

Guía de soluciones para la conectividad a Internet del último kilómetro

Opciones de conectividad sostenible para emplazamientos no conectados 2020



Guía de soluciones para la conectividad a Internet del último kilómetro

Opciones de conectividad sostenible
para emplazamientos no conectados

2020



Agradecimientos

La presente Guía de soluciones es obra del Sr. John Garrity y la Sra. Aminata Amadou Garba.

Las siguientes organizaciones y particulares han presentado, como contribuciones para atribución e inclusión, estudios de caso sobre conectividad del último kilómetro y/o cartografía sin edición notable por los autores (lista alfabética por organización y apellido): 1 World Connected (Sr. Christopher Yoo); Africa Mobile Networks (Sr. Michael Darcy); Airbus (Sra. Davina Egbuna); Anatel (Agencia Nacional de Telecomunicaciones de Brasil) (Sr. Roberto Mitsuke Hirayama, Sr. Agostinho Linhares, Sr. Eduardo Marques da Costa Jacomassi, Sra. Patricia Rodrigues Ferreira); Association of Progressive Communications (Sr. Erick Huerta, Sr. Mike Jensen, Sr. Leandro Navarro, Sr. Carlos Rey-Moreno y Sr. Steve Song); Bluetown (Sra. Satya N. Gupta); Connected Pacific (Sr. Jonathan Brewer); EMEA Satellite Operators Association (ESOA) (Sra. Natalie Vicente); Fraym (Sr. Ben Leo, Sr. Rachael Mandell y Sr. Rob Morello); GÉANT (Sra. Cathrin Stöver); HIP Consult (Sr. Judah Levine y Sra. Amelia Prior); Huawei (Sr. Newman Wu); GSMA (Sr. Genaro Cruz y Sra. Claire Sibthorpe); Internet Society (Sr. Naveed Haq); Masae Analytics (Sr. Emmanuel de Dinechin); Microsoft (Sra. Lydia Carroon y Sr. Jeffrey Yan); Ookla (Sr. Bryan Darr y Sra. Katherine Macdonald); PCARI Village Base Station Project (Sra. Claire Barela, Sra. Josephine Dionisio, Sr. Cedric Festin, Sr. Philip Martinez, VBTS Team); Gobierno de Polonia (Sr. Marchin Cichy y Sra. Agnieszka Gładysz); Telefónica (Sr. Juan Campillo Alonso); Vanu (Sr. Andrew Beard); ViaSat (Sr. Ryan Johnson); World Bank (Sr. Tim Kelly); World Telecom Labs (Sr. Simon Pearson).

Las siguientes organizaciones y particulares han formulado observaciones sobre los proyectos y conceptos que aquí se presentan (lista alfabética por organización y apellido): Academia Nacional de Telecomunicaciones de Odesa A.S. Popov (Sr. Vadim Kaptur); AFRINIC (Sr. Amreesh Phokeer y Sr. Arthur Carindal); Alliance for Affordable Internet (Sra. Sonia Jorge y Sra. Maiko Nakagaki); Association of Progressive Communications (Sr. Erick Huerta, Sr. Mike Jensen, Sr. Leandro Navarro, Sr. Carlos Rey-Moreno y Sr. Steve Song); ARIN (Sra. Anne Rachel Inne); Grupo de Trabajo sobre conectividad escolar de la Comisión de la Banda Ancha (Reuniones del 6 de febrero y el 29 de abril); Dynamic Spectrum Alliance (Sra. Martha Suarez); EchoStar (Sra. Jennifer Mann); EMEA Satellite Operators Association (ESOA) (Sr. Aarti Holla, Sra. Natalie Vicente); GÉANT (Sra. Cathrin Stöver); Global Good Net Works Limited (Sr. Frank McCosker); Comisión de Telecomunicaciones y Correos de Grecia (Sr. Konstantinos Masselos); HIP Consult (Sr. Judah Levine); Huawei (Sr. Newman Wu, Sra. Zhang Xinyue, Sra. Li Wenxin y Sr. Xu Zhiyu); Intel (Sr. Turhan Muluk); Internet Society (Sr. Diego Canabarro, Sra. Jane Coffin y Sr. Juan Peirano); UIT (Sra. Doreen Bogdan-Martin, Sr. Istvan Bozsoki, Sr. Sergio Buonomo, Sr. Ruoting Chang, Sra. Jeounghee Kim, Sr. Catalin Marinescu, Sr. Marco Obiso, Sr. Orhan Osmani, Sr. Bruno Ramos, Sr. Joaquin Restrepo, Sra. Sofie Maddens, Sr. Nick Sinanis, Sra. Nancy Sundberg, Sra. Maria Victoria Sukenik y Sr. Alex Wong); Comisión de Estudio 1 de la Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones de la UIT; Microsoft (Sra. Lydia Carroon y Sr. Jeffrey Yan); People Centered Internet (Sra. Mei Lin Fung); Royal Holloway, Sr. Sandeep Taxali; Telco2 New Zealand (Sr. Jonathan Brewer); ACNUR (Sr. John Warnes); UNICEF (Sr. Jaime Archundia y Sra. Naroa Zurutuza); Universidad de Londres (Sr. Tim Unwin); Banco Mundial (Sr. Doyle Gallegos); ViaSat (Sr. Ryan Johnson).

El Sr. Angelo Gutierrez y el Sr. Christopher T. Cabardo ayudaron en la investigación.

El diseño gráfico y la maquetación corrieron a cargo del Servicio de Publicaciones de la UIT.

Sírvase comunicar sus observaciones, correcciones y sugerencias de adición a los autores por correo-e: Sra. Aminata Amadou Garba (aminata.amadou-garba@itu.int) y Sr. John Garrity (jdgarrity@gmail.com).

© Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2021

Algunos derechos reservados. Esta obra está licenciada al público a través de una licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 IGO (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo>).

Con arreglo a los términos de esta licencia, usted puede copiar, redistribuir y adaptar la obra para fines no comerciales, siempre que la obra sea citada apropiadamente. Cualquiera que se la utilización de esta obra, no debe sugerirse que la UIT respalde a ninguna organización, producto o servicio específico. No se permite la utilización no autorizada de los nombres o logotipos de la UIT. Si adapta la obra, deberá conceder una licencia para su uso bajo la misma licencia Creative Commons o una equivalente. Si realiza una traducción de esta obra, debe añadir el siguiente descargo de responsabilidad junto con la cita sugerida: "Esta traducción no fue realizada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). La UIT no se responsabiliza del contenido o la exactitud de esta traducción. La edición original en inglés será la edición vinculante y auténtica."

Toda mediación en caso de controversia en torno a la licencia se llevará a cabo de conformidad con las normas de mediación de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (<http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules>).

Cita sugerida. Guía de soluciones de conectividad a Internet del último kilómetro: opciones de conectividad sostenible para emplazamientos no conectados. Ginebra: Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2020. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Materiales de terceros. Si desea reutilizar material de esta obra atribuido a terceros, como los cuadros, las figuras o las imágenes, deberá determinar si necesita permiso para ello y, en su caso, obtenerlo del titular de los derechos de autor. El riesgo de reclamaciones resultantes de la infracción de cualquier componente propiedad de terceros en la publicación recae únicamente en el usuario.

Descargo de responsabilidad. Las denominaciones empleadas y la presentación del material en esta publicación no implican la expresión de opinión alguna por parte de la UIT en relación con la situación jurídica de ningún país, territorio, ciudad o zona ni de sus autoridades, ni en relación con la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas punteadas o discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas sobre las que puede no existir un acuerdo pleno. Las ideas y opiniones expresadas en esta publicación son las de los autores y no necesariamente reflejan las de la UIT. La mención de empresas específicas, de productos o de servicios no implica que la UIT los apruebe o recomiende con preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan. Salvo error u omisión, las denominaciones de los productos patentados se distinguen mediante iniciales en mayúsculas. La UIT ha tomado todas las precauciones razonables para comprobar la información contenida en la presente publicación. Sin embargo, el material publicado se distribuye sin garantía de ningún tipo, ni expresa ni implícita. La responsabilidad respecto de la interpretación y del uso del material recae en el lector. En ningún caso la UIT podrá considerarse responsable de los daños y perjuicios causados por su utilización.

ISBN:

978-92-61-32133-8 (Versión impresa)
978-92-61-32143-7 (Versión electrónica)
978-92-61-32153-6 (Versión EPUB)
978-92-61-32163-5 (Versión Mobi)

Prefacio



Hace 35 años el Informe Maitland¹ abogó por la conectividad universal como base esencial para la prosperidad económica y social.

A pesar de ello, sigue habiendo 3 700 millones de personas sin conexión alguna al mundo en línea y muchos cientos de millones más carecen de una conectividad verdaderamente palpable que cambiaría sus vidas.

La COVID-19 ha puesto de manifiesto la realidad de nuestro mundo: en esta era posdigital carecer de conexión implica no tener acceso al empleo, la educación, los servicios sanitarios vitales y la información. En pocas palabras, carecer de las posibilidades socioeconómicas que toda persona debería tener a su disposición.

Encontrar el medio para ampliar la conectividad significativa y cerrar la brecha digital es el núcleo

del mandato del UIT-D. A pesar de los numerosos obstáculos que se oponen al acceso, crear la infraestructura de red necesaria para soportar los servicios de banda ancha supone un gran reto para los países, tanto desarrollados como en desarrollo, donde la extensión geográfica, la orografía o la insularidad son factores que se han de tener en cuenta.

