; ofrecerá servicios mayoristas de voz y datos de banda ancha inalámbrica a otros concesionarios o autorizados incluyendo Operadores de Redes Móviles, Operadores de Redes Fijas y Operadores Móviles Virtuales, los cuales a su vez ofertarán servicios minoristas a usuarios finales tales como personas físicas, empresas, dependencias y entidades gubernamentales, organismos e instituciones públicas.

La empresa que operará esta red será seleccionada a través de un proceso de licitación o concurso público internacional. El concursante ganador celebrará un contrato de APP autofinanciable con el Organismo Promotor de Inversiones en Telecomunicaciones (OPRITEL)¹.

La Red Compartida se crea con el fin de mejorar la disponibilidad y la calidad de servicio de los sistemas inalámbricos comerciales existentes en México. Si bien actualmente están disponibles servicios inalámbricos en la mayoría de las zonas suburbanas y urbanas en todo el país, los que se proveen utilizando tecnología 4G están presentes actualmente sólo en las localidades urbanas.

Se busca que la Red Compartida contribuya a un entorno de telecomunicaciones más competitivo, que estimule la provisión de un acceso equitativo a servicios asequibles en más localidades urbanas y rurales, especialmente aquellos en los que no existe actualmente disponibilidad de servicios. Se estima que la naturaleza mayorista y compartida de la red reduzca los requisitos de inversión de capital para los actuales participantes de mercado y para los nuevos operadores, facilite la entrega de servicios inalámbricos vanguardistas y de alta calidad, y aumente la disponibilidad y asequibilidad de opciones de servicios inalámbricos para los mexicanos.

A continuación se describen las características generales en las que se enmarca el proyecto, tanto en la forma legal como económica. Posteriormente se describen con detalle las características técnicas.

Venta de servicios mayoristas

En términos de lo dispuesto por la LFTR, los 90 MHz del espectro radioeléctrico de la banda de 700 MHz para la Red Compartida será asignado por el IFT al OPRITEL mediante concesión de uso comercial.

En tal virtud, y considerando las disposiciones aplicables del Decreto y de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión (LFTR) la Red Compartida tendrá el carácter de red compartida mayorista de servicios de telecomunicaciones, por lo que no podrá ofrecer servicios a usuarios finales, sino exclusivamente a concesionarios y comercializadoras.

De conformidad con el artículo 3, fracción LVI, de la LFTR, se debe entender por red compartida mayorista a cualquier red pública de telecomunicaciones destinada

¹ Se prevé sea creado como un organismo descentralizado de la SCT y que funja como entidad convocante en el concurso internacional de la APP de la Red Compartida.

exclusivamente a comercializar capacidad, infraestructura o servicios de telecomunicaciones al mayoreo a otros concesionarios o comercializadores.

La Red Compartida deberá operar bajo principios de compartición de toda su infraestructura. Únicamente podrá prestar servicios a comercializadoras y concesionarios de servicios de telecomunicaciones, bajo condiciones de no discriminación y a precios competitivos.

La Red Compartida y los agentes económicos que tengan influencia significativa en su operación no podrán crear sus propias comercializadoras.

La Red Compartida y los agentes económicos que tengan influencia significativa en su operación no podrán ofrecer directamente servicios a usuarios finales (incluyendo corporativos, dependencias y entidades gubernamentales).

Precios no discriminatorios en los servicios

La Red Compartida se sujetará, en su diseño y operación, al principio de neutralidad competitiva, el cual se recoge en los artículos 3 y 141 de la LFTR, entre otros, consistente en la obligación del Estado en no generar distorsiones al mercado como consecuencia de la propiedad pública.

En tal virtud, el IFT podrá establecer previsiones para la neutralidad de la Red Compartida, de tal manera que no tenga ventaja competitiva indebida. Asimismo, se asegurará que el Desarrollador cumpla con llevar cuentas separadas de sus actividades de prestación de servicios de telecomunicaciones.

La Red Compartida no recibirá trato preferencial alguno para la obtención de licencias, permisos, derechos de vía, etc., para la construcción y despliegue de la red, o para la celebración de ningún tipo de contrato, sino que todo ello deberá ser responsabilidad de la empresa operadora, como lo es para cualquier otro agente económico con quien compita en el mercado.

Neutralidad tecnológica

Aunque los proveedores de tecnología podrán participar o ser socios del operador de la Red Compartida (siempre y cuando no sean al mismo tiempo prestadores de servicios de telecomunicaciones con influencia significativa), en cualquier caso el operador de la Red Compartida deberá utilizar equipos y sistemas que sean totalmente interoperables con otros equipos, sistemas, redes y equipos terminales fabricados por otros proveedores de tecnología.

Venta desagregada

De conformidad con lo establecido en los artículos décimo sexto transitorio del Decreto y 144 de la LFTR, la Red Compartida operará bajo el principio económico de venta desagregada de todos sus servicios y capacidades. El Desarrollador deberá acogerse a tal principio, y por tanto, deberá comercializar de manera disociada e independiente todos los bienes, servicios, funciones y capacidades relacionados con la Red Compartida, de tal modo que cualquier cliente de la Red Compartida (concesionario o comercializadora) que los adquiera no necesite adquirir también de la Red Compartida más componentes o recursos que exclusivamente aquellos que se requieran para que el servicio o bien específicamente solicitado sea efectivamente proporcionado o suministrado.

Mismas condiciones

La Red Compartida, según lo establecido en el artículo décimo sexto transitorio del Decreto, operará bajo principios de compartición de toda su infraestructura y la venta desagregada de todos sus servicios y capacidades, y prestará exclusivamente servicios a las empresas comercializadoras y operadoras de redes de telecomunicaciones, bajo condiciones de no discriminación y a precios competitivos. Los operadores que hagan uso de dicha compartición y venta desagregada de la red se obligarán a ofrecer a los demás operadores y comercializadores las *mismas condiciones* que reciban de la Red Compartida.

Se entenderá por *mismas condiciones* las características de la capacidad que haya recibido el operador por parte de la Red Compartida, en condiciones no discriminatorias, de acceso abierto y desagregado y de competitividad de precios, debiendo ofrecerlas, en su caso, a otros operadores y comercializadores, sin que se entienda que el valor de la contraprestación económica deba ser el mismo que el oferente haya pagado a la Red Compartida, de conformidad con lo dispuesto en el segundo párrafo del artículo 144 de la LFTR.

Carga regulatoria específica

Se espera que la carga regulatoria específica *ex ante* para el Desarrollador² de la Red Compartida se establezca en tres documentos: el título de concesión única, el título de

² La Sociedad con Propósito Específico de nacionalidad mexicana que deberá constituir el Concursante Ganador de conformidad con lo dispuesto en el artículo 91 de la Ley de Asociaciones Público Privadas y 104 del Reglamento de la Ley de Asociaciones Público Privadas, con quien el OPRITEL celebrará el Contrato de APP y a quien el IFT le otorgará la Concesión Mayorista.

concesión sobre la banda del espectro radioeléctrico, y el contrato de APP que se establecerá entre la entidad contratante y el Desarrollador.

Es fundamental tener en cuenta que el contrato de APP exigirá el cumplimiento de todos los compromisos establecidos en la propuesta técnico-económica del ganador y en los respectivos títulos de concesión (única y de espectro).

El incumplimiento y/o no satisfacción de los requisitos estarán sujetos a penalizaciones financieras e indemnización, e incluso, en su caso, a la rescisión o a la terminación anticipada del contrato, de modo que la empresa que opere la Red Compartida será responsable de todos los aspectos específicos de sus niveles de rendimiento y servicios. Las penalizaciones y demás estipulaciones serán detalladas en las bases de licitación o concurso y en el contrato que regirá la relación entre la entidad contratante y la empresa que opere la Red Compartida.

Precios y regulación tarifaria

No se impondrá una regulación de precios y tarifas a la Red Compartida. Sin embargo, ésta deberá publicar su oferta de referencia vigente. En caso de que requiera actualizar algún precio o tarifa, tendrá libertad de hacerlo y deberá actualizar la oferta pública de referencia. Se visualiza que el regulador no fijará *ex ante* precios ni tarifas a la Red Compartida, sino que se dejará al mercado su determinación. En caso de que existan desacuerdos con terceros que soliciten sus servicios, se sujetará a lo dispuesto en el artículo 15, fracción XIII, de la LFTR.

Las obligaciones que tendrá la Red Compartida en relación a precios y tarifas son la no discriminación y la venta desagregada de todos sus servicios. Lo anterior implica que la Red Compartida deberá ofrecer los mismos precios por los mismos servicios a todos los clientes en igualdad de circunstancias.

No se impondrá a la Red Compartida una regulación relativa al margen de utilidad, o de las obligaciones en relación con precios y tarifas enunciados en esta sección.

Calidad

Las disposiciones de calidad no serían parte de la carga regulatoria de la Red Compartida, sino que formarían parte de reglas de aplicación general en materia de calidad de servicio que emita el IFT y le resulten aplicables.

Dichas reglas contendrán, entre otras, cuestiones relacionadas con atención a los clientes (procesamiento de solicitudes, quejas, etc.) y características del servicio (definición de velocidad mínima para clasificarse como banda ancha, latencia, etc.), y podrán contemplar distintas calidades (considerando cuestiones tecnológicas) revisables periódicamente, medición de parámetros de calidad y mecanismos que permitan deslindar responsabilidades entre la red mayorista y la red minorista cuando no se cumpla con los parámetros de calidad.

Interconexión

La Red Compartida estará obligada y tendrá derecho a negociar convenios de interconexión con todos los concesionarios fijos y móviles, así como de itinerancia (*roaming*) con todos los concesionarios móviles.

La Red Compartida podrá tener numeración asignada para proporcionarla como servicio mayorista a los operadores móviles virtuales. Estos últimos no estarán obligados a utilizar dicha numeración, sino que estarán en posibilidad de solicitar asignaciones propias.

Aquellos concesionarios que cuenten con autorización harán uso de los convenios de interconexión suscritos por la Red Compartida para poder terminar llamadas en otras redes.

Regulación del uso del espectro

A través del contrato de APP se permitirá al Desarrollador el uso y explotación del espectro radioeléctrico necesario para desplegar la Red Compartida, cumpliendo con la normatividad que regula el uso del espectro y los requisitos que se detallan en los documentos finales.

Se solicitará al licitante que presente un plan de espectro detallado para el uso actual y futuro del espectro durante la vigencia del título de concesión, que evite la necesidad de bandas de guarda. Se deberá incluir como parte del plan de espectro los canales y bandas que permitan el uso global y eficiente de la segmentación APT700, y deberá ser compatible con los dispositivos disponibles mundialmente para la segmentación APT700 de la banda.

La cobertura de la población es una prioridad para la Red Compartida y se espera que se consiga utilizando al menos un conjunto de canales a nivel nacional para el despliegue (en adelante, "canales de cobertura"). Una vez obtenida la cobertura de la población utilizando un plan determinado de canales de cobertura, se espera que la expansión de la capacidad para mantener los niveles de calidad de servicio se consiga por medio de

canales adicionales habilitados sobre equipos o torres previamente instalados (en adelante, “canales de capacidad”).

Los licitantes deberán presentar un plan de banda que detalle el canal de cobertura y planes para canal de capacidad para la instalación y despliegue de la Red Compartida, como parte de su propuesta técnico-económica.

Funciones de las partes integrantes de la APP

El OPRITEL (como Entidad Convocante) y Telecomunicaciones de México (Telecomm) celebrarán con el Desarrollador el Contrato de APP, aportando el primer organismo los derechos de uso, aprovechamiento y explotación, bajo la figura de arrendamiento, de los segmentos de 703 a 748 MHz y de 758 a 803 MHz con un total de noventa (90) MHz a nivel nacional y, el segundo organismo el derecho de uso, aprovechamiento y explotación de un (1) par de hilos de fibra óptica oscura de la Red Troncal³, a fin de ser utilizados por el Desarrollador para el diseño, instalación, despliegue, operación, mantenimiento y actualización de la Red Compartida y la comercialización del Servicio Mayorista de Telecomunicaciones a través de dicha red, sin que lo anterior implique que se le confiera o transmita la titularidad de la Concesión de Espectro, las obligaciones de la Concesión de Telecomm⁴ ni la propiedad de la fibra óptica.

El Desarrollador, en su carácter de arrendatario de los derechos de uso, aprovechamiento y explotación de las bandas del espectro, estará sujeto al cumplimiento permanente de las condiciones y términos establecidos en estas Bases, en el Contrato de APP, en el título de Concesión de Espectro, en el título de Concesión Mayorista, en lo dispuesto en la LFTR y en las demás disposiciones que establezca el IFT.

El Desarrollador pagará anualmente al Organismo Promotor de Inversiones en Telecomunicaciones, OPRITEL, a partir de la firma del Contrato de APP, por concepto de contraprestación por el arrendamiento del espectro correspondiente, la cantidad equivalente al total de los derechos por el uso, aprovechamiento y explotación de la banda de frecuencias del espectro, establecidos en la Ley Federal de Derechos vigente en el momento de pago. Dicha contraprestación deberá incluir sus actualizaciones y las contribuciones que se generen conforme a la legislación aplicable.

³ Red de fibra óptica a que se refieren los artículos décimo quinto y décimo séptimo, fracción I, transitorios del Decreto de Reforma Constitucional.

⁴ Se prevé que la cesión del par de hilos de la Red Troncal sea opcional y quede bajo la decisión del Desarrollador su uso, razón por la que en el análisis de costo-beneficio de esta APP no se considera su impacto.

Por su parte, el Desarrollador deberá asumir todos los costos y aportar todos los recursos económicos que se requieran para que diseñe, instale, despliegue, opere, mantenga y actualice la Red Compartida y comercialice Servicios Mayoristas de Telecomunicaciones a través de dicha red.