Además, la baja rentabilidad del despliegue de redes en zonas donde la población está muy dispersa implica que, en muchos países en desarrollo, la conectividad se limita casi siempre a las zonas urbanas, dejando totalmente desconectadas a las zonas rurales y remotas.

Para lograr una conectividad significativa para todos y garantizar que nadie se queda atrás se deben encontrar nuevos medios para facilitar servicios y redes del último kilómetro asequibles a las poblaciones y comunidades mal abastecidas o carentes de servicios.

En esta Guía de soluciones para la conectividad a Internet del último kilómetro se abordan estos problemas. Se trata de directrices que pueden ayudar a los responsables políticos y a los profesionales a elegir y adaptar las soluciones de conectividad del último kilómetro que mejor se adapten a su entorno y objetivos digitales particulares.

Esta Guía forma parte de la Herramienta de conectividad del último kilómetro de la Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones (BDT) de la UIT, cuyo objetivo es propiciar nuevas estrategias de colaboración para llevar la conectividad hasta la base de la pirámide social y permitir a las principales partes interesadas adoptar un enfoque integral que considere la banda ancha como un servicio público básico y una herramienta indispensable para el desarrollo socioeconómico.

¹ UIT, *El Eslabón Perdido*, Informe de la Comisión Independiente para el Desarrollo Mundial de las Telecomunicaciones (presidida por Sir Donald Maitland) (Ginebra, 1984).

Como complemento a esta Guía de soluciones, la BDT está preparando toda una gama de recursos que permita a los Estados Miembros hacer frente a los problemas de la conectividad del último kilómetro, entre los que se cuentan una base de datos de estudios de caso y herramientas interactivas para la selección y el diagnóstico de la conectividad del último kilómetro. También ofrecemos servicios de capacitación y asistencia para el diseño, la planificación y la implementación, incluida la identificación de las zonas no conectadas, y asesoramiento experto para la selección de soluciones técnicas, financieras y reglamentarias sostenibles.

La BDT cuenta con una serie de programas que utilizarán esta Guía para facilitar el diseño y la implementación de soluciones de conectividad sostenibles. Entre esos programas se cuentan Giga - iniciativa conjunta de la UIT y UNICEF para dar a todas las escuelas acceso a Internet y a todos los jóvenes acceso a la información, oportunidades y capacidad de elección; la asociación Smart Villages 2.0 con el Gobierno de Níger, entre otros, y Connect2Recover - iniciativa dedicada a reforzar la conectividad asequible y fiable en los países beneficiarios.

Confío en que los Miembros de la UIT, junto con otras partes interesadas de todo el ecosistema de las TIC, acogerán esta Guía de soluciones como una herramienta indispensable para facilitar la extensión del acceso a la banda ancha a todas las personas y comunidades, sea cual sea su lugar de residencia.



Doreen Bogdan-Martin
Directora
Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones, UIT

Agradecimientos	ii
Prefacio	vii
Lista de cuadros, figuras y recuadros	xi
Abreviaturas	xv
Resumen ejecutivo	xvii
Introducción	1
1 Acerca de la Guía de soluciones.....	2
2 Estructura de la Guía de soluciones	3
3 Definiciones	3
4 Descripción de los componentes de la red de telecomunicaciones.....	5
5 Antecedentes, motivación y objetivos	7
6 Fases de la Guía de soluciones	13
Capítulo 1. Identificar las zonas sin conexión digital (e insuficientemente atendidas) (Fase 1).....	15
1.1 Comprender los problemas subyacentes a la cartografía del acceso y la adopción (Fase 1a).....	16
1.2 Seleccionar un método de cartografiado descendente y/o ascendente (Fase 1b)	17
1.3 Cartografiar los elementos esenciales: activos de infraestructura de red, demanda potencial y viabilidad financiera, y limitaciones de las opciones tecnológicas (Fase 1c).....	25
Capítulo 2. Examinar las opciones de la clasificación de soluciones existentes (Fase 2).....	34
2.1 Examinar la base de datos de estudios de caso de soluciones de conectividad del último kilómetro (Fase 2a).....	35
2.2 Utilizar la categorización/tipología de las intervenciones (Fase 2b).....	36
2.3 Comprender las principales características de cada intervención y sus ventajas e inconvenientes (Fase 2c).....	40
2.4 Tecnologías de red de acceso comunes (inalámbricas).....	57
2.5 Tecnologías de acceso alámbricas comunes.....	64
2.6 Explicación de las tecnologías de acceso comunes.....	65

2.7	Tecnologías de conexión al núcleo	81
2.8	Tecnologías de acceso emergentes.....	86
2.9	Soluciones híbridas de tecnología y modelos comerciales	90
2.10	Regímenes políticos y reglamentarios	92
Capítulo 3. Seleccionar soluciones sostenibles según su viabilidad en función de las limitaciones (Fase 3).....		100
3.1	Seleccionar una solución de conectividad del último kilómetro asequible (Fase 3a).....	101
3.2	Identificar los componentes de una solución de conectividad del último kilómetro adecuada (Fase 3b).....	106
3.3	Formular una matriz de decisión para las soluciones viables (Fase 3c).....	116
3.4	Considerar herramientas adicionales para evaluar las soluciones (Fase 3d)....	118
Capítulo 4. Implementar las intervenciones para ampliar el servicio de conectividad sostenible (Fase 4)		120
4.1	Opciones de intervención - Introducción (Fase 4a).....	121
4.2	Opciones de intervención - Medidas para la eficacia del mercado (Fase 4b) .	122
4.3	Opciones de intervención - Financiación única (subvenciones inteligentes) (Fase 4c).....	128
4.4	Opciones de intervención - Financiación/subvenciones recurrentes (Fase 4d).....	131
4.5	Ejemplos de opciones extraídos de los estudios de caso presentados (Fase 4e).....	132
Conclusión y fases siguientes.....		140
Anexo 1: Ejemplos de cartografía de red		141
Anexo 2: Documentos de referencia y recursos adicionales		151
Anexo 3: Aplicación de la Guía de soluciones a despliegues multiemplazamiento simultáneos (diseño de red)		154

Lista de cuadros, figuras y recuadros

Cuadros

Cuadro 1. Componentes de la red de telecomunicaciones que soportan las intervenciones del último kilómetro en los países en desarrollo.....	7
Cuadro 2. Contenido que recogen los distintos tipos de mapas de conectividad	18
Cuadro 3. Procesos comunes a todos los tipos de cartografía de la banda ancha.....	19
Cuadro 4. Métodos descendente y ascendente: ventajas e inconvenientes	20
Cuadro 5. Cartografía de infraestructura descendente: ejemplos.....	21
Cuadro 6. Cartografía descendente nacional: ejemplos.....	23
Cuadro 7. Fuentes de datos sobre infraestructura de red.....	26
Cuadro 8. Datos sociodemográficos necesarios para estimar la demanda potencial de distintos servicios	32
Cuadro 9. Otros elementos geográficos y activos infraestructurales que se han de incorporar para obtener una imagen más completa de las oportunidades y las limitaciones.....	33
Cuadro 10. Categorías de las características de las intervenciones en la Base de datos de estudios de caso de conectividad del último kilómetro	36
Cuadro 11. Clasificación de las intervenciones de conectividad a Internet del último kilómetro	39
Cuadro 12. Características de las diversas intervenciones de conectividad del último kilómetro posibles	41
Cuadro 13. Ejemplos de requisitos de banda ancha para diversas actividades del sector educativo (velocidades de descarga)*.....	47
Cuadro 14. Ejemplos de requisitos de ancho de banda por tipo de proveedor de telemedicina.....	49
Cuadro 15. Modelos comerciales que ofrecen servicios en las redes del último kilómetro	51
Cuadro 16. Modelos de ingresos de servicios al por menor del último kilómetro	54
Cuadro 17. Comparación de las tecnologías de red de acceso inalámbrica comunes *.....	60
Cuadro 18. Familias IMT.....	61
Cuadro 19. Comparación de las tecnologías de red de acceso alámbrica comunes....	63
Cuadro 20. Comparación entre varias generaciones de la tecnología Wi-Fi.....	66
Cuadro 21. Comparación de diversas generaciones de la tecnología celular*.....	70
Cuadro 22. Zona máxima de cobertura por frecuencia radioeléctrica (MHz) con LTE*.....	72
Cuadro 23. Características de los satélites GEO, MEO y LEO	79
Cuadro 24. Comparación de las tecnologías de conexión al núcleo comunes.....	85
Cuadro 25. Comparación de tecnologías emergentes de conectividad	89
Cuadro 26. Comparación de intervenciones en función de su aplicabilidad a cada categoría de brecha de acceso	96

Cuadro 27. Componentes de la evaluación de la viabilidad financiera	109
Cuadro 28. Estimación de la demanda por tamaño de población e ingresos.....	110
Cuadro 29. Opciones de red de acceso en función de la zona y las características geográficas*	111
Cuadro 30. Limitaciones de conexión al núcleo por capacidad (ancho de banda y límites de datos) y precio.....	113
Cuadro 31. Problemas reglamentarios por estructura orgánica	114
Cuadro 32. Consideraciones de sostenibilidad por estructura orgánica.....	115
Cuadro 33. Matriz de decisiones para identificar las soluciones adecuadas.....	117
Cuadro 34. Herramientas adicionales para evaluar las soluciones (soporte de decisiones y modelización de inversiones).....	119
Cuadro 35. Intervenciones de eficiencia del mercado y su aplicabilidad a los distintos modelos de conectividad del último kilómetro.....	125
Cuadro 36. Financiación única u opciones de subvención limitada y su aplicabilidad a los distintos modelos de conectividad del último kilómetro	130
Cuadro 37. Subvenciones recurrentes y su aplicabilidad a los distintos modelos de conectividad del último kilómetro	132
Cuadro 38. Ejemplos de opciones extraídos de los estudios de caso presentados....	133

Figuras

Figura 1. Bloques de la Guía de soluciones para la conectividad a Internet del último kilómetro	3
Figura 2. Componentes de la red de telecomunicaciones que soportan las intervenciones del último kilómetro en los países en desarrollo.....	6
Figura 3. Personas que utilizan Internet, 2005-2019*	8
Figura 4. Porcentaje de población que utiliza Internet, por región y estadio de desarrollo, 2019*	9
Figura 5. Ralentización del crecimiento del número de usuarios de Internet en el mundo.....	10
Figura 6. Población con capacidad de acceso a la fibra, marzo de 2019*	11
Figura 7. Número de países que han alcanzado los objetivos de la Comisión de la Banda Ancha para los servicios informáticos de banda ancha móvil (1,5 GB al mes), 2020*	11
Figura 8. Número de países que han alcanzado los objetivos de la Comisión de la Banda Ancha para los servicios informáticos de banda ancha fija (5 GB al mes), 2020	12
Figura 9. Asequibilidad de 1 GB de datos en los países con ingresos bajos y medios, por región (2018).....	13
Figura 10. Fases de la Guía de soluciones para la conectividad del último kilómetro.....	14
Figura 11. Fase 1 en la Guía de soluciones para la conectividad a Internet del último kilómetro	15
Figura 12. Cobertura móvil terrenal y brechas de utilización en el mundo	16

Figura 13. Diferencias entre los métodos descendente y ascendente para la cartografía de poblaciones sin conexión o insuficientemente atendidas	18
Figura 14. Ejemplo de prueba a pie para determinar la utilización del espectro GSM para el despliegue de una red celular comunitaria.....	26
Figura 15. Ejemplo de prueba en vehículo para identificar la disponibilidad de espectro	27
Figura 16. Ejemplo de cuadro nacional de atribución de frecuencias: Moldova	29
Figura 17. Ejemplo de ejercicio de código abierto para rastrear las asignaciones de espectro en África (banda de 900 MHz)	30
Figura 18. Fase 2 de la Guía de soluciones para la conectividad a Internet del último kilómetro	35
Figura 19. Categorización de las intervenciones del último kilómetro en función del tipo de red y de los beneficios.....	37
Figura 20. Diferencias en las características de utilización	44
Figura 21. Distintos niveles de utilización de Internet (Foro Económico Mundial).....	46
Figura 22. Diferentes intervenciones para diversas brechas de acceso	57
Figura 23. Despliegues de red comunes	65
Figura 24. Ejemplos de topologías de red Wi-Fi *	67
Figura 25. Cómo una red de fibra óptica pasiva GB de 16 hebras puede dar servicio a 1 024 abonados	76
Figura 26. Comparación de las características de los satélites GEO, MEO y LEO, incluidas las zonas de cobertura*.....	80
Figura 27. Influencia de la latencia en algunas aplicaciones y servicios.....	81
Figura 28. Conexión al núcleo para voz y datos móviles, por método, mundo y África Subsahariana (2017)	84
Figura 29. Fase 3 de la Guía de soluciones para la conectividad a Internet del último kilómetro	100
Figura 30. Modelos de acceso en función de los problemas (USAID)	102
Figura 31. Componente para seleccionar una solución de conectividad del último kilómetro sostenible y asequible.....	104
Figura 32. Componentes de una solución de conectividad del último kilómetro asequible en función de otros marcos.....	105
Figura 33. Viabilidad financiera y asequibilidad.....	106
Figura 34. Fase 4 en la Guía de soluciones para la conectividad a Internet del último kilómetro	120
Figura 35. Distintas intervenciones para las diversas brechas de acceso	121
Figura A1.1. GSMA Mobile Coverage Map: ejemplo.....	141
Figura A1.2. Algoritmo de Masae Analytics con datos de densidad de población públicos e información de cobertura para detectar las zonas más prometedoras ("puntos blancos") para la instalación de nuevas estaciones base	143
Figura A1.3. Superposición de mapas de cobertura, datos de la red eléctrica, capas de población y datos sociodemográficos de un determinado país para detectar y agrupar las diversas zonas de interés	144

Figura A1.4. Muestra de datos de infraestructura de TIC de InfraNav, incluidas rutas de fibra óptica, torres celulares, enlaces de microondas y estaciones terrenas..	145
Figura A1.5. La superposición de la red de fibra y de la red eléctrica permite identificar rutas para la expansión	146
Figura A1.6. Emplazamiento de torres 4G y número de personas por torre en una cuadrícula de un kilómetro cuadrado	148
Figura A3.1. Las cuatro fases presentadas en la Guía de soluciones para la conectividad a Internet del último kilómetro	154

Recuadros

Recuadro 1. Ejemplo de cartografía descendente: Internet para Todos (Perú).....	23
Recuadro 2. Ejemplo de cartografía ascendente: Proyecto PCARI VBTS (Filipinas).....	24
Recuadro 3. Estudio de caso: red de acceso Wi-Fi (India)	68
Recuadro 4. Despliegues de red celular del último kilómetro (Africa Mobile Networks).....	73
Recuadro 5. Despliegues de fibra óptica en comunidades rurales (España).....	76
Recuadro 6. Despliegue de fibra óptica en comunidades rurales (Estados Unidos)	77
Recuadro 7. Ejemplo de red híbrida (Hughes Express Wi-Fi).....	91
Recuadro 8. Ciberseguridad y ciberprotección para nuevos usuarios en despliegues de conectividad del último kilómetro	99

Abreviaturas

(A/V)DSL	Línea de abonado digital (asimétrica/de alta velocidad)
ACNUR	Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados
AMDC	Acceso múltiple por división de código
AMDT	Acceso múltiple por división en el tiempo
ARPU	Ingreso medio por usuario
BDT	Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones de la UIT
CIESIN	Centro para la Red Internacional de Información sobre las Ciencias de la Tierra, Universidad de Columbia
CUK	Conectividad del último kilómetro
FMI	Fondo Monetario Internacional
FTTH	Fibra hasta el hogar
GB	Gigabyte
Gbit/s	Gigabits por segundo
GEO	Órbita geosíncrona
GSM	Sistema mundial para comunicaciones móviles
GSMA	GSM Association
HAPS	Estación en plataformas a gran altitud
IMT	Telecomunicaciones Móviles Internacionales
IoT	Internet de las cosas
IP	Protocolo Internet
(k)m	(kiló)metros
Kbit/s	kilobits por segundo
LEO	Órbita terrestre baja
LTE	Evolución a largo plazo
M(V)NO	Operador de red móvil (virtual)
Mbit/s	megabits por segundo
MEO	Órbita terrestre media
ms	Milisegundo
ODS	Objetivo de Desarrollo Sostenible
PdP	Punto de presencia

(continuación)

PIB	Producto interior bruto
PMA	Países menos adelantados
PNB	Producto nacional bruto
PSI	Proveedor de servicios Internet
QoS	Calidad de servicio
TIC	Tecnología de la información y la comunicación
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
USAID	Agencia para el Desarrollo Internacional de Estados Unidos
(V)HTS	Satélites de (muy) alto rendimiento
VoIP	Voz por el protocolo Internet

Resumen ejecutivo

A pesar del crecimiento meteórico de Internet y la conectividad en banda ancha, a finales de 2019 cerca del 49 por ciento de la población mundial, es decir, 3 700 millones de personas, carecía de acceso en línea y seguía privado de los beneficios directos que representa la economía digital global.¹ Las poblaciones fuera de línea se concentran principalmente en los países menos adelantados, donde sólo el 19 por ciento de la población tenía acceso en línea en 2019. A escala regional, en África y Asia-Pacífico menos de la mitad de la población está en línea (respectivamente el 29 y el 45 por ciento) (véase la Figura 4).

Hay varias razones globales que motivan que miles de millones de personas sigan fuera de línea, desde la falta de infraestructura de red y de servicios Internet asequibles a carencias en términos de formación y capacidades, pasando por la disponibilidad y coste de los dispositivos personales y falta de relevancia percibida. Por ejemplo, más de 750 millones de personas (cerca del 10 por ciento de la población mundial) carece de cobertura de banda ancha móvil (3G o superior).² Esta falta de cobertura se concentra particularmente en las zonas rurales y remotas. Además de esta carencia, también hay lagunas de utilización en lugares con cobertura de banda ancha. Por ejemplo, si bien el 31 por ciento de la población africana carece de cobertura de banda ancha móvil, cerca del 45 por ciento no utiliza la Internet móvil aun cuando reside en lugares con cobertura móvil. Las estimaciones sugieren, además, que hay al menos 88 países donde los precios medios del servicio de banda ancha móvil básico se considera inasequible (superior al 2 por ciento del PNB mensual medio per cápita).³

Esta Guía de soluciones para la conectividad a Internet del último kilómetro se ha preparado para facilitar el diseño y desarrollo de programas e intervenciones que permitan resolver dos grandes problemas:

- la indisponibilidad de infraestructura Internet en ciertas zonas;
- los elevados precios que provocan la inasequibilidad de la conectividad a Internet para la población local.