Asimismo, los bienes (muebles e inmuebles), derechos, infraestructura, equipos, autorizaciones, licencias, permisos, derechos de vía, pagos y demás elementos materiales, humanos, financieros o de cualquier otra índole que se requieran para diseñar, instalar, desplegar, operar, mantener y actualizar la Red Compartida y prestar el Servicio Mayorista de Telecomunicaciones, distintos al derecho de uso del espectro que será arrendado al Desarrollador por el Organismo Promotor de Inversiones en Telecomunicaciones, OPRITEL y de la fibra óptica que será aportada por Telecomm, deberán ser aportados por el Desarrollador.

El Desarrollador deberá obtener del IFT la Concesión Mayorista a fin de poder prestar el Servicio Mayorista de Telecomunicaciones, conforme a lo establecido en las presentes Bases y a lo dispuesto en los “Lineamientos Generales para el Otorgamiento de las Concesiones a que se refiere el Título Cuarto de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión”, publicados en el DOF de 24 de julio de 2015.

El Desarrollador además deberá, entre otros:

- Gestionar y obtener cualquier permiso, autorización, derecho de vía o de uso de infraestructura pasiva, manifestación de impacto ambiental, entre otros, que requiera para el diseño, instalación, despliegue, operación, mantenimiento y actualización de la Red Compartida y la comercialización del Servicio Mayorista de Telecomunicaciones a través de dicha,
- Pagar por el mantenimiento de los segmentos de fibra óptica aportados por Telecomm y que efectivamente utilice el desarrollador.
- Cumplir con las demás aportaciones y obligaciones establecidas en estas Bases y en el Contrato de APP y,
- Compartir con la Entidad Convocante una porción de las utilidades que genere el Proyecto conforme a los mecanismos que se detallan en el Contrato de APP.

El Desarrollador se obligará a constituir un Fideicomiso en los términos que se establecen en el Contrato de APP, que tendrá, entre otras finalidades: (i) recibir todos los

ingresos que provengan de la operación del Proyecto, de la prestación de los Servicios Mayoristas de Telecomunicaciones, de actividades o contratos relacionados o derivados del Proyecto; (ii) pagar las contraprestaciones y demás conceptos establecidos en el Contrato de APP; (iii) entregar al Desarrollador las cantidades correspondientes en términos de lo pactado en el contrato de fideicomiso; (iv) establecer y administrar un Fondo de Reserva cuyo principal objetivo sea contribuir a la disponibilidad de recursos para cubrir los gastos de capital que se requieran para alcanzar la Cobertura Poblacional Ofertada, (v) implementar el mecanismo de compartición de utilidades y (vi) pagar los otros conceptos que se establezcan en el contrato de Fideicomiso.

El Organismo Promotor de Inversiones en Telecomunicaciones, OPRITEL vigilará el cumplimiento de las obligaciones contraídas por el Desarrollador conforme al Contrato de APP aplicando las penas que procedan. Por su parte, el IFT vigilará y sancionará el cumplimiento de las obligaciones establecidas en los títulos de concesión y a la normatividad aplicable.

3. Especificaciones técnicas – proyecto de referencia

A continuación se presenta la descripción técnica de referencia de la Red Compartida. Como se ha mencionado, el proyecto será definido por el ganador de la licitación con base en las especificaciones y niveles de servicio descritos en la convocatoria pública y el Anexo Técnico. Sin embargo, con el objetivo de transparentar el las especificaciones generales de un proyecto de esta naturaleza, se presenta a continuación una descripción general.

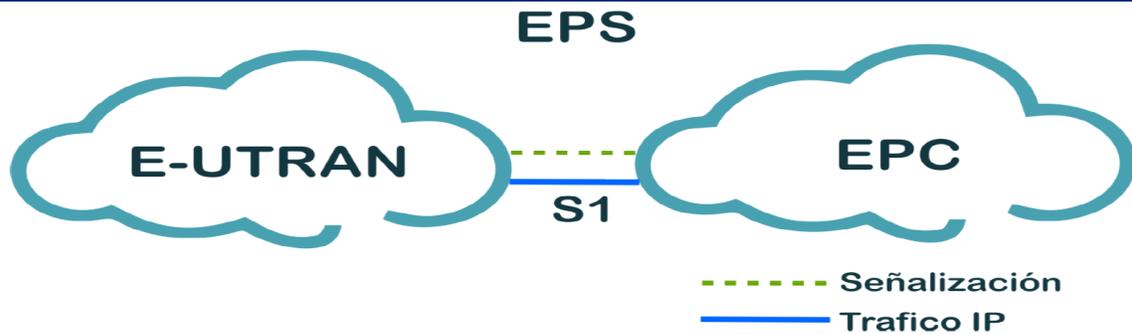
Arquitectura de la red

Para dar cuenta del diseño y las características de este tipo de sistema, existen múltiples conceptos que ayudan a identificar sus componentes, tanto en los términos establecidos por el 3GPP, como en otros de uso común en la industria. Tales componentes, así como las formas en las que se articulan en la tecnología LTE, se describen enseguida:

Denominación del concepto en el 3GPP ¹⁵	Denominación del concepto en la industria ¹⁶
E-UTRAN (Evolved UMTS ¹⁷ Terrestrial Radio Access Network). Corresponde al grupo de evolved NodeB's (eNodeB's) que gestionan y proveen la parte de Radio Access Network (RAN) a los usuarios finales.	LTE. Corresponde al grupo de eNodeB's que gestionan y proveen la parte de Radio Access Network (RAN) a los usuarios finales.
EPC (Evolved Packet Core). Comprende la parte del Packet Switch Core Network (PS-CN) evolucionado que satisface las necesidades de LTE.	SAE (System Architecture Evolution). Se trata de la parte del Packet Switch Core Network (PS-CN) evolucionado capaz de satisfacer las necesidades de LTE.

Esta integración, para la industria, se conforma por SAE/LTE y es conocida como EPS (Evolved Packet System), lo cual se muestra en la figura 1.

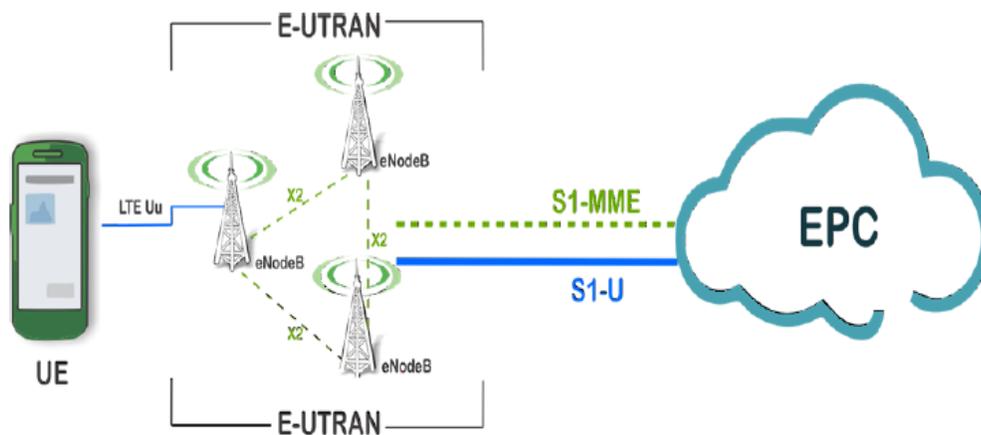
Figura 1. Elementos de EPS y su relación



Fuente: Elaboración propia.

En lo que se refiere a las características y especificaciones del sistema LTE, el componente E-UTRAN comprende la RAN que administra el acceso inalámbrico de los User Equipment's (UE's) a la red en que opera, además gestiona los recursos de la interfaz del aire. E-UTRAN se conforma por el conjunto de eNodeB's interconectados a través de la interfaz lógica denominada X2, principalmente con fines de mejora de la movilidad y eficiencia del handover de los UE's. Cada eNodeB forma conexiones lógicas con el EPC por medio de las interfaces S1-MME (MME denota un dispositivo físico y lógico llamado Mobility Management Entity) y S1-U, en el primer caso para comunicarse al MME y en el segundo para la transmisión de los flujos de datos Internet Protocol (IP) de los UE's al Serving Gateway (S-GW). Este proceso se ilustra enseguida.

Figura 2. Conexiones lógicas en E-UTRAN



Fuente: Elaboración propia.

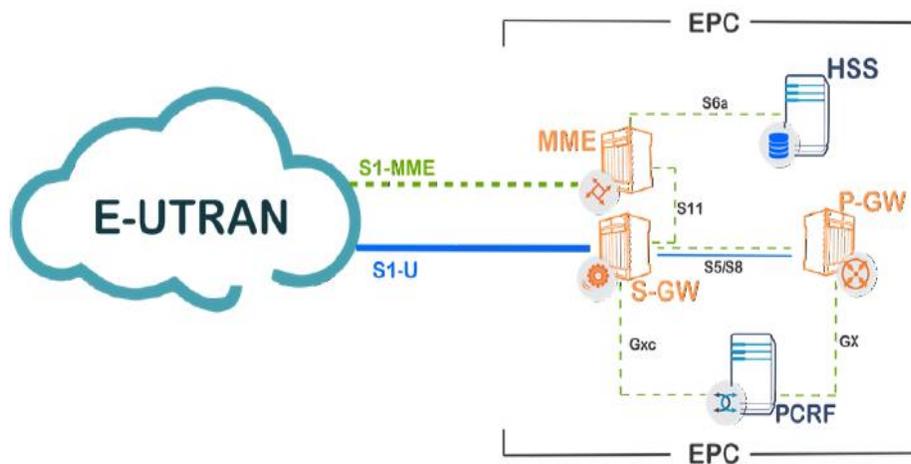
El EPC está compuesto por un dispositivo MME, que actúa como cerebro de las funciones de control del sistema y se encarga de tomar decisiones y mantener ubicados a los UE's en la red. El MME tiene comunicación directa con el servidor Home Subscriber Services (HSS) donde reside la base de datos de los suscriptores de la red.

Otro elemento es el S-GW y tiene como función principal el reenvío de los flujos de datos generados por los UE's; estos datos provienen de cada eNodeB conectado a la red, de manera que los flujos de datos llegan hasta el Packet Data Gateway (P-GW). Este último actúa como puerta de enlace de los UE's hacia otras redes IP o Packet Data Networks (PDN), por ejemplo: Internet, una red corporativa o redes de servicios IP como Voice over LTE (VoLTE) o Internet Protocol Television (IPTV), las cuales son asociadas a un Access Point Name (APN) para ser identificadas.

Así, cuando un UE requiere conectarse a una PDN específica, el P-GW determina cómo llegar a cada una. Además, el P-GW aplica políticas de Quality of Service (QoS) específicas para los usuarios o para las líneas virtuales de transporte de datos (bearers) generadas para cada APN. Dichas políticas son creadas en un elemento llamado Policy and Charging Rules Function (PCRF).

Por su parte, los elementos del EPC se interconectan a través de diferentes interfaces lógicas estandarizadas, las cuales son necesarias para llevar a cabo funciones de control, administración, señalización y transporte de datos, como se muestra enseguida:

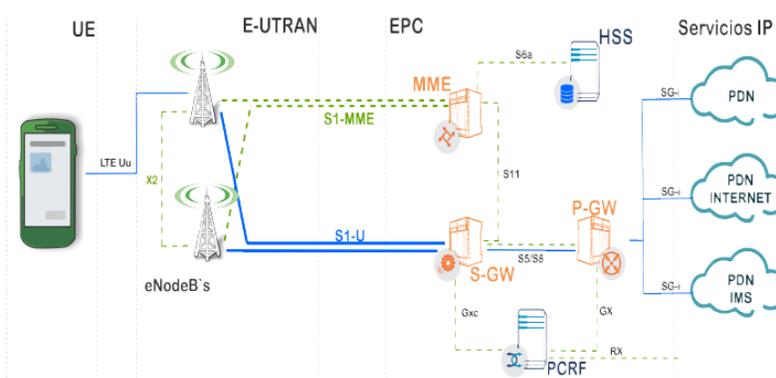
Figura 3. EPC Packet Core



Fuente: Elaboración propia.

En lo que se refiere a su funcionamiento, el núcleo o core de LTE está dividido en dos planos lógicos, el Control Plane (CP), o plano de control y el User Plane (UP), o plano del usuario. El primer plano habilita la interacción de los elementos de la Red Compartida para la gestión de sus recursos; con ello se ejecutan los procesos de autenticación de los usuarios al sistema LTE, se gestionan las bearers del EPC y se maneja la movilidad de los UE's a través de la red. En el segundo caso, en el plano del usuario el tráfico de datos generado por las UE de la red se encapsula y se transporta por medio de un túnel generado desde los eNodeB's hasta el P-GW, de donde es posible derivarlos hacia la PDN, Internet o IP Multimedia System (IMS). El funcionamiento en conjunto del sistema LTE se muestra enseguida.