En esta Guía de soluciones se presenta una metodología para llevar soluciones de conectividad sostenibles y asequibles a lugares que carecen de conexión o están mal abastecidos. Aunque hay otros problemas (por ejemplo, la alfabetización digital, los dispositivos personales y el contenido local pertinente) de igual importancia, éstos no se tratan en este documento, pues ya se abordan detalladamente en otras fuentes enumeradas en el Anexo 2.

Esta Guía de soluciones se ha preparado para que los Estados Miembros adopten más rápidamente medidas para solucionar el problema de la conectividad a Internet del último kilómetro cuando, entre otras cosas, se carece de infraestructura de red, con miras a fomentar la prestación de servicios más asequibles. Esta Guía está redactada desde el punto de vista de las localidades y usuarios sin acceso a Internet: las comunidades de conectividad del último kilómetro. Las herramientas, servicios y soluciones políticas reflejan, por tanto, la mejor manera de llevar el acceso a Internet a esos lugares, habida cuenta de sus particularidades.

¹ UIT, *Measuring digital development. Facts and figures 2020* (Ginebra, 2020).

² C. Handforth, *Closing the Coverage Gap. How Innovation Can Drive Rural Connectivity* (Londres, Reino Unido, GSMA, 2019).

³ UIT, *Measuring digital development. ICT Price Trends 2019* (Ginebra, 2020). Además, en muchos países que sí cumplen el criterio del 2 por ciento, los precios medios para el segmento de bajos ingresos de la población son superiores al 2 por ciento del PNB mensual medio per cápita.

La Guía de soluciones está diseñada para su utilización en las consultas iniciales sobre cómo abordar estas carencias y comprende materiales, recursos y enlaces de referencia a otros contenidos que pueden facilitar el proceso, el diálogo y la toma de decisiones que acompañan al diseño de las medidas. Así, debe emplearse en las fases iniciales del diseño de soluciones sostenibles a las carencias de conectividad.

En la Guía de soluciones se contemplan las cuatro fases principales del proceso (véase la Figura 1), a cada una de las cuales se consagra un capítulo y que pueden desglosarse de la siguiente manera:

Capítulo 1: Identificar las zonas sin conexión digital (e insuficientemente atendidas) (Fase 1)

1a - Comprender los problemas subyacentes a la cartografía del acceso y la adopción

1b - Seleccionar un método de cartografiado descendente y/o ascendente

1c - Cartografiar los elementos esenciales: activos de infraestructura de red, demanda potencial y viabilidad financiera, y limitaciones de las opciones tecnológicas

Capítulo 2: Examinar las posibles soluciones existentes (Fase 2)

2a - Examinar la base de datos de estudios de caso de soluciones de conectividad del último kilómetro

2b - Utilizar la categorización/tipología de las intervenciones

2c - Comprender las principales características de cada intervención y sus ventajas e inconvenientes

Capítulo 3: Seleccionar soluciones sostenibles según su viabilidad en función de las limitaciones (Fase 3)

3a - Seleccionar una solución de conectividad del último kilómetro asequible

3b - Identificar los componentes de una solución de conectividad del último kilómetro adecuada

3c - Formular una matriz de decisión para las soluciones viables

3d - Considerar herramientas adicionales para evaluar las soluciones

Capítulo 4: Implementar las intervenciones para ampliar el servicio de conectividad sostenible (Fase 4)

4a - Opciones de intervención - Introducción

4b - Opciones de intervención - medidas para la eficacia del mercado

4c - Opciones de intervención - financiación única (subvenciones inteligentes)

4d - Opciones de intervención - financiación/subvenciones recurrentes

4e - Ejemplos de opciones (extraídos de los estudios de caso presentados)

Además de las fases expuestas, en la introducción se presentan la información básica sobre la conectividad a Internet y las telecomunicaciones y las definiciones comunes y figuras que ilustran los términos más importantes. Las redes del último kilómetro, conocidas también como redes de acceso, son aquellas donde Internet alcanza a los usuarios extremos y sus dispositivos. Se distinguen de las redes intermedias (también denominadas redes de conexión al núcleo) en que estas últimas conectan una red dorsal nacional (o red núcleo) a puntos de regiones o zonas geográficas exteriores, ampliando así el servicio para una más amplia distribución del último kilómetro. Las redes dorsales nacionales son redes de alta capacidad y alta velocidad que conectan los grandes centros de población de un país y suelen ser el primer punto de conexión del tráfico Internet internacional. En esta Guía de soluciones se emplea el término "último kilómetro" como sinónimo de "primer kilómetro", pues muchas localidades están construyendo activamente enlaces de infraestructura para conectarse a la red de comunicación global general.

En el Capítulo 1, Identificar las zonas sin conexión digital (e insuficientemente atendidas), de la Guía de soluciones se aborda la importancia de la cartografía de los activos de infraestructura de red existentes en una región determinada, además de otras limitaciones socioeconómicas, geográficas y medioambientales. Esta cartografía supone un reto, pues no hay un único conjunto de datos universales que contenga todas las tecnologías de conectividad de red ni indique cómo correlacionar esa información con esos datos clave (como la densidad de población) y otras limitaciones críticas (como la orografía o la disponibilidad de suministro eléctrico). En el Capítulo 1 se abordan dos métodos de cartografiado diferentes (descendente y ascendente, véase la Figura 15) y su utilización combinada, además de otros tipos de cartografiado de la disponibilidad de red (cartografiado de la demanda, la infraestructura, la inversión y el servicio). Se facilitan diversos recursos globales sobre los distintos tipos de mapas de infraestructura por tecnología de conectividad, además de ejemplos de datos nacionales sobre conectividad recabados por los correspondientes gobiernos.

En el Capítulo 2, Examinar las posibles soluciones existentes, se describe la base de datos de estudios de caso de conectividad del último kilómetro creada para esta Guía de soluciones. Los estudios de caso contienen datos primarios de 51 casos presentados directamente a los autores para este proyecto y de otros 72 casos de fuente secundarias. La base de datos contiene información sobre 17 aspectos distintos de la intervención (véase el Cuadro 10).⁴

Estos casos se analizaron para derivar una tipología de intervenciones basada en dos categorías diferentes: el tipo de servicio de red (despliegue de red móvil por oposición al PSI general) y beneficios (entidades comerciales y entidades sin ánimo de lucro). A partir de esas dos categorías, las entidades se dividen en cuatro grandes tipos de soluciones de conectividad del último kilómetro: PSI comerciales, MNO comerciales, PSI locales sin ánimo de lucro y MNO sin ánimo de lucro (véase el Cuadro 11).

A continuación, en el Capítulo 2 se exponen los diversos problemas con que se encuentran las distintas intervenciones y sus características, entre las que se cuentan las particularidades de uso, los modelos comerciales, los modelos de ingresos, las tecnologías de acceso alámbrico e inalámbrico a la red, las tecnologías de conexión al núcleo, los regímenes políticos y reglamentarios, las nuevas tecnologías de acceso y la cada vez mayor implantación de soluciones híbridas tanto en lo que respecta a la tecnología como a los modelos comerciales.

⁴ Véanse los datos [aquí](#).

El Capítulo 3, Seleccionar soluciones sostenibles según su viabilidad en función de las limitaciones, se centra en el proceso de identificación de una intervención de conectividad del último kilómetro adaptada. El modelo de componentes esenciales para el proceso de selección que se presenta comprende la identificación de los criterios pertinentes sobre la base de la asequibilidad, la utilización, la viabilidad financiera, la estructura y la sostenibilidad (véase la Figura 33).

En el Capítulo 3 se examina detalladamente cada componente y se presenta una [matriz de decisión](#) que muestra cómo gracias a un proceso iterativo se puede determinar la solución más adecuada para cada situación. No obstante, cada una de las soluciones puede comportar una serie de tecnologías y/o modelos comerciales. Al final del capítulo se presentan herramientas para la toma de decisiones y modelos de inversión adicionales.

En el Capítulo 4, Implementar las intervenciones para ampliar el servicio de conectividad sostenible, se presentan distintas opciones de intervenciones auxiliares, según las necesidades políticas y reglamentarias, para aumentar la viabilidad económica de las intervenciones directas, así como distintos tipos de subvenciones (subvenciones únicas y subvenciones constantes, recurrentes). Se presentan diversos ejemplos de intervenciones extraídos de estudios de caso, haciendo hincapié en las medidas políticas adoptadas para su ejecución.

Por último, en la Guía de soluciones se presentan anexos contenidos adicionales. Esta Guía forma parte de la Herramienta para la conectividad a Internet del último kilómetro.

Introducción



Esta Guía de soluciones está diseñada para lograr, previa consulta, compromiso y debate con los gobiernos, proveedores de servicios, comunidades, sociedad civil, organizaciones técnicas y jóvenes innovadores, la prestación de servicios de telecomunicaciones (comunicaciones de voz y datos) en los países en desarrollo que carecen de ellos. Se detalla un proceso para identificar la mejor manera de llevar los servicios de telecomunicaciones a las zonas mal o nulamente abastecidas de los países en desarrollo, donde reside el 49 por ciento de la población mundial que aún no está conectada a Internet. Las soluciones que aquí se presentan pueden, no obstante, aplicarse también en las zonas mal o nulamente abastecidas de los países con ingresos más altos.

En la Guía de soluciones se articula un proceso para identificar soluciones específicas para localidades sin servicio o con un servicio escaso en términos de opciones de telecomunicaciones y que en la actualidad carecen de conectividad. El enlace a la red mundial de comunicaciones de voz y datos se denomina "último kilómetro", que en esta Guía es sinónimo de "primer kilómetro".

1 Acerca de la Guía de soluciones

Esta Guía de soluciones tiene dos ejes. En primer lugar, se describen las soluciones que pueden aplicarse en la actualidad para llevar servicios de comunicaciones sostenibles y asequibles a las comunidades sin conexión de los países en desarrollo (países con ingresos bajos y medios, países en desarrollo sin litoral y pequeños Estados insulares en desarrollo). Dado que el objetivo son las soluciones sostenibles y asequibles para localidades insuficientemente atendidas en la actualidad y las soluciones actualmente disponibles, se hace referencia a las tecnologías de acceso heredadas que pueden encontrarse en los países adelantados y a las nuevas tecnologías cuyo despliegue comercial aún no se ha generalizado, pero sin ahondar en estas últimas.¹

En segundo lugar, la Guía de soluciones se centra en las condiciones y limitaciones propias a cada localidad y las soluciones que se presentan están destinadas a la prestación de servicios sostenibles y asequibles en esas comunidades. Si bien esas intervenciones particulares pueden aunarse y considerarse desde un punto de vista regional o nacional (por ejemplo, por los organismos públicos nacionales dedicados al acceso universal), en su mayoría se presentan de manera individual. Otros elementos de la Herramienta de conectividad del último kilómetro de la UIT se basan en la Guía de soluciones a la hora de generar herramientas de planificación regional y nacional interactivas.

La Guía de soluciones considera las limitaciones que al acceso y utilización de Internet suponen las carencias en materia de cobertura infraestructural y los problemas de asequibilidad de los servicios. Si bien hay otros elementos que también limitan la utilización de Internet (como la alfabetización digital, el contenido pertinente, la accesibilidad a dispositivos personales y las particularidades culturales prevalentes en materia de género), éstos se abordan en otros documentos, permitiendo así a la Guía de soluciones centrarse en el despliegue infraestructural y la asequibilidad.

La Guía de soluciones se alimenta de las lecciones aprendidas por, entre otros, gobiernos, proveedores de servicios, fabricantes de tecnologías, organizaciones internacionales, bancos de desarrollo multilaterales, donantes bilaterales e instituciones académicas a lo largo de los últimos 30 años. No se trata de una guía técnica exhaustiva para resolver los problemas de conectividad a Internet, sino que presenta los problemas más notables y sus eventuales soluciones, permitiendo así a cada interesado evaluar el objetivo de la prestación de servicios.

Internet interconecta redes de redes de manera muy descentralizada y las oportunidades y retos que ello plantea dependerán en gran medida del marco político y reglamentario nacional aplicable, de las estructuras de mercado presentes, de las particularidades geográficas y de la demografía. Así, el objetivo de la Guía de soluciones es dar a los usuarios las herramientas necesarias para identificar, evaluar y sopesar diversas soluciones posibles. Activa y evolutiva, esta Guía se actualizará, revisará y ampliará de manera constante.

Esta Guía de soluciones puede utilizarse de dos maneras. Los usuarios pueden considerarla como una guía integral y cooperar con los socios pertinentes para llevar a cabo todo el proceso y las fases que aquí se definen para identificar, revisar, seleccionar e implementar las medidas destinadas a llevar servicios de conectividad a las zonas que aún carecen de ellos. Si no,

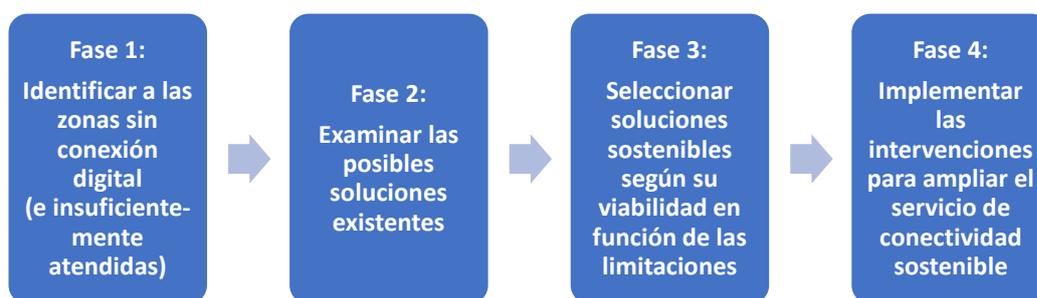
¹ Por ejemplo, la utilización de la infraestructura de cobre para la conectividad DSL puede convenir en zonas con redes telefónicas alámbricas heredadas, pero no se recomienda como infraestructura nueva por su elevado coste y bajo caudal.

pueden adoptar un enfoque modular. Cada sección de esta Guía, desde la Introducción a los Anexos, puede considerarse como una herramienta autónoma que puede emplearse de manera independiente.

2 Estructura de la Guía de soluciones

La Guía de soluciones se divide en cuatro grandes bloques, que responden a las fases de planificación y definición de políticas para las intervenciones en pro del despliegue (véase la Figura 1).

Figura 1. Bloques de la Guía de soluciones para la conectividad a Internet del último kilómetro



Cada bloque se subdivide indicando las fuentes de las que procede el contenido presentado, además de otros recursos para un conocimiento más detallado del tema en cuestión.

3 Definiciones²

Comunicación de enlace al núcleo: transporte de las señales de comunicación combinadas de la estación base a la red núcleo.

Ancho de banda: Gama de frecuencias que pueden ocupar las señales. En los sistemas analógicos se mide en hercios (Hz) y en los sistemas digitales, en bits por segundo. Cuanto mayor sea el ancho de banda, mayor será la cantidad de información que pueda transmitirse en un tiempo determinado.

Estación base (o estación central): Nombre común de todo el equipo radioeléctrico instalado en el mismo emplazamiento y utilizado para dar servicio a una o varias células.

Acceso inalámbrico de banda ancha: acceso inalámbrico en el que las capacidades de conexión(es) son superiores a las correspondientes a la velocidad primaria.

Conectividad: Capacidad de ofrecer a los usuarios extremos conexión a Internet o a otras redes de comunicaciones.

Equipo en los locales del cliente: Equipos/redes administrados por el usuario.

Usuario extremo: persona, organización o sistema de telecomunicaciones que tiene acceso a la red para comunicarse a través de los servicios prestados por ésta.

² Véase la [Recomendación UIT-R F.1399-1](#): Terminología del acceso inalámbrico.

Acceso inalámbrico fijo: aplicación de acceso inalámbrico (conexión(es) radioeléctricas de usuarios extremos a redes núcleo) en la que los emplazamientos de terminación de usuario extremo (antena del equipo radioeléctrico del usuario extremo) y los puntos de acceso a la red que se conectarán con el usuario extremo son fijos.

Estación en plataforma a gran altitud: Estación situada sobre un objeto a una altitud de 20 a 50 km y en un punto nominal, fijo y especificado con respecto a la Tierra.

Proveedor de servicios Internet: Entidad, generalmente una empresa privada, pero, en ocasiones, sin ánimo de lucro o de propiedad pública, que ofrece acceso a Internet mediante conectividad de datos empleando diversas tecnologías, como cables telefónicos (marcación), DSL, cable (coaxial), acceso inalámbrico o fibra. Normalmente, los PSI son independientes de las entidades de telecomunicaciones y operadores de redes móviles (MNO), que ofrecen servicios de voz además de los datos.

Red del último kilómetro: punto en que Internet llega a los usuarios extremos y que comprende la red de acceso local, incluidos el bucle local, estación base, las centrales y los mástiles inalámbricos.

Red intermedia (acceso al núcleo): red de distribución que conecta la red dorsal nacional a un punto de una localidad/zona geográfica (PdP) para la más amplia distribución a la red del último kilómetro.

Red dorsal (o núcleo) nacional: Conecta el tráfico Internet internacional (generalmente mediante cables de fibra óptica terrestres o submarinos) a la red dorsal de alta velocidad y gran capacidad nacional, conectando las grandes ciudades y principales núcleos de población del país.

Acceso inalámbrico móvil: aplicación de acceso inalámbrico en la que el lugar de la terminación de usuario extremo es móvil.

Operador de red móvil: entidad que ofrece servicios móviles celulares por su propia infraestructura de red o por la infraestructura de otro operador (en cuyo caso sería un operador de red móvil virtual). Están incluidos los servicios de voz y texto (SMS) y, posiblemente, de datos.