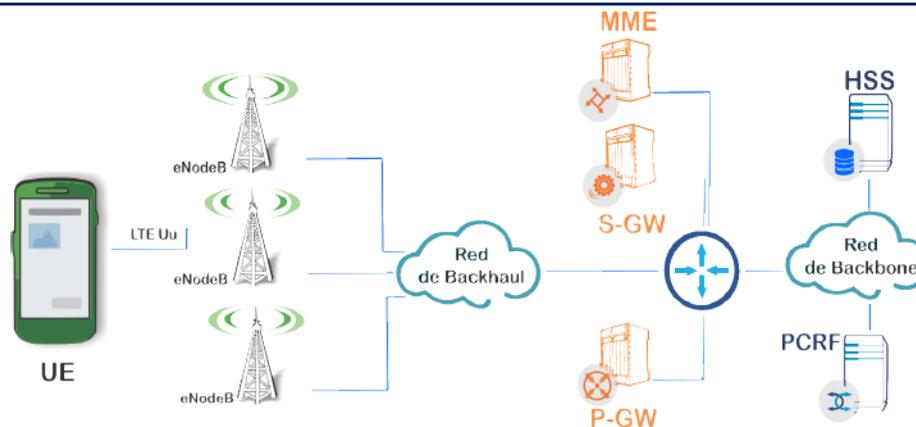
Figura 4. Arquitectura LTE



Fuente: Elaboración propia.

En lo relacionado con otros requerimientos de operación, LTE opera bajo redes de conmutación de paquetes o PS-CN, por tanto, son necesarios dispositivos de red como routers y switches para interconectar los elementos del sistema. Estos dispositivos son capaces de implementar diferentes tecnologías como Virtual Local Área Networks (VLAN's) y Multi Protocol Label Switching (MPLS), entre otras, o protocolos de ruteo como Open Shortest Path First (OSPF) y Border Gateway Protocol (BGP). Asimismo, en LTE, los eNodeB's se conectan al EPC por medio de redes físicas y lógicas de transporte de datos conocidas genéricamente como backhaul. Esto permite que los dispositivos del EPC, aunque estén en diferentes ubicaciones geográficas, puedan comunicarse. Esta situación se muestra en la figura 5.

Figura 5. Networking y LTE



Fuente: Elaboración propia.

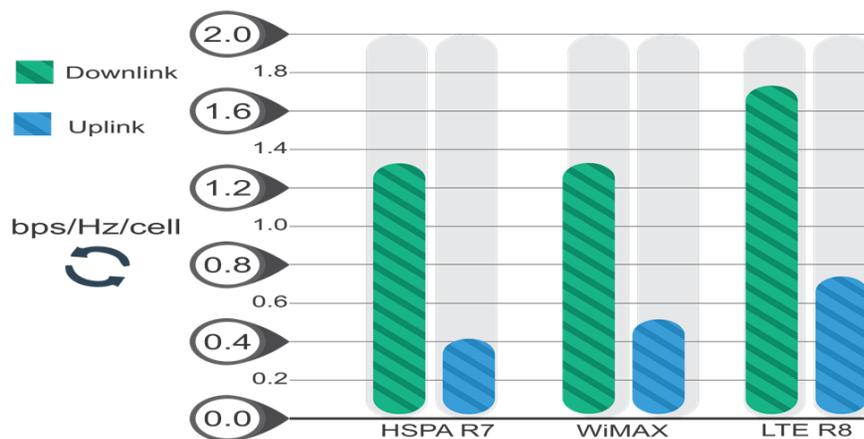
Lista y descripción de las funcionalidades requeridas

- Aplicaciones y servicios. LTE es concebida como una tecnología ideal para expandir servicios y aplicaciones multimedia en tiempo real como voz, video, juegos en línea, entre otros, por ello, la Red Compartida debe cumplir con QoS que garanticen la transmisión de los datos requeridos para tales servicios.
- Capacidad. La Red Compartida tiene que contar con la capacidad de aumentar la tasa de transferencia máxima de datos ofrecida a los usuarios, y por ende, la tasa de transferencia de la celda, en comparación con las redes 4G actuales en el país. Es decir el diseño debe reflejar una mejora en la capacidad de transferencia en relación a los recursos disponibles, en particular al ancho de banda disponible.
- Disminución de costo. Con base en los estándares Self-Organizing Network (SON) definidos por el 3GPP, la Red Compartida debe ser capaz de reducir los gastos de capital (CAPEX) gracias a la automatización de la gestión, así como los gastos operativos (OPEX) debido a que reduce la ejecución de tareas de personal en campo relacionadas con la optimización de la red, por ejemplo la modificación de la inclinación de las antenas de los eNodeB's.
- Cobertura. Se refiere al conjunto de especificaciones y parámetros de diseño que se relacionan con la medición del Referent Signal Received Power, (RSRP) que permita la conexión de los UE a la Red.
- Manejo eficiente del handover. Utilizar la funcionalidad SON para automatizar la lista de los eNodeB's vecinos a fin de conseguir procesos de handover exitosos en la Red Compartida.
- Calidad de Cobertura. Se obtiene mediante la combinación de técnicas de reducción de interferencia –como Inter-Cell Interference Coordination (ICIC) –solo en casos necesarios, es decir con abundancia de celdas para satisfacer las necesidades de demanda, con escenarios tales como small cells-, la regulación

de potencia de salida en los sectores de los eNodeB's y la orientación e inclinación adecuadas de las antenas sectoriales. Como resultado, la Red Compartida estará e capacidad de alcanzar los niveles y la calidad de Signal to Interference & Noise Ratio (SINR).

- Cumplimiento con IP. Todas las capas de la Red Compartida tendrán que estar basada totalmente en IP, abriendo la posibilidad para su integración con múltiples tecnologías basadas en dicho protocolo, no necesariamente definidas por el 3GPP.
- Eficiencia espectral. Se refiere a el mejor aprovechamiento de la capacidad de la banda de frecuencias cuando se transmiten datos a través de ella, es decir entre mayor sea el número de bits transmitidos por cada hertz disponible, la eficiencia espectral es mejor. Esta característica se refiere a la reducción del costo por bit transmitido. Para lo cual, la Red Compartida utilizará técnicas de multi antenas, tanto para la transmisión y recepción por medio de la tecnología Multiple-Input Multiple-Output (MIMO), así como el uso de otras tecnologías específicas de LTE20 detalladas más adelante. Como referencia, se muestran diferencias importantes en la eficiencia espectral, de acuerdo con las tecnologías determinadas por la International Telecommunication Union (ITU), a través del Telecommunication Development Bureau (BDT) para redes 4G, desde la High Speed Packet Access (HSPA), Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) hasta LTE.

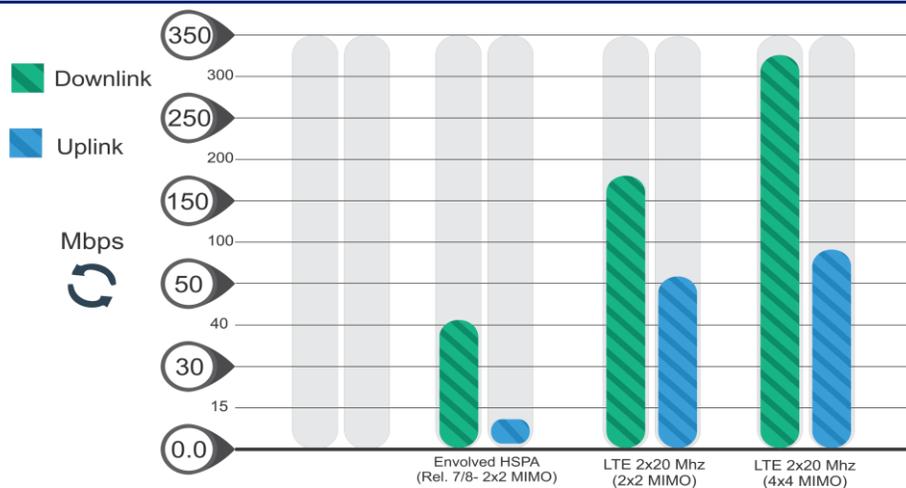
Figura 6. Comparación de eficiencia espectral en tecnologías 4G



Fuente: Elaboración propia.

-
- Escalabilidad y flexibilidad de ancho de banda. La Red Compartida debe contar con la posibilidad de operar en anchos de banda desde 5MHz hasta 20MHz, de manera que se reduzca la complejidad de la introducción de la tecnología en la interfaz de aire y se amplíen las posibilidades de expansión de la capacidad, en comparación con tecnologías de generaciones anteriores. Para ello la Red Compartida debe incorporar mecanismos como Carrier Aggregation (CA), que permitirá agregar ancho de banda durante las distintas fases de desarrollo de la Red Compartida, de manera que se logre utilizar los 90 MHz de espectro disponible. No obstante los 90 MHz pueden ser utilizados sin el uso de CA, utilizando portadoras separadas.
- Gestión. La Red Compartida tiene que contar con mecanismos de gestión ágiles, definidos por SON, que coadyuven a disminuir la complejidad de operación y que permitan desplegar las fases de SON: Self-Configuration, Self-Optimization y Self-Healing de los nodos LTE.
- Incremento de la velocidad de transferencia de datos. Dada la optimización del espectro radioeléctrico y las avanzadas técnicas de transmisión con antenas que caracteriza a LTE, se espera que la Red Compartida incremente considerablemente la velocidad de carga (uplink) y descarga (downlink) de datos ofrecida al usuario (UL y DL, respectivamente).

Figura 7. Comparación de velocidades de transferencia de datos en tecnologías 4G.



Fuente: Elaboración propia.

- Interoperabilidad. Los elementos que integran la red sustentaran su operación en los protocolos estandarizados que permitan la interacción entre dispositivos de múltiples fabricantes, entre otros, mediante las interfaces y puntos de referencia de la arquitectura LTE. La Red Compartida debe considerar la posibilidad de trabajar con redes de otros operadores basadas en tecnología previas a LTE, por ello necesita considerar al menos un esquema con base en la interfaz S4, que permite la comunicación de los elementos del EPC de LTE con los elementos de la red 2G/3G.
- Latencia en la red. El sistema LTE 4G mejora los tiempos de respuesta a través de la disminución de los retardos de una red, a diferencia de tecnologías de comunicaciones de acceso inalámbrico anterior. Por consiguiente, la Red Compartida deberá contar con los requerimientos necesarios para mejorar la experiencia del usuario, a través de nuevos servicios.
- Movilidad. La Red Compartida debe ofrecer los mecanismos necesarios para la transición de los usuarios de una tecnología de redes de acceso inalámbrico a otra, ya sea 2G, 3G o 4G.
- Seguridad. Es necesario considerar mecanismos de seguridad, tanto en el acceso como dentro del dominio de la red. En el acceso durante el proceso de registro del UE con la red a partir de la generación y compartición de claves con el EPC. En cuanto al dominio de la red con base en las especificaciones del 3GPP TS 33.210, con el uso de entidades Security Gateways (SEGs) y la aplicación de protocolos como IPSec y claves IKE (Internet Key Exchange).

- Calidad de Servicio (QoS). Con el fin de garantizar calidad a los suscriptores móviles en tiempo real, en servicios como televisión, video sobre IP y voz, el estándar LTE está diseñado para identificar diferentes tipos de tráfico y proporcionar un trato diferenciado a éstos. Para lograrlo, se emplean parámetros QoS tales como la prioridad, el delay, o la tasa máxima de paquetes permitidos. Por ello, la Red Compartida estará habilitada para soportar y agilizar este tráfico, desde que los datos ingresen hasta que salgan de ella (QoS extremo a extremo).

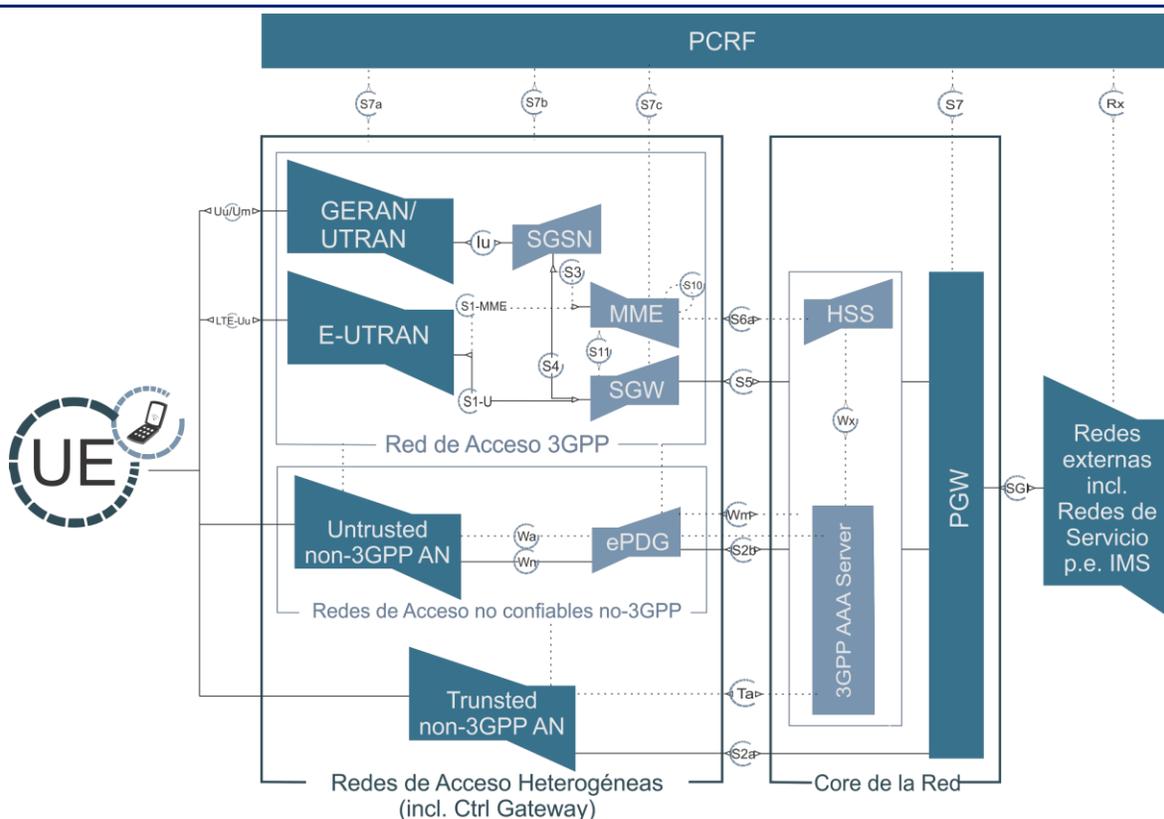
Interfaces e interoperabilidad

Por lo que corresponde a este par de aspectos de la funcionalidad, se espera que la Red Compartida cuente con protocolos e interfaces estándares que garanticen que los distintos elementos que la conforman puedan interactuar entre sí, independientemente del fabricante de los mismos. Para cualquiera de los casos que se pueden presentar, es necesario contar con interfaces estándar que habiliten su conectividad e interacción, y permitan a la Red Compartida consolidarse como un sistema abierto.