Acceso inalámbrico nómada: aplicación de acceso inalámbrico en el que el lugar de la terminación de usuario extremo puede estar en distintas ubicaciones, pero debe estar estacionario durante el uso.

Acceso universal: acceso razonable a las telecomunicaciones para todo el mundo. Comprende el servicio universal para aquellos que no pueden permitirse un servicio telefónico individual y la oferta generalizada de teléfonos públicos a una distancia razonable unos de otros.

Acceso inalámbrico: conexión(es) radioeléctrica(s) entre el usuario extremo y las redes núcleo. Por redes núcleo se entienden las redes telefónicas públicas conmutadas, las redes digitales de servicios integrados, las redes móviles terrestres públicas, redes de datos públicas conmutadas, Internet, redes de área amplia/área local y la televisión por antena comunitaria.

Alámbrico (línea fija): línea física que conecta al abonado con la red, el término "alámbrico" o "línea fija" se utiliza para diferenciar la red de sus homólogas inalámbricas.

4 Descripción de los componentes de la red de telecomunicaciones

Como se indica en las definiciones, hay múltiples maneras de describir cada uno de los componentes de una red de telecomunicaciones (véanse también la Figura 2 y el Cuadro 1),³ que son, entre otros, los siguientes:

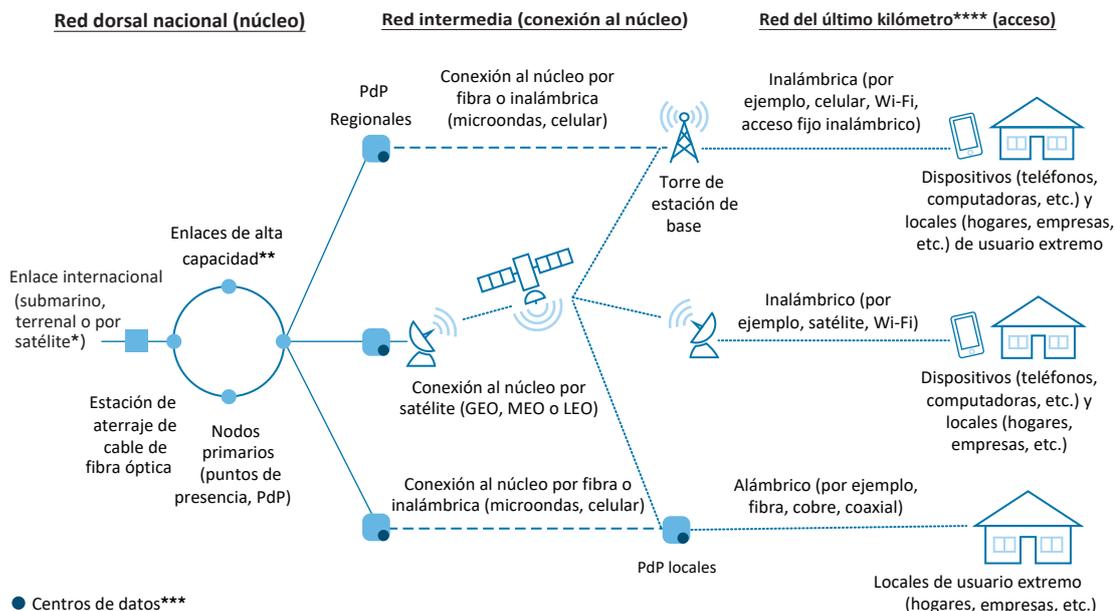
Red dorsal (o núcleo) nacional: Conecta el tráfico Internet internacional (generalmente mediante cables de fibra óptica terrenales o submarinos) a través de las estaciones de aterraje de cables submarinos (o las pasarelas terrenales en las fronteras terrestres) a la red dorsal de alta velocidad y gran capacidad nacional, conectando las grandes ciudades y principales núcleos de población del país. Una red núcleo nacional ofrece la primera capa de redundancia de red global en caso de interrupción entre los PdP de red núcleo y los centros de datos.

Red intermedia o de conexión al núcleo: red de distribución que conecta la red dorsal nacional a un punto de una localidad/zona geográfica alejada para la más amplia distribución a la red del último kilómetro.

Red de acceso o del último kilómetro: punto en que Internet llega a los usuarios extremos y que comprende la red de acceso local, incluidos el bucle local, estación base, las centrales y los mástiles inalámbricos. La red de acceso llega a los dispositivos de usuario extremo, generalmente teléfonos inteligentes, ordenadores portátiles, tabletas, computadoras y demás dispositivos con capacidad Internet. En esta Guía de soluciones, "último kilómetro" es sinónimo de "primer kilómetro", pues en muchos casos las localidades mismas están construyendo activamente los enlaces infraestructurales necesarios para conectarse a las redes de comunicaciones mundiales.

³ Véanse, por ejemplo, las tipologías y figuras de la [Unión Europea](#) y el [Banco Mundial](#).

Figura 2. Componentes de la red de telecomunicaciones que soportan las intervenciones del último kilómetro en los países en desarrollo



Fuente: Autores, adaptación de varias fuentes

Notas: Esta figura no es exhaustiva. Su objetivo es ilustrativo y algunos segmentos son intercambiables, sobre todo en el último kilómetro;

* En algunos, pocos, países, el satélite sigue siendo la principal, si no única, fuente de conectividad internacional;

** Se trata mayoritariamente de enlaces de fibra óptica (terrenales y submarinos), pero en algunos, pocos, países, las redes dorsales nacionales utilizan las tecnologías de satélite y de microondas inalámbricas);

*** Los centros de datos pueden situarse en distintas partes de la red, en función de la necesidad de agregar los datos (como en las redes núcleo) o de situar los datos lo más cerca posible de los usuarios extremos (como en las redes intermedias y del último kilómetro);

**** La lista de tecnologías para el último kilómetro no es exhaustiva.

Cuadro 1. Componentes de la red de telecomunicaciones que soportan las intervenciones del último kilómetro en los países en desarrollo

Nombre del componente	Denominación alternativa	Breve descripción	Distancia típica	Tecnologías infraestructurales comunes
Tráfico internacional transfronterizo	Ancho de banda internacional	Conecta los países a otros países y al resto del mundo	Miles de km	Cable de fibra óptica (terrenal y submarino), satélite
Tráfico de tránsito internacional	Tránsito	Se aplica al tráfico que atraviesa otros países antes de llegar a los países sin litoral, encareciendo el coste del ancho de banda internacional.	Entre cientos y miles de km	Cable de fibra óptica (terrenal y submarino), satélite
Red dorsal nacional	Núcleo	Conecta los principales servidores de red y centros de datos (PdP) dentro de un país	Entre cientos y miles de km	Cable de fibra óptica (terrenal y submarino), satélite
Red intermedia	Conexión al núcleo	Conecta la red dorsal a los PdP regionales	Entre decenas y cientos de km	Fibra, microondas, satélite
Red del último kilómetro	Acceso	Conecta a los usuarios extremos con los PdP regionales	Decenas de km	Inalámbrica (celular: 2G, 3G, 4G, 5G, acceso inalámbrico fijo, Wi-Fi, satélite, etc.); alámbrica (fibra, cobre, coaxial, etc.)

5 Antecedentes, motivación y objetivos

La transformación digital de los países depende de la conectividad universal, que a su vez se basa en la conectividad de banda ancha. En 2016, cuando se adoptaron los ODS, la comunidad mundial incluyó una meta específica (meta 9c) relativa al acceso universal asequible a Internet en los países menos adelantados antes de 2020.⁴ Sólo en 2019 tres grandes grupos multipartitos de alto nivel resaltaron la importancia fundamental de generalizar el acceso universal a Internet como primer paso hacia la transformación digital. Por ejemplo, en su informe de junio de 2019, el Panel de Alto Nivel del Secretario General de las Naciones Unidas sobre la Cooperación Digital⁵ recomendaba "que, de aquí a 2030, toda persona adulta tenga acceso asequible a las redes digitales, así como a servicios financieros y de salud digitales, como medio de contribuir sustancialmente al logro de los ODS".

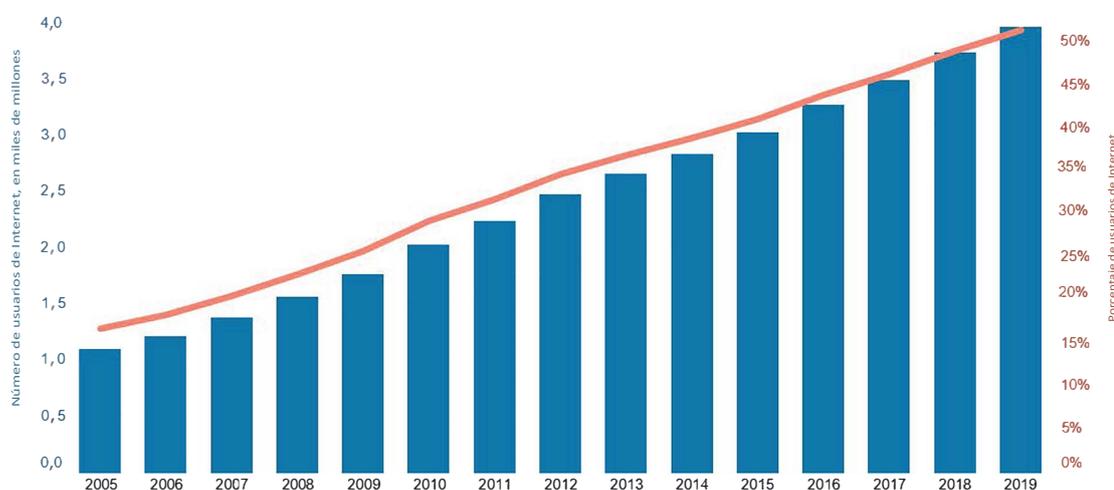
⁴ Sin embargo, la *Alliance for Affordable Internet* estima que el ODS 9c no se conseguirá hasta 2044, 22 años después del objetivo fijado de 2020 (véase *Alliance for Affordable Internet, Affordability Report 2015/16* (Washington, DC, 2016)).