Es importante destacar que la tecnología LTE, seleccionada para la construcción de la Red Compartida, está basada en el PS-CN, mientras las redes 2G/3G operan con tecnología del tipo Circuit Switched Core Networks (CS-CN). La conexión con redes de generaciones anteriores es importante, porque actualmente el servicio de voz se ofrece por tecnologías 2G/3G en los casos que IMS y VoLTE no estén desplegados como parte de la red 4G.

La interoperabilidad de la Red Compartida y su coexistencia con otras tecnologías, obliga a que sus elementos operen bajo protocolos e interfaces estándar. En la siguiente figura, se ilustra esta característica de la Red Compartida.

Figura 8. Interoperabilidad de LTE con otras tecnologías.



Fuente: Elaboración propia.

Tal como se muestra en la figura 8, la comunicación entre los elementos que conforman la arquitectura LTE, se lleva a cabo a través de distintas interfaces estandarizadas por el 3GPP, las cuales se identifican según la siguiente nomenclatura: S1-MME, S1-U, S1-U, S3, S4, S5/S8, S5, S8, S10, S11, S12, S6a, SGi, Sv, Gx, Rx, X2. Asimismo, estas interfaces son esenciales para lograr la conectividad IP entre los dispositivos móviles de los usuarios y las redes externas.

Cálculos de desempeño y capacidad (por sitio y por sector)

El desempeño de un sitio de propagación móvil está relacionado con el rendimiento alcanzado por el Physical Downlink Shared Channel (PDSCH) -por este canal se transmiten los datos-. El desempeño máximo de este canal depende de los siguientes factores:

- La cantidad de Resource Elements (REs) disponibles en el canal. En donde la agrupación mínima de RE se llama Radio Bloque (RB).

- El esquema de modulación que se aplica a cada RE.
- El esquema de múltiples antenas utilizado (MIMO).
- La redundancia de la capa física.

En el caso de redes LTE-A puede considerarse Carrier Aggregation (CA) como un factor adicional, aunque para la Red Compartida, se recomienda hacer un despliegue inicial, basado en una sola portadora de 20 MHz. Sin embargo la consideración de CA duplicaría la capacidad calculada en esta sección. Cabe la pena destacar que la Red Compartida utilizará el método de operación Frequency-division Duplexing (FDD).

Con base en las consideraciones anteriores, en el caso particular de la Red Compartida, los parámetros definidos para el cálculo de desempeño son los mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 1. Parámetros Generales

Parámetros generales	Valor	Unidad
<i>Normal Cyclic Prefix</i>		
Transmission Time Interval (TTI)	0.001	s
Ancho de banda	20	MHz
Espacio entre <i>subcarriers</i>	15	KHz
Resource Blocks (RB)	100	#
<i>Subcarriers</i> por RB	12	#
Símbolos por <i>Slot</i>	7	#
<i>Slots</i> por <i>Subframe</i>	2	#
Resource Elements (RE) por <i>Subframe</i>	16800	#
Número de símbolos para control	2	#
Resource Elements para control	2400	#
Resource Elements para Señales de Referencia (RS):		
MIMO 2x2	1600	#
MIMO 4x4	2400	#
Modulación (Bits por símbolo):		
QPSK	2	Bits
16QAM	4	Bits
64QAM	6	Bits
Ganancia de la tasa de datos con Single User MIMO (SU-MIMO):		
(Localidades Rurales) MIMO 2x2	2	#
(Localidades Urbanas) MIMO 4x4	4	#

Fuente: Elaboración propia.

Los datos de la tabla anterior tienen como referencia el 3GPP TS 36.211 y corresponden al escenario propuesto para la Red Compartida, en el que se utiliza una portadora de 20 MHz y, MIMO 2x2 en el caso de localidades rurales y MIMO 4x4 en el caso de localidades urbanas. En particular el uso de Normal Cyclic Prefix obedece a la consideración de un escenario típico –Extended Cyclic Prefix es más aplicable en escenarios con mayor concentración de edificios y mucha difracción-; la cantidad de símbolos considerados

para los canales de control se define en 2, valor promedio -con un valor máximo 3-. Asimismo los valores de los parámetros genéricos como son TTI, espacio entre subcarriers, cantidad de RB, subcarriers por RB, símbolos por slot, slots por subframe, número de símbolos para control son tomados del 3GPP TS 36.211. Así pues, según los parámetros y valores definidos, se elaboró un primer cálculo, correspondiente con el valor teórico máximo de la tasa de descarga por sector (célula). La tabla siguiente muestra la capacidad en Mbps máxima teórica.

Tabla 2. Capacidad Máxima en Mbps máxima retórica

Modulación	MIMO	
	2x2	4x4
QPSK (Mbps)	67.2	134.4
16 QAM (Mbps)	134.4	268.8

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados se presentan de acuerdo con los tres esquemas de modulación posibles en la tecnología LTE y LTE-A, los esquemas de MIMO propuestos para la Red Compartida y considerando que todos los REs están disponibles en el canal de transmisión de datos –es decir, no se consideran reducciones por REs utilizados para control, señales de sincronización y de referencia-. Los resultados son un reflejo del desempeño máximo teórico que se puede obtener en cada célula de la Red Compartida. Sin embargo, se toman en cuenta otras reducciones, según los símbolos utilizados por los canales de control, Packet Broadcast Control Channel (PBCCH), señales de sincronización primaria y secundaria, y los REs utilizados por las Señales de Referencia (RS) a partir de los esquemas de MIMO definidos, así como, la eficiencia de acuerdo al coding rate establecido en el Channel Quality Indicator (CQI) al que tenga acceso el usuario. La tabla muestra un cálculo teórico contemplando los factores anteriores, con el objeto de obtener el valor teórico máximo de desempeño:

Tabla 3. Valor teórico máximo de desempeño

Modulación	MIMO		CQI
	2x2	4x4	

64 QAM (Mbps) 124.6 241.7 15

Fuente: Elaboración propia.

En este cálculo se utilizó el CQI máximo que puede alcanzar un usuario en operación, además de reducciones adicionales del 15% por retransmisiones y overhead (generado por el Master Information Block (MIB), paging, señalización RRC y encabezados de los protocolos de acceso). Los resultados de esta tabla se encuentran en el ámbito teórico, es decir en condiciones de operación de la Red Compartida no es común alcanzar estos valores. No obstante, enseguida se presenta la tabla de Modulation and Condign Scheme (MCS):

Tabla 4. Modulation and Condign Scheme (MCS)

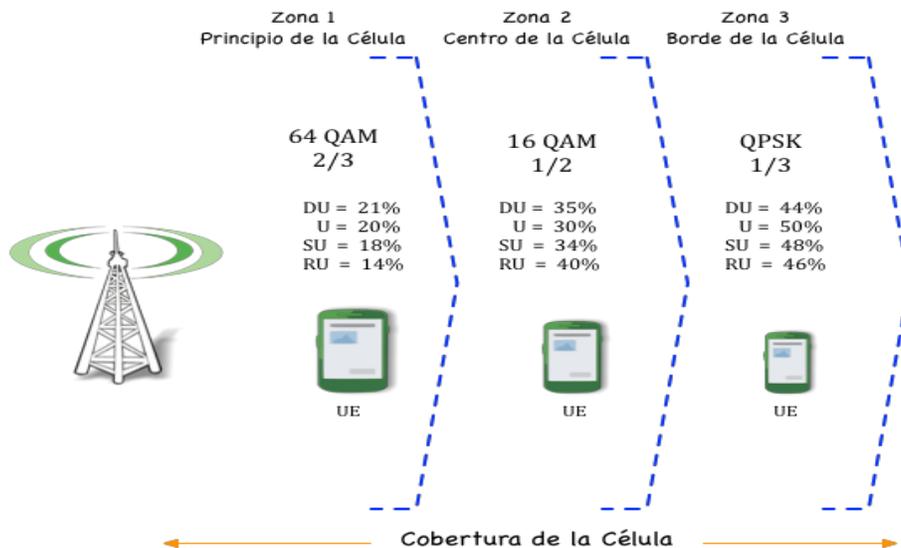
CQI	Modulación	Code rate x 1024	Eficiencia espectral (bps/Hz)
1	QPSK	78	0.1523
2	QPSK	120	0.2344
3	QPSK	193	0.377
4	QPSK	308	0.6016
5	QPSK	449	0.877
6	QPSK	602	1.1758
7	16QAM	378	1.4766
8	16QAM	490	1.9141
9	16QAM	616	2.4063
10	64QAM	466	2.7305
11	64QAM	567	3.3223
12	64QAM	666	3.9023
13	64QAM	772	4.5234
14	64QAM	873	5.1152
15	64QAM	948	5.5547

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se describe el planteamiento, para el cálculo de desempeño bajo condiciones operativas de la Red Compartida. La capacidad de una célula está dada por las condiciones de operación del canal de transmisión de datos (PDSCH) utilizado entre el eNodeB y los UE. En operación algunos UE pueden tener acceso a condiciones más

eficientes que otros, consecuentemente tendrán acceso, a una determinada modulación y coding rate³¹. La definición de parámetros básicos para cálculo de desempeño en condiciones operativas para la Red Compartida se muestra enseguida.

Figura 9. Distribución de usuarios en una célula de la Red Compartida.



Fuente: Elaboración propia.

Los porcentajes referenciados son determinados como supuestos teóricos tomando como referencia los resultados del link budget en cuanto a capacidad de las células. Estos porcentajes representan a los usuarios esperados –como supuesto– por tipo de modulación en cada uno de los tipos de terreno (Densó Urbano DU, Urbano U, Suburbano SU y Rural RU).

Tabla 5. Porcentajes de usuarios esperados

CQI	Modulación	Code rate x 1024	Eficiencia espectral (bps/Hz)	DL TB por RB (kbps)	Estimated DL SINR dBi
1	QPSK	78	0.1523	19.1898	-7.28
2	QPSK	120	0.2344	29.5344	-4.78
3	QPSK	193	0.377	47.502	-2.04
4	QPSK	308	0.6016	75.8016	0.66
5	QPSK	449	0.877	110.502	2.84
6	QPSK	602	1.1758	148.1508	4.73
7	16QAM	378	1.4766	186.0516	6.38
8	16QAM	490	1.9141	241.1766	8.78
9	16QAM	616	2.4063	303.1938	11.49
10	64QAM	466	2.7305	344.043	13.27
11	64QAM	567	3.3223	418.6098	16.52
12	64QAM	666	3.9023	491.6898	19.71
13	64QAM	772	4.5234	569.9484	23.12
14	64QAM	873	5.1152	644.5152	26.37
15	64QAM	948	5.5547	699.8922	28.79

Fuente: Elaboración propia.

Estos parámetros representan las condiciones del medio que se esperan –como un supuesto- para los usuarios de cada célula de la Red Compartida. Con esto es posible obtener el cálculo de desempeño aproximado de cada sitio, a fin de obtener cálculos objetivos con la puesta en operación de la red. De este modo se presentan los dos siguientes casos:

- I. Fase inicial de despliegue. En este caso, se contempla que la red inicie con el despliegue de eNodeB's con MIMO 4x4 para zonas urbanas y MIMO 2x2 en zonas rurales, con miras a que la red esté preparada en términos de crecimiento; no obstante, se prevé que la red inicie con la adopción de terminales sin soporte a MIMO 4x4 de modo que aun que esta característica esté presente en el eNodeB no sería aprovechada por los UE, de esta forma el cálculo de desempeño por célula y sitio sería el que se presenta a continuación, tomando en cuenta terminales 2x2.