⁵ Naciones Unidas, *La era de la interdependencia digital, informe del Panel de Alto Nivel del Secretario General de las Naciones Unidas sobre la Cooperación Digital* (Nueva York, 2019), p.7.

Del mismo modo, el nuevo Grupo Especial sobre economía digital de la Unión Europea y la Unión Africana identificó en junio de 2019⁶ como su primer objetivo acelerar el acceso universal a la banda ancha asequible. En 2018 un informe de *Pathways for Prosperity Commission* dedicado a la ampliación del acceso universal se focalizaba en la conectividad significativa.⁷

El interés mundial por la conectividad universal está motivado parcialmente por el hecho de que, a pesar del crecimiento meteórico de la utilización de Internet y la conectividad de banda ancha, en 2019 cerca del 49 por ciento de la población mundial, es decir 3 700 millones de personas, seguían desconectadas y ajenas a los beneficios que reporta la economía digital global⁸ (véase la Figura 3). Las poblaciones desconectadas se concentran principalmente en los países menos adelantados, donde sólo el 19 por ciento de la población estaba en línea en 2019. A nivel regional, menos de la mitad de la población de África y Asia-Pacífico (respectivamente, el 29 y el 45 por ciento) tenían acceso en línea (véase la Figura 4).

Figura 3. Personas que utilizan Internet, 2005-2019*



Fuente: UIT, véase la nota 2

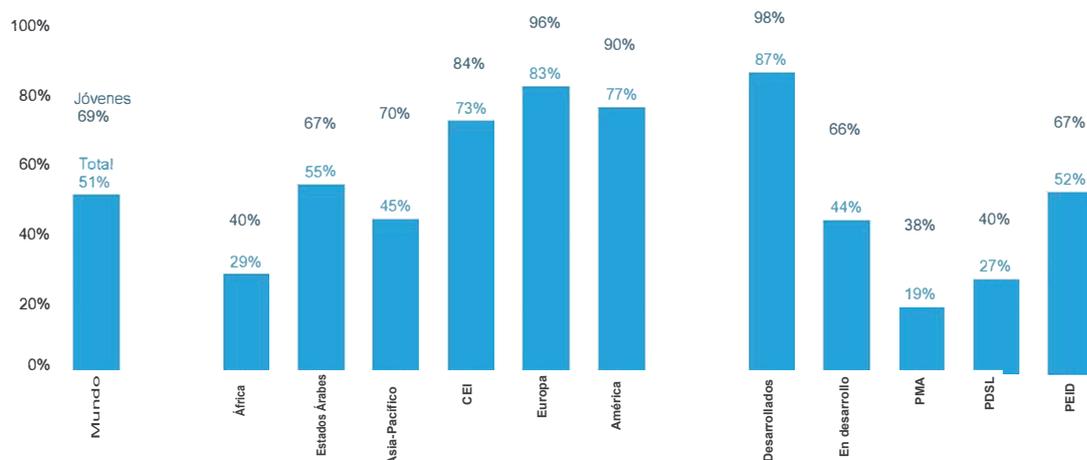
* Estimación

⁶ Nuevo Grupo Especial sobre economía digital de la Unión Europea y la Unión Africana, *Accelerating the Achievement of the Sustainable Development Goals* (2018).

⁷ Pathways for Prosperity Commission, *Digital Lives. Meaningful Connections for the Next 3 Billion* (2018).

⁸ UIT, op. cit., nota 2.

Figura 4. Porcentaje de población que utiliza Internet, por región y estadio de desarrollo, 2019*



* Estimación de la UIT. Fuente: UIT

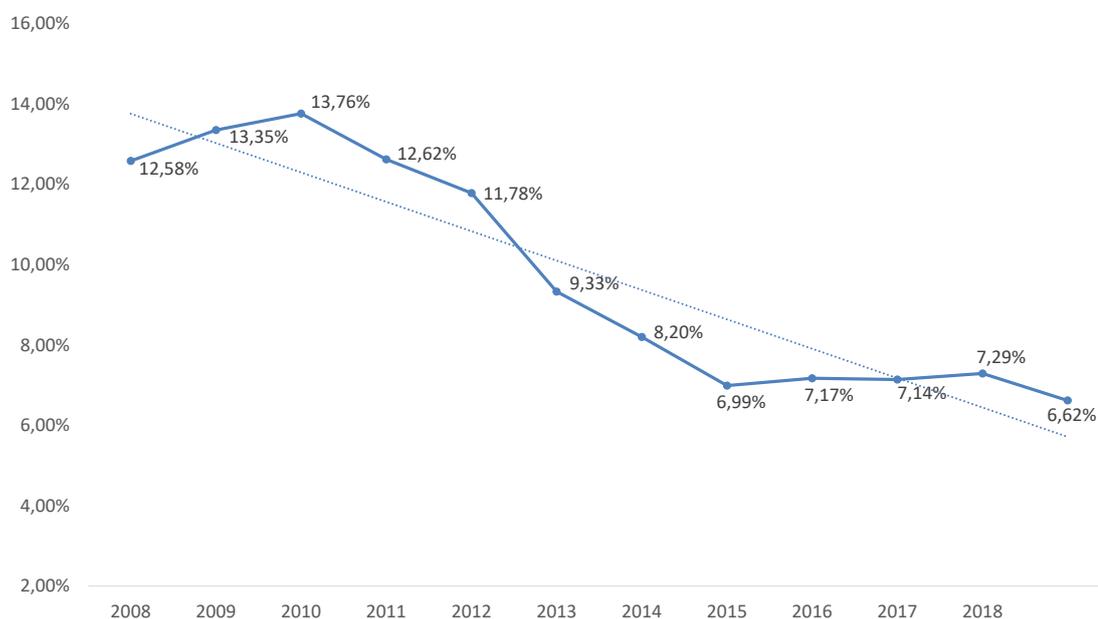
* Nota: Jóvenes denota al segmento de población de entre 15 y 24 años que utiliza Internet en porcentaje de la población total de entre 15 y 24 años.

Fuente: UIT, véase la nota 2

*** Estimación**

A pesar del éxito del despliegue de redes encabezado por el sector privado, el crecimiento del número de usuarios de Internet está ralentizando, retrasando así la llegada de los beneficios que reporta la adopción de Internet a cientos de millones de personas. Para aquellos que utilizan Internet, la tasa de crecimiento también se ha ralentizado a escala mundial. Como se ilustra en la Figura 5, en los últimos tres años el crecimiento medio del número de usuarios de Internet en el mundo ha ido disminuyendo. Aunque un crecimiento más lento es previsible a medida que madura la adopción tecnológica, la tasa de adopción de Internet a nivel mundial apenas supera el 50 por ciento y podrán pasar décadas antes de que esa adopción sea universal.

Figura 5. Ralentización del crecimiento del número de usuarios de Internet en el mundo



Fuente: Cálculo basado en las "estimaciones al final de 2020 de los indicadores fundamentales de TIC" a partir de los datos presentados por la UIT en *ICT Facts and Figures 2020*

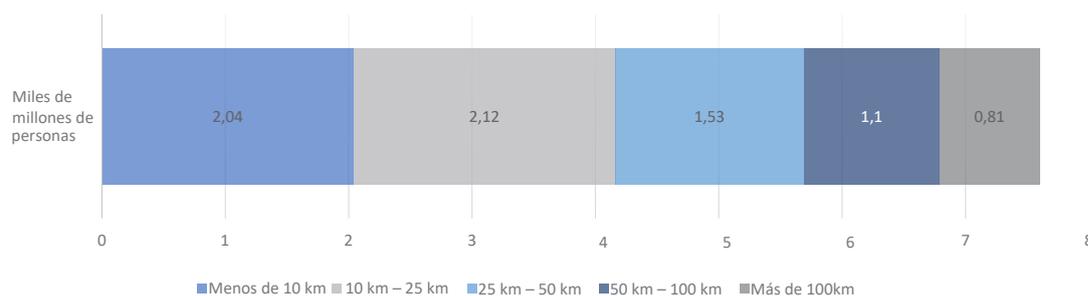
Hay cuatro grandes razones que motivan que miles de millones de personas sigan fuera de línea: falta de infraestructura de red, falta de servicios Internet asequibles, carencias en términos de competencias y capacidades y falta de pertinencia percibida.