Tabla 6. Cálculo de desempeño por célula y sitio

Tipo de eNodeB		Urbana Densa					
Área de la célula (km2)		0.5					
Zona	Modulación (Mbps)	Área (km2)	Distribución por usuarios	Mbps	Acceso a MIMO	MIMO 4x4 (Mbps)	
Descendente	1	46.08	0.09	21.00%	9.6768	100.00%	19.35
	2	23.04	0.17	35.00%	8.064	50.00%	8.06
	3	7.68	0.24	44.00%	3.3792	0.00%	3.38
						Total por portadora	30.80
						Total por sitio	92.39

Tipo de eNodeB		Urbana					
Área de la célula (km2)		1.32					
Zona	Modulación (Mbps)	Área (km2)	Distribución por usuarios	Mbps	Acceso a MIMO	MIMO 4x4 (Mbps)	
Descendente	1	46.08	0.264	20.00%	9.216	100.00%	18.43
	2	23.04	0.396	30.00%	6.912	50.00%	6.91
	3	7.68	0.66	50.00%	3.84	0.00%	3.84
						Total por portadora	29.18
						Total por sitio	87.54

Tipo de eNodeB		Sub urbana					
Área de la célula (km2)		8.32					
Zona	Modulación (Mbps)	Área (km2)	Distribución por usuarios	Mbps	Acceso a MIMO	MIMO 4x4 (Mbps)	
Descendente	1	46.08	1.4976	18.00%	8.2944	100.00%	16.59
	2	23.04	2.8288	34.00%	7.8336	50.00%	7.83
	3	7.68	3.9936	48.00%	3.6864	0.00%	3.69
						Total por portadora	28.11
						Total por sitio	84.33

- II. Fases posteriores de adopción tecnológica. Se espera que durante el desarrollo de la Red Compartida se concrete la introducción de terminales más evolucionados, es decir, categoría 5 y superiores, con lo que las capacidades de MIMO 4x4 serían aprovechadas por la mayoría de los usuarios. Para este caso el cálculo de desempeño contemplando terminales 4x4 se muestra enseguida:

Tabla 7. Cálculo de desempeño contemplando terminales 4x4

Tipo de eNodeB		Urbana Densa					
Área de la célula (km2)		0.5					
Zona	Modulación (Mbps)	Área (km2)	Distribución por usuarios	Mbps	Acceso a MIMO	MIMO 4x4 (Mbps)	
Descendente	1	46.08	0.09	21.00%	9.6768	100.00%	38.71
	2	23.04	0.17	35.00%	8.064	50.00%	16.13
	3	7.68	0.24	44.00%	3.3792	0.00%	3.38
						Total por portadora	52.53
						Total por sitio	174.64

Tipo de eNodeB		Sub urbana					
Área de la célula (km2)		8.32					
Zona	Modulación (Mbps)	Área (km2)	Distribución por usuarios	Mbps	Acceso a MIMO	MIMO 4x4 (Mbps)	
Descendente	1	46.08	0.264	20.00%	9.216	100.00%	36.86
	2	23.04	0.396	30.00%	6.912	50.00%	13.82
	3	7.68	0.66	50.00%	3.84	0.00%	3.84
						Total por portadora	54.53
						Total por sitio	163.59
Área de la célula (km2)		1.32					

Tipo de eNodeB		Rural					
Área de la célula (km2)		140.45					
Zona	Modulación (Mbps)	Área (km2)	Distribución por usuarios	Mbps	Acceso a MIMO	MIMO 2x2 (Mbps)	
Descendente	1	43.20	22.424	16.00%	6.912	100.00%	13.82
	2	21.60	53.257	38.00%	8.208	50.00%	8.21
	3	7.20	64.469	46.00%	3.312	0.00%	3.31
						Total por portadora	25.34
						Total por sitio	76.02

Fuente: Elaboración propia.

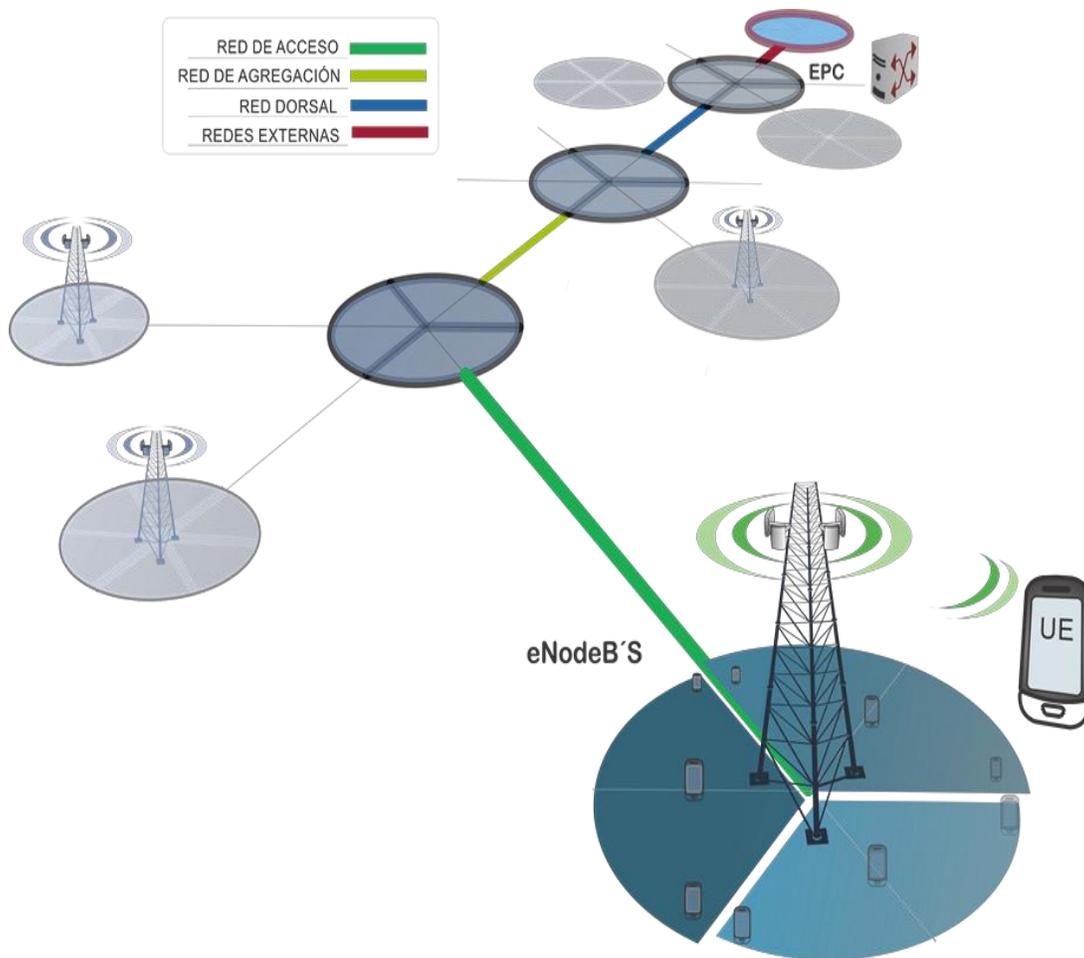
Para los datos de las tablas anteriores se considera una portadora por sector y todos son sitios tri-sectoriales. Por último en cuanto a capacidad de conexiones de radio, se presenta un cálculo promedio de las conexiones tipo RRC connected necesarias por región/sitio, considerando que un 90% de los usuarios estarían conectados.

Características de la red de transporte (backhaul y longhaul) y de la red de interconexión

Debido a la saturación en las redes provocada por la demanda de anchos de banda de los usuarios múltiples, una necesidad reconocida es la de incrementar la capacidad de transmisión de las redes de tipo dorsal. Para tal efecto se requiere de una red backhaul,

longhaul y fronthaul, con capacidades superiores a las utilizadas en las tecnologías 2G y 3G, la cual permita el despliegue de las aplicaciones y servicios característicos de una red 4G. En lo que se refiere a su arquitectura, la red de transporte y de interconexión de la Red Compartida se conforma por tres dominios: red dorsal, red de agregación y red de acceso. Estas tres redes operan de manera articulada, como se muestra en la figura siguiente:

Figura 10. Elementos de la red de transporte.



Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de la red de transporte, la funcionalidad y requerimientos para la operación de los elementos tienen que ver con la transferencia de los datos desde el eNodeB hasta el CN de la red. Por dominios, estos requerimientos se describen enseguida:

Red Dorsal (longhaul)

La red dorsal de comunicación es la columna vertebral de la arquitectura de la Red Compartida, sus componentes permiten que en el funcionamiento de los elementos situados en las diferentes capas hacia el core, se logre que el intercambio de datos entre las redes EPC se realice de acuerdo con los parámetros establecidos.

Entre los requerimientos para la funcionalidad de la red dorsal, el recurso principal necesario es acceso a una Red Nacional de Fibra Óptica (RNFO) o red dorsal de la Red Compartida, con Puntos de Acceso Local (PAL) y Puntos de Acceso regionales (PCR). En los puntos PAL y PCR se deben contemplar los mecanismos necesarios para garantizar la redundancia y protección en el transporte.

Esta red dorsal deberá asegurar, de extremo a extremo, la baja latencia (menor 10 ms considerando solo el procesamiento de los equipos de transporte y el viaje de la información a través del medio de transporte) entre los elementos del EPC, soportando interfaces de conexión para los planos de usuario y de control, de tal modo que sea posible que diversos protocolos de comunicación efectúen su intercambio entre los dispositivos que conforman la Red Compartida.

Las características de la fibra óptica y de los equipos activos de transporte requieren, como cualidades básicas:

- Alta disponibilidad. Garantiza la comunicación entre los elementos del EPC, con base en la redundancia en el equipo activo de la red de transporte y en la trayectoria de la fibra, ello implica que el diseño contemple los equipos y elementos requeridos para tal propósito. De forma complementaria, se debe utilizar una topología de red tipo anillo con la misma capacidad en todo el trayecto que garantice la distribución de todos los elementos activos.
- Cumplimiento con IP. La concepción de la Red Compartida, totalmente IP, necesita que todos sus elementos funcionen bajo los estándares de comunicación, protocolos de control e información y protocolos de enrutamiento que soporten las versiones IPv4 e IPv6, por lo cual la red dorsal debe asegurar esa condición. De la misma forma, el equipo activo de comunicaciones de la red

dorsal (router's) debe sujetarse a los estándares y protocolos necesarios que permitan el manejar el tráfico en la red. Asimismo, la conformidad con IP supone implementar algoritmos de QoS para el manejo efectivo del tráfico en la Red Compartida, asegurando que los niveles de servicio configurados sobre la parte LTE de la Red Compartida prevalezcan, una vez ingresando al transporte IP.

Estos algoritmos trabajan en la capa 2 (por ejemplo, Class of Service, CoS) y en la capa 3 (por ejemplo Differentiated Services Code Point, DSCP).

- Capacidad de transmisión de la red dorsal. Ésta deberá soportar interfaces de transmisión de 100 Gigabit Ethernet (GE) basadas en el estándar 802.3ba del Institute of Electric and Electronic Engineer (IEEE) en toda su trayectoria, para responder a las necesidades de expansión de las redes de agregación y acceso, alcanzando el crecimiento previsto de cobertura en la Red Compartida.
- Criterio de sobresuscripción. Para lograr los estándares de calidad y desempeño de la Red Compartida estipulados por LTE, el criterio mínimo de sobresuscripción de la red dorsal deberá ser menor o igual al doble de la capacidad de la red de agregación (≤ 2).

Red de Agregación (backhaul)

Con ésta red se permite el despliegue de las redes de acceso desde los nodos definidos en la Red Compartida. Para lograr que la interconexión de la red de agregación con la red dorsal se realice atendiendo a los criterios de funcionalidad establecidos, es indispensable que este componente del backhaul cumpla con lo siguiente:

- Estar basada en una red de fibra óptica (FO) que tenga la capacidad de unir una cantidad de eNodeB's entre sí y hacia el EPC.
- Garantizar redundancia en equipo y en trayecto. Para ello, como en el caso de la red dorsal, deben asegurarse condiciones básicas, mismas que se detallan más adelante.

Del mismo modo, la funcionalidad de la red de Agregación se debe sustentar en el uso de una red dorsal de fibra óptica y sus PAL y PCR. Por otra parte, la red de Agregación habrá de estar preparada para la demanda de servicios derivada de la instalación de nuevos eNodeB's en sus diferentes formatos.

En el caso de la red de agregación, las características de la fibra óptica y de los equipos activos de transporte requieren:

- Alta disponibilidad. Como se ha dicho, la red de agregación deberá asegurar la redundancia, utilizando equipo activo de transporte en los nodos que servirán como concentradores de la ramificación de la red de acceso. Asimismo, para respaldar la disponibilidad esperada y la redundancia en el trayecto, se requiere emplear topologías tipo malla o tipo anillo. El uso de una topología u otra dependerá de las facilidades de la infraestructura utilizada, es decir, dependerá de si la red de fibra óptica de esta red de agregación tiene las facilidades de trayectoria necesarias para implementar estas topologías. La topología seleccionada deberá conectarse al menos en dos puntos diferentes a la red dorsal, y con ello garantizar la comunicación desde los eNodeB's hasta el EPC.
- Cumplimiento con IP. La red de agregación, al igual que la red dorsal, funcionará de acuerdo con las condiciones requeridas en el ambiente IP, por lo cual, lo especificado para la primera de estas redes aplica también para el equipo activo de transmisión necesario.
- Capacidad de transmisión de la red de agregación. En general, la capacidad de la red de agregación debe permitir que se conformen redes de acceso de mayor densidad de eNodeB's, como condición necesaria para ampliar la cobertura geográfica de la Red Compartida; para ello, la red de agregación en su diseño deberá incluir interfaces de transmisión de 10 GE en toda su trayectoria.
- Criterio de sobresuscripción. En este rubro, con el fin de alcanzar los estándares de calidad y desempeño de la Red Compartida estipulados por LTE, el criterio mínimo de sobresuscripción de la red de agregación deberá ser menor o igual al triple de lo que entrega la red de acceso (≤ 3). Este factor puede variar de acuerdo a los requerimientos de la Red Compartida una vez puesta está en operación.

Red de Acceso

Para el caso de esta red, el diseño y la implementación utilizarán en su totalidad la RNFO –a través de nuevos enlaces de fibra óptica tipo Passive Optical Network (PON)- y enlaces de microondas en banda licenciada, para asegurar un desempeño óptimo de la Red Compartida. La red de acceso es la última frontera de backhaul hacia los eNodeBs;

en su configuración se utilizan dos modelos de enlace: el punto - punto (PTP) y el punto - multipunto (PMP), los cuales utilizan diversos medios físicos de enlace. Las especificaciones de estos dos modelos se describen enseguida.

➤ Punto a punto (PTP)

En este modelo, el medio más utilizado en los despliegues de redes móviles son las microondas, dado que la evolución de los equipos de transmisión que utilizan se ajustan al estándar Ethernet (IEEE, 802.3), lo cual posibilita que se logre un incremento de la capacidad de ancho de banda que pueden transmitir, al utilizar codificaciones superiores a las que se aplican en enlaces con canales de velocidades definidas tales como Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH) propios de las redes 2G, 3G y anteriores. Con la adopción de este modelo se obtienen entre otras, ventajas como la reducción del costo por Mbps y de los costos de instalación y mantenimiento de los dispositivos incluidos en la red de acceso.

➤ Punto a Multipunto (PMP)

La fibra óptica (FO) es el otro medio de transporte que se considera para ser utilizado en la red de acceso de la red de transporte e interconexión, en su modalidad PON, la cual funciona como una red en el modelo de enlace PMP. Con el uso de esta tecnología, se reduce el costo de implementación en comparación con los enlaces PTP de FO. PON funciona mediante el empleo del Time Division Multiple (TDM), con ello, se facilita garantizar ancho de banda destinado por usuario.

Para el caso de la Red Compartida, deberá priorizarse la conexión de los eNodeB con un ancho de banda garantizado hacia la red de agregación utilizando elementos ópticos pasivos. Considerando la evolución de la tecnología GPON, hacia NG-PON2 (Next Generation PON2) se establece el uso de Time Wavelength Division Multiplexing-PON (TWDM-PON) para el propósito antes mencionado. Los criterios que sustentarán esta prioridad de conexión serán:

- Una distancia de hasta 5 km desde el sitio de acceso a fibra hacia la RNFO.
- Las facilidades en cuanto a derechos de vía para la instalación de la fibra óptica.

Los sitios que no cumplan estos criterios se conectarán con el modelo basado en microondas.

En cuanto a las características de los enlaces de acceso, los medios físicos de transmisión (microondas y fibra óptica) que serán utilizados en esta red, en su componente activo-lógico deben cubrir las especificaciones que se delimitan enseguida:

- Cumplimiento con IP. Al ser LTE una tecnología totalmente IP los enlaces de acceso deben sostener y potenciar las características descritas líneas arriba en el apartado de la red dorsal, considerando características adicionales como las siguientes:
 - Protocolos de control de la capa Media Access Control (MAC), para hacer el scheduler (itinerario) hacia la capa física.
 - Enrutamiento y transporte. Manejo de etiquetas de Multiprotocol Label Switching (MPLS) para aplicación de políticas al transporte sobre la interfaz aérea.
 - Conformidad con las versiones del protocolo IPv4 e IPv6.
- Capacidad de transmisión de la red de acceso. Ésta deberá alcanzar velocidades de transmisión de al menos de 1Gbps –en el caso de fibra óptica-, por otro lado, los enlaces de microondas necesitan dimensionarse de acuerdo con el factor de sobresuscripción definido en esta red de acceso. Además, estos enlaces deben ser dimensionados desde el diseño, considerando el tipo y tamaño de la radio base, sin importar el medio de transmisión utilizado.
- La definición de frecuencias de operación en los escenarios de uso de enlaces de microondas debe atender a las trayectorias de la red de acceso consideradas. En todos los casos, los equipos de microondas que se utilicen en la construcción de la red de acceso deben garantizar las características de eficiencia espectral, modulación adaptativa y Cross Polarization Interference Cancellation (XPIC), entre otras. Atendiendo a las trayectorias de la red de acceso consideradas, ésta se construirá conforme a las especificaciones indicadas en la tabla siguiente:

Tabla 8. Especificaciones

Definición de frecuencias ³⁸		
Frecuencia de operación	Distancia de enlace máximo	Ancho de canal

38 GHz	No mayores a 2 km.
23 GHz	No mayores a 5 km.
15 GHz	No mayores a 15 km. Hasta 56 MHz
7 y 8 GHz	Mayores a 15 km.
4.5 GHz ³⁹	Mayores a 15 km.

Fuente: Elaboración propia.

Con base en la recomendación de la ITU-R F.1102 (Características de los sistemas de relevadores radioeléctricos en bandas de frecuencias superiores a unos 17 GHz), para la definición de la frecuencia de microonda a utilizar, se deben considerar los requisitos de la aplicación, la disponibilidad del espectro, las condiciones de propagación y la tecnología utilizable. Por encima de 17 GHz hacen que las implementaciones del equipo difieran sustancialmente de las que prevalecen por debajo de 17 GHz debido a las altas pérdidas en el espacio libre. No obstante, entre ambas no hay una transición abrupta sino gradual, que abarca las bandas de frecuencias de 13 GHz, 15 GHz, 18 GHz y 23 GHz. Estas consideraciones traen como consecuencia que la aplicación de tecnologías por encima de los 17 GHz sea utilizada solo para distancias cortas.

La recomendación UTI-R P.676-10 (Atenuación por gases atmosféricos), aborda la atenuación en la propagación de las microondas en el espacio libre tomando en consideración las condiciones de temperatura, humedad, vapor de agua, aire seco y oxígeno entre otros.

Partiendo de estas dos recomendaciones, en las cuales los niveles de pérdida en el espacio libre de las distintas longitudes de onda (definidas por las frecuencias de operación), dentro de la industria se han adoptado distancias máximas para el uso de cada rango de frecuencia a fin de obtener la disponibilidad anual de los enlaces que cumplan con las recomendaciones ITU-T G.821 y ITU-T G.826 (99.998%). Las características que se deberán de considerar en estos enlaces son:

- Alta disponibilidad. En los enlaces de acceso por microondas se debe asegurar la disponibilidad de la conexión hacia los eNodeB's de al menos un 99.99% en el tiempo, para esto se requiere redundancia en equipo con configuraciones n+1. En cuanto a la fibra óptica, ésta debe construirse bajo topologías físicas tipo anillo, estrella o una combinación de éstas, por otra

parte, la eficiencia respecto al uso de ancho de banda de estos enlaces de fibra óptica debe ser de al menos de un 95%.

- Criterio de sobresuscripción en la red de acceso. En este aspecto, para alcanzar los estándares de calidad y desempeño de la Red Compartida estipulados por LTE, el criterio mínimo de sobresuscripción de la red de agregación deberá ser igual a 3.3 veces la capacidad entregada desde un eNodeB

Sistemas de gestión de seguridad

El operador de la Red Compartida deberá de establecer, implementar, operar, monitorear, revisar, mantener y actualizar permanentemente un sistema de gestión de seguridad de la información según se define en las normas ISO/IEC:

- ISO/IEC 27001:2013, tecnologías de la información – técnicas de seguridad – sistemas de gestión de seguridad de la información – requisitos.
- ISO/IEC 27001:2013, tecnologías de la información – código de prácticas para los controles de seguridad de la información.
- ISO/IEC 27001:2013, tecnologías de la información – técnicas de seguridad – directrices de gestión de seguridad de información para las organizaciones de telecomunicaciones, basado en la norma ISO/IEC 27002.
- ISO/IEC 15408:2009, tecnología de la información – técnicas de seguridad – criterios de evaluación para la seguridad informática para la evaluación de los productos de seguridad de la información, incluyendo componentes de la red de telecomunicaciones.

La Red Compartida deberá de emplear estándares de seguridad 3GPP, así como los establecidos por la ITU *Telecommunication Standardization Sector* (ITU-T) E.408, E.409, X.805 y del X.1051, así como la orientación como parte de Sistema de Gestión de la Seguridad de la Información.

Sistema de soporte a la operación (OSS)

Los Sistemas de Soporte a la Operación (Operation Support Systems OSS) incluyen diferentes herramientas de gestión automatizadas que interactúan entre sí con el fin de administrar, monitorear y mantener en óptimas condiciones el funcionamiento de las redes, en particular los equipos activos de conmutación, enrutamiento y

telecomunicaciones. En este sentido, considerando las dimensiones y las finalidades de la Red Compartida, los requerimientos técnicos requieren de la integración, de equipos y funcionalidades, tanto de tecnologías definidas por el 3rd Generation Partnership Project (3GPP) y aquellos implementados con base en el Internet Protocol (IP). De tal manera, que la estructura de la Red Compartida estará configurada por un número elevado de estos elementos, que atiendan de manera rigurosa los estándares de convergencia requeridos, lo que en términos de funcionalidad permitirá implementar el modelo de la Red Compartida propuesto en el diseño. De este modo, las condiciones que demanda el requerimiento de convergencia de la Red Compartida, obliga a la implementación de un OSS integrado para gestionar la red de una manera única y eficiente.

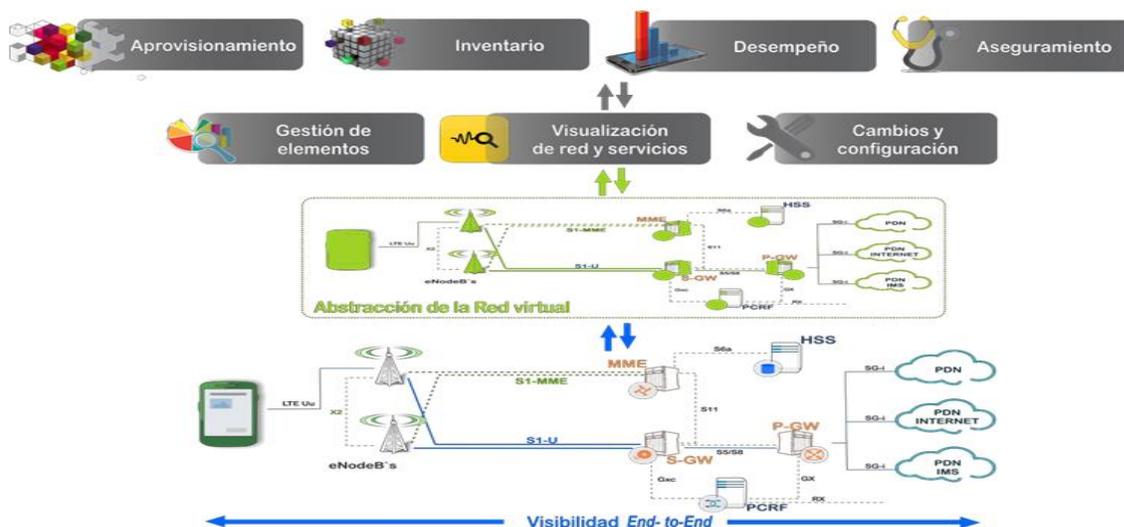
Con la implementación de este sistema de soporte a la operación, se espera que la Red Compartida cuente con:

- Un gestor de operación principal que posea la capacidad de conocer el estado actualizado en el que operan todos los sistemas de los diferentes dominios, sin importar la marca y/o función del equipo. Disponer de la facultad de recibir mensajes de alarmas de los mismos, e interpretar la severidad de éstos, así como proporcionar una visión global y unificada en tiempo real de toda la red.
- La funcionalidad de generar alarmas y disparar procesos de manera automatizada, como característica fundamental, instrumentando acciones de corrección. Además, incluir otra funcionalidad destinada a generar alarmas y disparar procesos de manera automática entre los diferentes módulos del gestor.
- El operador mayorista deberá implementar la infraestructura tanto de hardware como de software que requiera la plataforma. Asimismo, los mecanismos que se requieran para su operación y mantenimiento.
- El operador mayorista deberá considerar una plataforma que le permita brindar a través de mecanismos seguros visibilidad del estado de la red y sus elementos de una forma seccionada a los MVNOs.

Es importante considerar que en la implementación de este tipo de herramientas en la red, no se deben dejar de lado ciertos factores críticos, como la gran demanda de servicios, las crecientes expectativas de los clientes, la multiplicidad de sistemas, etcétera. Asimismo, la arquitectura abierta de este sistema de soporte a la operación de la Red, tiene que garantizar la integración a bajo costo entre los sistemas y los procesos de operación.

A fin de ilustrar los requerimientos del sistema de soporte referidos anteriormente, en la figura que se presenta a continuación, se muestra de forma gráfica, las características de integración en una sola plataforma.

Figura 11. Diagrama conceptual del OSS.



Fuente: Elaboración propia.

4. Especificaciones técnicas del proyecto – Anexo Técnico

El Desarrollador deberá asegurar que se cumplan al menos con el conjunto de especificaciones descritas en el presente anexo para el diseño, implementación, operación y expansión de la Red Compartida; lo anterior sin perjuicio de las disposiciones de carácter general a las que deberá sujetarse como prestador de servicios de telecomunicaciones en términos de la LFTR y demás disposiciones que resulten aplicables.

1. Características mínimas.

La Red Compartida debe operar bajo principios de compartición de toda su infraestructura y la venta desagregada de todos sus servicios y capacidades; deberá ser diseñada y desplegada con base en tecnología móvil de última generación 4G que satisfaga los criterios IMT-Advanced de la Unión Internacional de Telecomunicaciones; deberá considerar las funcionalidades y capacidades para prestar los servicios que sus Clientes ofrecerán a los Usuarios Finales a través de la Red Compartida; y deberá garantizar en todo momento el cumplimiento de los niveles de calidad de servicio establecidos en la LFTR y en las demás disposiciones aplicables.

Todos los acuerdos necesarios para mantener la calidad de los servicios a los Usuarios Finales serán gestionados entre el Desarrollador y sus Clientes. Invariablemente, el Desarrollador deberá cumplir con todas las disposiciones legales que establezca el IFT en materia de calidad y prestación de servicios de telecomunicaciones aplicables.

2. Red de acceso y red de transporte.

El Desarrollador será responsable de proporcionar y asegurar los medios de transmisión y acceso requeridos para la prestación de servicios de telecomunicaciones a sus Clientes. Asimismo, deberá asegurar capacidad de transporte, torres y equipos, con medios propios o de terceros, para soportar conexiones confiables entre todos los componentes de la red, incluidos los enlaces entre las radio-bases y las terminales de los Usuarios Finales.

3. Gestión de servicios de red central.

El Desarrollador será responsable de que la Red Compartida cuente con todos los equipos de red central (*Core*) necesarios para garantizar la confiabilidad de los servicios así como la interconexión con otras redes públicas de telecomunicaciones.

4. Despliegue de infraestructura.

El Desarrollador será responsable del despliegue de toda la infraestructura necesaria para la operación de la Red Compartida. Para ello, el Desarrollador podrá utilizar esquemas de compartición de espacio en torres existentes así como otras opciones para compartir infraestructura, a fin de reducir costos y optimizar el plan de negocio y el calendario de despliegue de la Red Compartida.

5. Uso del espectro radioeléctrico.

La Red Compartida deberá asegurar el uso eficiente del espectro radioeléctrico utilizando la segmentación APT700 de la estandarización del 3GPP, conforme a la recomendación de segmentación A5 de la ITU-R.M 1036, y asegurar la compatibilidad con los

dispositivos disponibles mundialmente para dicha segmentación.

6. Gestión de tráfico y calidad de servicio.

La Red Compartida deberá ser una plataforma que provea servicios móviles de última generación a sus Clientes, algunos de los cuales pudieran enfocarse a mercados verticales especializados, tales como servicios de seguridad pública, de protección civil, de salud y de transporte, entre otros, para lo cual deberá contemplar la posible incorporación de facilidades y funcionalidades de calidad de servicio y priorización dinámica de tráfico, con el fin de atender las necesidades que dichos servicios demanden.

7. Velocidad mínima ascendente (uplink) y descendente (downlink).

La velocidad de transmisión de datos al borde de la Cobertura que deberá ofrecer la Red Compartida deberá cumplir con lo siguiente:

Al menos 1 megabit por segundo (Mbps) del equipo terminal del usuario hacia la Red Compartida (*uplink*) y de 4 Mbps de la Red Compartida hacia el equipo terminal del usuario (*downlink*).

8. Interconexión e Interoperabilidad de la Red Compartida.

El Desarrollador de la Red Compartida deberá asegurar que adoptará un diseño de arquitectura abierta de red para garantizar la interconexión e interoperabilidad de la red con la de otros Concesionarios.

De igual forma, deberá garantizar que todas las terminales inalámbricas fijas o móviles que hagan uso de los servicios provistos por la red puedan ser plena e inequívocamente identificadas a través de códigos IMSI y/o PLMN. Para ello, deberá gestionar por su cuenta la obtención de dichos códigos y ofrecerlos a su vez a sus Clientes.

La Red Compartida podrá contar con numeración propia para proporcionarla como Servicio Mayorista de Telecomunicaciones a sus Clientes, debiendo gestionar por su cuenta la obtención de dicha numeración ante el IFT. Los Clientes de la Red Compartida no estarán obligados a contratar dicho servicio al Desarrollador.

El Desarrollador de la Red Compartida deberá ofrecer el servicio de usuario visitante (*roaming*) a Usuarios Finales de otros Concesionarios y operadores, tanto nacionales como extranjeros, para lo cual deberá establecer los acuerdos comerciales y de calidad de servicio que sean requeridos de conformidad con la legislación aplicable.

9. Confiabilidad y recuperación.

Los equipos que conformen el *Core* de la red deberán contar con redundancia total, incluyendo redundancia geográfica, de tal manera que se garantice la capacidad operativa de la red en todo momento.

Todos los equipos de la Red Compartida deberán contar con sistemas de soporte y redundancia, de tal forma que se asegure la operación de la red de conformidad con las disposiciones de calidad y prestación de servicios de telecomunicaciones establecidas en la LFTR y demás disposiciones que resulten aplicables.

10. Seguridad.

El Desarrollador de la Red Compartida será responsable de establecer, implementar y actualizar permanentemente un sistema de gestión de seguridad de la información (SGSI), según se define, por lo menos, en las siguientes normas ISO /IEC vigentes actualmente, o en aquellas que las sustituyan:

- ISO/IEC 27001:2013, Tecnologías de la información – Técnicas de seguridad – Sistemas de gestión de seguridad de la información – Requisitos;
- ISO/IEC 27001:2013, Tecnologías de la información – Técnicas de seguridad – Código de prácticas para los controles de seguridad de la información;
- ISO/IEC 27001:2013 Tecnologías de la información – Técnicas de seguridad – Directrices de gestión de seguridad de información para las organizaciones de telecomunicaciones, basado en la norma ISO/IEC 27002.
- ISO/IEC 15408:2009 Tecnologías de la información – Técnicas de seguridad – Directrices – Criterios de evaluación para la seguridad informática para la evaluación de los productos de seguridad de la información, incluyendo componentes de la red de telecomunicaciones. Adicionalmente, la Red Compartida deberá cumplir como mínimo, con los requerimientos de seguridad E.408, E.409, X.805 y X.1051 del Sector de Estandarización de Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T, por sus siglas en inglés).

11. Sistemas de soporte a la operación y sistemas de soporte del negocio (OSS/BSS).

La Red Compartida deberá contar con sistemas de soporte del negocio (BSS, por sus siglas en inglés), redundantes y confiables para generar información detallada sobre las operaciones, uso, registro de cobranza y otros requerimientos de negocio de la red. De igual forma, deberá contar con sistemas de soporte a la operación (OSS, por sus siglas en inglés), redundantes y confiables que puedan operar con todos los equipos utilizados

por el Desarrollador de la Red Compartida, independientemente de su fabricante.

El Desarrollador deberá ofrecer de manera desagregada las capacidades de sus sistemas OSS y BSS a aquellos Clientes que los requieran.

6. Antecedentes y marco legal

En el contexto del "Pacto por México", firmado por el Presidente de la República y las principales fuerzas políticas del país, el 2 de diciembre del 2012, se establecieron diversos compromisos para lograr reformas específicas en el sector de las telecomunicaciones en México. Dichos compromisos se tradujeron en una reforma constitucional de gran calado, así como la emisión de nuevas leyes (entre las que destaca la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión o LFTR) y reformas a diversas leyes existentes.

La reforma en materia de telecomunicaciones busca impulsar la innovación y el desarrollo de tecnología, fomentar la competencia en el sector, expandir la cobertura de banda ancha en el país y proveer acceso a servicios de mejor calidad, para lograr el objetivo de democratizar los servicios de telecomunicaciones en México.

La reforma prevé diversas acciones a cargo del Gobierno de la República y los demás organismos competentes en la materia, como es el caso del IFT, un nuevo órgano regulador autónomo con competencias fortalecidas.

Como parte de este esfuerzo, la SCT busca mejorar el acceso y calidad de la banda ancha en todo el país, y en concreto, tiene la encomienda de realizar las acciones tendientes a garantizar la instalación de una red pública compartida de telecomunicaciones que impulse el acceso efectivo de la población a la comunicación de banda ancha y a los servicios de telecomunicaciones, de conformidad con los principios contenidos en la reforma constitucional.

La Red Compartida contemplará la utilización de 90 MHz de la banda de 700 MHz del espectro radioeléctrico y será una red exclusivamente mayorista diseñada para proporcionar servicios a otros concesionarios o autorizados de servicios públicos de telecomunicaciones, tales como, de manera enunciativa y no limitativa, los operadores de redes móviles (ORM), operadores de redes fijas (ORF) que deseen incursionar en el mercado móvil y operadores móviles virtuales (OMV), a fin de incrementar la cobertura y la calidad de los servicios móviles en el país, así como crear mayor competencia en el mercado.

Este modelo único tiene, entre otras, la intención de ofrecer una nueva oportunidad a los operadores, tanto a nivel nacional, como específicamente en zonas sub-atendidas y desatendidas del país; generar oportunidades a los proveedores de servicios minoristas más especializados, a fin de promover el acceso a la banda ancha; y generar condiciones de competencia en los mercados.

Contexto legal y normativo

Reforma constitucional (2013)

El Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de los artículos 6º, 7º, 27, 28, 73, 78, 94 y 105 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de telecomunicaciones,⁵ publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 11 de junio de 2013 (en adelante el “Decreto”) busca fortalecer la productividad y el desarrollo económico del país, y da a las telecomunicaciones el carácter de componente clave para la evolución de la democracia, el acceso a la cultura, la educación, la salud y el ejercicio pleno de los derechos humanos.

Como resultado, el Decreto establece que los servicios de telecomunicaciones deberán ser provistos en un ambiente que apoye y promueva la competencia, calidad, pluralidad, cobertura universal, interconexión, convergencia, continuidad, acceso libre y sin injerencias arbitrarias, de acuerdo a la reforma realizada al artículo 6º de la Constitución.

El Decreto enumera una serie de objetivos con el fin de facilitar el acceso público a las comunicaciones de banda ancha, aumentar la competencia al reducir las barreras de entrada, reducir precios y mejorar la inversión privada en la industria, lo que a su vez deberá impulsar el crecimiento económico.

El artículo décimo sexto transitorio del Decreto instruye al Ejecutivo Federal a garantizar, en coordinación con el IFT, la instalación de una red pública compartida de telecomunicaciones mayorista (la Red Compartida), la cual deberá impulsar el acceso efectivo de la población a la comunicación de banda ancha y a los servicios de telecomunicaciones, cumpliendo con las siguientes características:

- I. *Iniciará la instalación antes de que concluya el año 2014, y estará en operación antes de que concluya el año 2018;*
- II. *Contemplará el aprovechamiento de al menos 90 MHz del espectro liberado por la transición a la Televisión Digital Terrestre (banda de frecuencia de 700 MHz), de los recursos de la red troncal de fibra óptica de la Comisión Federal de Electricidad y de cualquier otro activo del Estado que pueda utilizarse en la instalación y la operación de la red compartida;*

⁵ http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5301941&fecha=11/06/2013.

- III. *Podrá contemplar inversión pública o priva identificando las necesidades presupuestales y, en su caso, las previsiones que deba aprobar la Cámara de Diputados;*
- IV. *Asegurará que ningún prestador de servicios de telecomunicaciones tenga influencia en la operación de la red;*
- V. *Asegurará el acceso a los activos requeridos para la instalación y operación de la red, así como el cumplimiento de su objeto y obligaciones de cobertura, calidad y prestación no discriminatoria de servicios;*

Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión (2014)

La Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión (LFTR)⁶ complementa el marco legal para el Proyecto de Red Compartida y, en general, para el sector de las telecomunicaciones mexicanas y en conjunto con la Ley Federal de Competencia Económica vigente, regula aspectos en materia de competencia económica para los sectores de telecomunicaciones y radiodifusión.

La LFTR establece las normas que regirán a los concesionarios y autorizados para prestar servicios públicos de telecomunicaciones en México e incluye el régimen legal para redes compartidas mayoristas con participación pública. Asimismo, define una red pública mayorista de telecomunicaciones como aquella destinada exclusivamente a comercializar capacidad, infraestructura o servicios de telecomunicaciones al mayoreo a otros concesionarios o comercializadoras.

De conformidad con los artículos 55, 76 y 142, la Red Compartida contará con “espectro determinado”, por medio de un título de concesión para uso comercial, el cual confiere el derecho de usar, aprovechar y explotar bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico de uso determinado con fines de lucro.

El artículo 142 especifica que el IFT asignará directamente 90 MHz de la banda de frecuencia de 700 MHz, mediante concesión de uso comercial, para la operación y explotación de una red compartida mayorista.

De acuerdo al artículo 75, el plazo máximo de los títulos de concesión para uso comercial es de veinte años, con la posibilidad de prorrogarlo hasta por plazos iguales.

⁶ http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFTR_140714.pdf

El artículo 140 especifica que cuando el IFT otorgue concesiones de uso comercial a entes públicos, aun y cuando se encuentren bajo un esquema de asociación público-privada (APP), deberán operar como redes compartidas mayoristas, que en ningún caso podrán ofrecer servicios a los usuarios finales; sin embargo, el mismo artículo establece que, en caso de que hubiere alguna zona geográfica con cobertura e infraestructura de redes mayoristas en las que no se estuviere prestando servicio a los usuarios finales, el Ejecutivo Federal garantizará, a través del organismo descentralizado denominado Telecomunicaciones de México, de comercializadoras o concesionarios, la prestación de servicios a los usuarios finales ubicados en las localidades respectivas, hasta en tanto exista otra oferta para los usuarios.

Por otra parte, el artículo 143 dispone que el título de concesión de las redes compartidas mayoristas incluirá, además de lo dispuesto en el capítulo correspondiente a concesiones de uso comercial, obligaciones de cobertura, calidad y precio y aquellas que determine el IFT.

El artículo 144 recalca los principios bajo los que operarán las redes compartidas mayoristas, incluyendo la compartición de toda su infraestructura y venta desagregada de todos sus servicios y capacidades, además de prestar exclusivamente servicios a las comercializadoras y concesionarios, bajo condiciones de no discriminación y a precios competitivos. Los concesionarios que deseen hacer disponible a otros concesionarios la capacidad adquirida de la red compartida sólo podrán hacerlo bajo las mismas condiciones que ésta les haya ofrecido, sin considerarse dentro de esas condiciones la contraprestación económica. Las redes compartidas mayoristas sólo podrán ofrecer acceso a capacidad, infraestructura o servicios al agente económico preponderante o declarado con poder sustancial en el sector de las telecomunicaciones previa autorización del IFT.

Finalmente, el artículo décimo tercero transitorio del Decreto por el que se expidió la LFTR, publicado en el DOF el 14 de julio de 2014, establece que el Ejecutivo Federal, a través de la SCT, realizará las acciones tendientes a garantizar la instalación de la Red Compartida, y que en caso de que requiera bandas de frecuencias de la banda de 700 MHz para crecer y fortalecer dicha red, el IFT las otorgará directamente, siempre y cuando dicha red se mantenga bajo el control de una entidad o dependencia pública o bajo un esquema de APP.

Ley de Asociaciones Público Privadas (2012)

El Gobierno de México promulgó una legislación enfocada a regular las asociaciones público-privadas (APP o PPP o P3, por sus siglas en inglés *Public-Private Partnerships*), que es la Ley de Asociaciones Público Privadas (LAPP).⁷

La LAPP aborda a las APP ampliamente, pero a través del Decreto por el que se expidió la LFTR, publicado en el DOF el 14 de julio de 2014, se modificó la LAPP para tener en cuenta las reformas del sector de las telecomunicaciones, especificando, en su artículo 2, que las APP pueden emplearse para la prestación de servicios mayoristas e intermedios.

De esta manera, la LAPP señala que una APP es aquella que se realice con cualquier esquema para establecer una relación contractual de largo plazo, entre instancias del sector público y del sector privado, para la prestación de servicios al sector público, mayoristas, intermedios o al usuario final y en la que se 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.

La justificación que prevalece para cualquier APP, de acuerdo con la misma disposición, debe ser la obtención de un beneficio social y un esquema financiero más favorable frente a otras formas de financiamiento. El artículo 8 de la LAPP faculta a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) para asegurar que este mandato sea respetado por aquellas entidades que participan en una APP, a través de su capacidad de interpretar y aplicar esta Ley, requiriendo y considerando la opinión de la dependencia o entidad interesada.

En el caso de la Red Compartida, la LFTR específicamente establece que podría desarrollarse a través de un esquema de APP (artículos 140 de la LFTR y décimo tercero transitorio del decreto que expide ésta).

Los contratos a través de los cuales se formalizan las APP son de largo plazo y contienen los siguientes componentes específicos: en primer lugar, una clara delimitación de los derechos y obligaciones entre las entidades públicas y privadas en la asociación; y en segundo lugar, una revisión de permisos específicos, concesiones y autorizaciones relativas a los bienes públicos que se utilizarán en la asociación.

⁷ http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAPP_110814.pdf

Asimismo, en sus artículos 38, 39 y 47 de la LAPP señala que la licitación o concurso deberá llevarse a cabo conforme a los principios de legalidad, libre concurrencia y competencia, objetividad e imparcialidad, transparencia y publicidad, y en igualdad de condiciones para todos los participantes; y que la entidad contratante tomará en cuenta las recomendaciones que, en su caso, emita el IFT en términos de la LFCE.

Reglamento de la Ley de Asociaciones Público Privadas (2012)

El Reglamento de la Ley de Asociaciones Público Privadas (RLAPP)⁸ establece más detalles sobre la estructura y funcionamiento requeridos para las APP en México.

En su artículo 3, el RLAPP describe los tres escenarios en los que se podrá realizar inversión en una APP:

- a) En lo que se denomina una "APP pura", el Gobierno contribuirá con recursos federales exclusivamente a través de asignación presupuestaria, como el pago de la prestación de los servicios al sector público o al usuario final y los costos de inversión, operación, mantenimiento y conservación de la infraestructura.
- b) Una "APP combinada" podría emular a una "APP pura" con una diferencia específica: en lugar de depender del presupuesto federal, las APPs de esta naturaleza podrían financiarse por medio del Fondo Nacional de Infraestructura u otros programas federales no presupuestarios de recursos públicos.
- c) Una APP se considerará "autofinanciable" cuando los recursos necesarios para su desarrollo y ejecución provengan en su totalidad de aportaciones independientes, ajenas al numerario, o ingresos generados por el propio proyecto.

Con base en lo anterior, se espera que el proyecto de la Red Compartida se implemente como una APP autofinanciable. El Gobierno de la República ha declarado que no hará ninguna contribución, ni financiera ni de otro tipo, a la empresa que dirija y opere la Red Compartida. Conforme a lo previsto en el marco legal aplicable, la aportación de las licencias, permisos, concesiones o derechos de uso sobre el espectro radioeléctrico, no se tomarán en consideración para efectos de la naturaleza "autofinanciable" de la APP.

⁸ http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LAPP_311014.pdf

Ley de Inversión Extranjera (1993)

La Ley de Inversión Extranjera (LIE)⁹ tiene como finalidad determinar las reglas para canalizar la inversión extranjera hacia el país y propiciar que ésta contribuya al desarrollo nacional.

Como principio general, la LIE establece que la inversión extranjera puede participar en cualquier proporción en el capital social de sociedades mexicanas, adquirir activos fijos, ingresar a nuevos campos de actividad económica o fabricar nuevas líneas de productos, abrir y operar establecimientos, y ampliar o relocalizar los ya existentes, salvo por lo dispuesto en la propia Ley (artículo 4º).

Antes de la reforma en materia de telecomunicaciones del 2013 la LIE establecía restricciones respecto al porcentaje de participación de inversión extranjera en el sector de telecomunicaciones (artículos 6º y 8º), pero con la reforma constitucional dicha restricción se eliminó y actualmente sólo queda una restricción del 49% exclusivamente en el caso de radio y televisión radiodifundida (artículos quinto transitorio del Decreto y 7º de la LIE).

No se contempla, por tanto, que exista restricción para que la inversión extranjera directa participe en cualquier proporción en la empresa que celebre el contrato de APP que sea licitado, en el presente proyecto.

Por otra parte, la LIE establece reglas aplicables para la adquisición de bienes inmuebles por parte de sociedades con participación extranjera, así como para la constitución y el funcionamiento de fideicomisos que tengan tales fines; para el uso de denominaciones o razones sociales por parte de las sociedades; para el establecimiento de sucursales en el país por parte de empresas extranjeras; sobre la denominada “inversión neutra”; respecto a la integración y atribuciones de la Comisión Nacional de Inversiones Extranjeras, así como para la integración del Registro Nacional de Inversiones Extranjeras.

Ley Federal de Competencia Económica (2014)

⁹ http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/44_110814.pdf

La Ley Federal de Competencia Económica (LFCE)¹⁰ es la ley reglamentaria del artículo 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de libre concurrencia, competencia económica, monopolios, prácticas monopólicas y concentraciones, aplicable a todas las áreas de la actividad económica, y tiene por objeto promover, proteger y garantizar la libre concurrencia y la competencia económica, así como prevenir, investigar, combatir, perseguir con eficacia, castigar severamente y eliminar los monopolios, las prácticas monopólicas, las concentraciones ilícitas, las barreras a la libre concurrencia y la competencia económica, y demás restricciones al funcionamiento eficiente de los mercados.

Están sujetos a lo dispuesto por la LFCE todos los agentes económicos¹¹. Se considera responsables solidarios los agentes económicos que hayan tomado o adoptado la decisión, así como instruido o ejercido influencia decisiva en la toma de decisión, y el directamente involucrado en la realización de conductas prohibidas por la propia Ley. Por tanto, en materia de competencia económica, para identificar los límites de influencia en la Red Compartida, los interesados se evaluarán como agentes económicos hasta la dimensión de “grupo de interés económico”.

El IFT es la autoridad en materia de competencia económica de los sectores de radiodifusión y telecomunicaciones, por lo que en éstos ejerce en forma exclusiva las facultades que el artículo 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y las leyes establecen para la Comisión Federal de Competencia Económica respecto al resto de los sectores.

Alineación estratégica

El Proyecto de la Red Compartida se alinea con los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2018, con el Programa Sectorial de con el Pacto por México y con los Planes Estatales de Desarrollo de los Estados de Yucatán y Quintana Roo.

Plan Nacional de Desarrollo

El Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 indica en su sección IV.2. Plan de acción: eliminar las trabas que limitan el potencial productivo del país, que:

¹⁰ <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFCE.pdf>

¹¹ Se entiende por agente económico a toda persona física o moral, con o sin fines de lucro, dependencias y entidades de la administración pública federal, estatal o municipal, cámaras empresariales, agrupaciones de profesionales, fideicomisos, o cualquier otra forma de participación en la actividad económica (artículo 3, fracción I, de la LFCE)

“Para hacer frente a los retos antes mencionados y poder detonar un mayor crecimiento económico, México Próspero está orientado a incrementar y democratizar la productividad de nuestra economía. Lo anterior con un enfoque que permita un acceso global a los factores de la producción. Es decir, la presente Administración buscará eliminar trabas que limiten la capacidad de todos los mexicanos para desarrollar sus actividades con mejores resultados.

Llegó la hora de cambiar el curso del desarrollo nacional hacia uno donde el crecimiento económico vaya acompañado de la equidad social y esté guiado por el goce pleno de los derechos fundamentales de toda la población.”

Además, el mismo apartado indica que:

“Por su parte, para democratizar el acceso a servicios de telecomunicaciones, la Reforma al Sector tiene como base tres pilares denominados como el ABC de las Telecomunicaciones: i) Asegurar la cobertura universal de servicios de televisión, radio, telefonía y datos para todo el país; ii) Buenos precios para que todos los niveles socioeconómicos tengan acceso a los servicios de telecomunicaciones mediante la promoción de la competencia en el sector; y iii) Calidad en el servicio y en los contenidos de tal manera que se cuente con servicios más rápidos, confiables y diversos. Asimismo, la Reforma de Telecomunicaciones establece el derecho al libre acceso a información plural y oportuna, así como a buscar, recibir y difundir información e ideas de toda índole por cualquier medio de expresión.

Para lograr estos objetivos, la Reforma de Telecomunicaciones prevé la creación de órganos constitucionales autónomos que garanticen la competencia efectiva en el sector. Asimismo, se establece la obligación del Consejo de la Judicatura Federal de crear tribunales y juzgados especializados en materia de competencia económica, radiodifusión y telecomunicaciones. Lo anterior con el objetivo de aplicar de manera eficaz y técnicamente informada el marco normativo que regula las actividades de telecomunicaciones y las normas de competencia económica. Además, la Reforma de Telecomunicaciones promueve la creación de nuevas cadenas de televisión con cobertura nacional.”

Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes

Adicionalmente, el Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013 - 2018 establece en el Objetivo 4 “Ampliar la cobertura y el acceso a mejores servicios

de comunicaciones en condiciones de competencia”, específicamente en la estrategia 4.1 “Promover el desarrollo de nueva infraestructura en comunicaciones, así como su uso óptimo, para mejorar su cobertura, conectividad y accesibilidad” una línea de acción asociada a este proyecto, a saber: 4.1.3 Promover la creación de una red compartida de acceso inalámbrico al mayoreo que aproveche la banda de 700 MHz. que:

“...se licitará y se iniciará con la instalación de una red inalámbrica, de naturaleza compartida y mayorista que utilizará la banda de 700 MHz...”

Además, en la línea de acción 4.1.4 Promover asociaciones público-privadas en el despliegue, desarrollo y uso eficiente de la infraestructura de conectividad se prevé que:

“para la instalación y despliegue de la Red Compartida podría llevarse a cabo a través de una Asociación Público Privada (APP)”.

Programa Nacional de Infraestructura

En el Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018 se indica que:

“El PNI 2014-2018 estima un monto total de inversión, de manera conjunta con el sector privado, de 7.7 billones de pesos, es decir, más de la tercera parte del Producto Interno Bruto del país estimado para 2014, lo que lo convierte en el Programa Nacional de Infraestructura más ambicioso que se ha desarrollado en México. Con el compromiso de la presente Administración de un manejo responsable de las finanzas públicas y el uso transparente de los recursos, el presente Programa, junto con las reformas estructurales recientemente aprobadas por el H. Congreso de la Unión, podrán elevar el crecimiento de la economía entre un 1.8 y 2.0 puntos porcentuales por arriba de su nivel inercial, lo que implica la generación de 350 mil empleos adicionales al año.”

Además, uno de los objetivos del PNI es: “contar con una infraestructura y una plataforma logística de transportes y comunicaciones modernas que fomenten una mayor competitividad, productividad y desarrollo económico y social”. Dentro del capítulo del Sector Comunicaciones y Transportes, se indica que: “se debe ampliar la cobertura y capacidad de las redes de comunicaciones para incrementar el acceso a servicios de banda ancha en el territorio nacional”.

En el PNI se diagnostica que: “La baja inversión histórica en infraestructura de telecomunicaciones ha contribuido a que México tenga el precio por megabit por segundo, de 1.69 dólares, el más caro de todos los países de la OCDE. Este precio es aproximadamente tres veces más caro que el promedio de la OCDE”.

En el PNI se indica que el sector telecomunicaciones enfrenta los siguientes principales problemas:

1. Rezago significativo de la inversión (pública y privada) per cápita.
2. Bajos niveles de penetración de banda ancha fija y móvil.
3. Alta participación de los operadores de telecomunicaciones en los mercados más rentables y ausencia de incentivos para extenderse a mercados menos rentables (rurales y marginados).
4. Baja calidad, cobertura y altos costos

7. Conclusiones – viabilidad técnica

El proyecto es técnicamente viable pues se basa en estándares y mejores prácticas internacionales. Todos los participantes de la licitación deberán presentar un proyecto de referencia con base en el cual se implementará la Red Compartida. Para que el proyecto sea asignado, la SCT deberá verificar que el proyecto sea técnica y económicamente viable.

Las pruebas de campo realizadas por Alcatel-Lucent, Ericsson, Huawei Technologies y Nokia Networks¹² demostraron la factibilidad de uso de la tecnología LTE (Long Term Evolution) en la banda de 700 MHz bajo el estándar APT (Asia-Pacific Telecommunity).

¹² <http://www.sct.gob.mx/uploads/media/COMUNICADO-049-2015.pdf>