Todas las tecnologías de red adolecen de lagunas de cobertura. Por ejemplo, si bien las redes móviles celulares ofrecen altos niveles de conectividad, los últimos datos de la GSMA (la asociación de operadores de red) indican que hasta 750 millones de personas vivirían en zonas "sin cobertura", es decir, donde no llega ninguna señal de red de banda ancha móvil (al menos 3G).⁹ Para otros 3 280 millones de personas se trata de una "brecha de utilización", es decir, que viven en zonas con cobertura de red de banda ancha móvil, pero no utilizan la Internet móvil por motivos de asequibilidad (del servicio o de los dispositivos), de pertinencia o de competencias propias.

Las redes de cable de fibra óptica ofrecen una conectividad de datos de alta velocidad, pero sólo alcanzan a las poblaciones de las zonas urbanas o suburbanas y su periferia. En todo el mundo sólo 2 000 millones de personas se encuentran dentro de un radio de 10 km en torno a una red de cable de fibra óptica, lo que sugiere que la gran mayoría de la población mundial ni siquiera tiene la posibilidad de acceder a las redes de fibra a causa de la distancia geográfica (Figura 6). Además, es posible que las cifras de acceso real a las redes de fibra estén sobreestimadas, pues incluso cuando se vive dentro del radio de 10 km en torno a una red de fibra, es posible que no haya PdP, terminales de línea óptica o derivaciones de fibra que permitan conectar el lugar de trabajo o de residencia del usuario con la red.

⁹ GSMA, *Connected Society. The State of Mobile Internet Connectivity 2019* (2019).

Figura 6. Población con capacidad de acceso a la fibra, marzo de 2019*

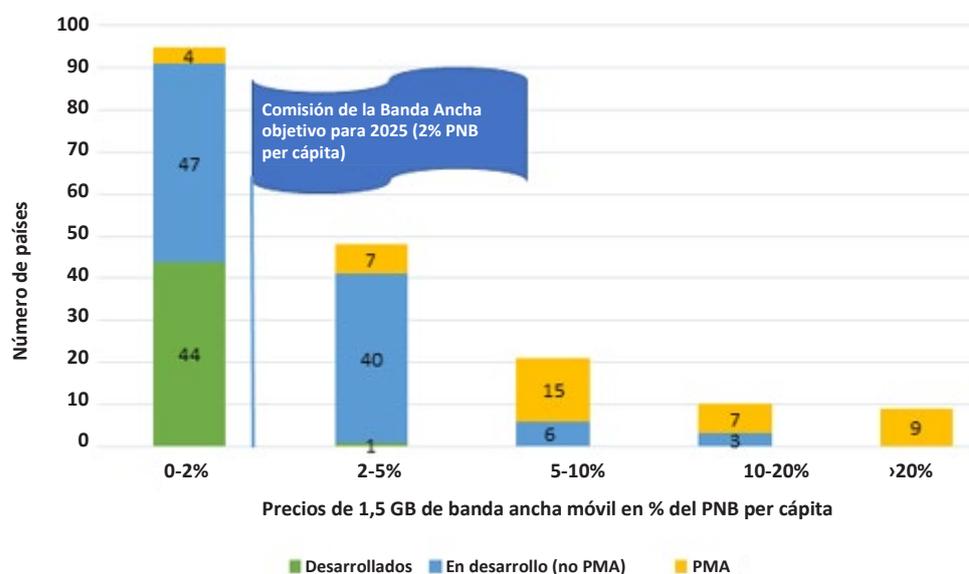


Fuente: UIT

* No acumulativo. Se muestra la población dentro de la categoría, excluidos los umbrales más bajos.

Además, incluso cuando hay redes de telecomunicaciones, el acceso a Internet puede estar limitado por lo elevado de los precios. En tal caso el servicio puede ser económicamente viable para el proveedor de servicios, pues ciertos segmentos de población podrán permitírselo, pero las personas y familias con menores ingresos permanecerán sin conectividad a causa de los precios. Por este motivo la Comisión de la Banda Ancha para el Desarrollo Sostenible de la UIT/UNESCO ha adoptado el objetivo de que los servicios de banda ancha básicos en los países en desarrollo no cuesten más del 2 por ciento del PNB mensual per cápita.¹⁰ Los datos más recientes de que dispone la UIT sugieren que el precio medio del servicio de banda ancha móvil básico en al menos 88 países - casi todos ellos países en desarrollo o menos adelantados (véanse las Figuras 7 y 8) - se considera inasequible (superior al 2 por ciento del PNB medio).

Figura 7. Número de países que han alcanzado los objetivos de la Comisión de la Banda Ancha para los servicios informáticos de banda ancha móvil (1,5 GB al mes), 2020*

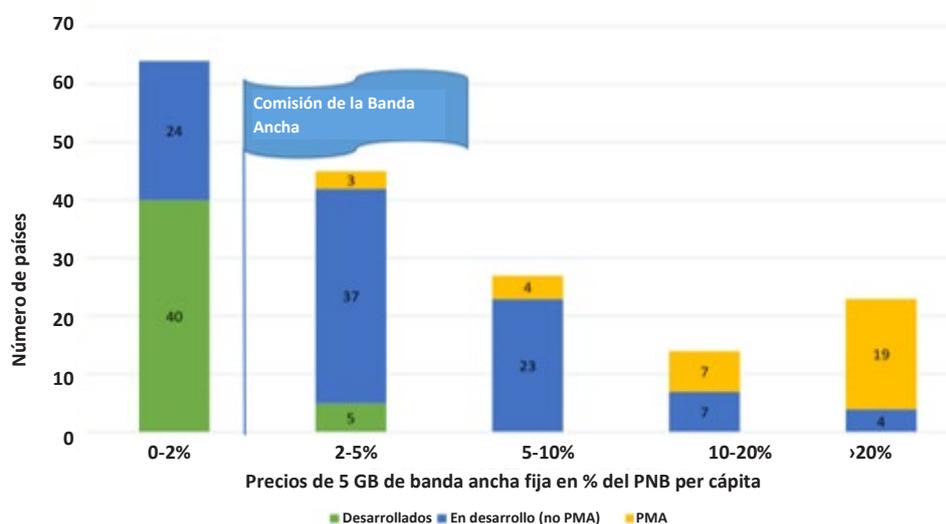


Fuente: UIT, *Measuring Digital Development: ICT Price Trends 2019* (Gráfico 21, p. 46)

* Velocidades de datos 3G y superiores

¹⁰ Véase <https://www.broadbandcommission.org/Pages/targets/Target-2.aspx>

Figura 8. Número de países que han alcanzado los objetivos de la Comisión de la Banda Ancha para los servicios informáticos de banda ancha fija (5 GB al mes), 2020



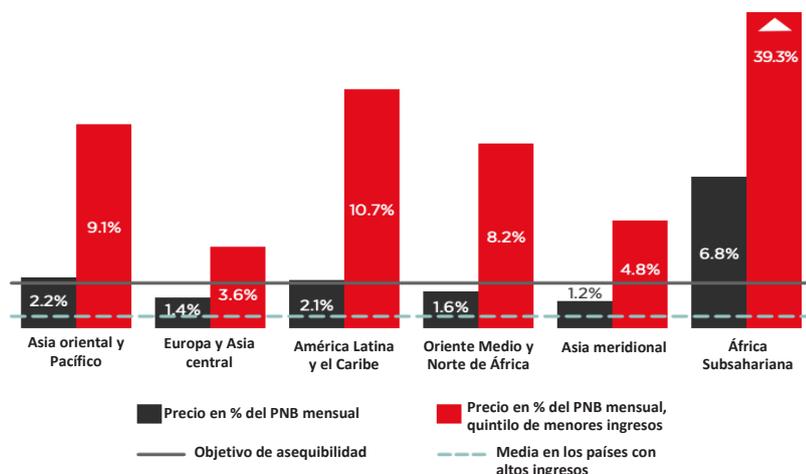
Fuente: UIT, *Measuring Digital Development: ICT Price Trends 2019* (Gráfico 37, p. 65)

*** Velocidades de datos de 256 Kbit/s y superiores**

Diversas organizaciones han adoptado el umbral del 2 por ciento como medida para estimar la asequibilidad del servicio. Hay que tener en cuenta, no obstante, que se trata de un ingreso medio para una población dada y que, incluso cuando un país se ajusta a ese umbral de precios, es posible que el precio del acceso sea muy superior al 2 por ciento del PNB para los grupos de población con ingresos más bajos y que puede ser necesario fijar un objetivo más detallado y personalizado para los grupos con menores ingresos¹¹ (véase la Figura 9). Por ese motivo esta Guía de soluciones se centra en las intervenciones que ofrecen un servicio asequible.

¹¹ En la campaña "1 for 2" de la *Alliance for Affordable Internet* se define la Internet asequible como 1 GB de datos de banda ancha móvil por un precio igual o inferior al 2 por ciento de los ingresos mensuales medios (<https://a4ai.org/affordable-internet-is-1-for-2>). En *The Affordability Report 2015/16* (véase la nota 9 del Capítulo 3) se aborda la distorsión que causa la desigualdad de ingresos en las medidas de asequibilidad.

Figura 9. Asequibilidad de 1 GB de datos en los países con ingresos bajos y medios, por región (2018)



Fuente: Cálculo de GSMA Intelligence basado en los datos de precios de Tarifica. Para cada región la media se hace con los países para los que se dispone de datos. Los datos sobre la distribución de ingresos proceden del Banco Mundial.

Fuente: GSMA (véase la nota 14)

Esta Guía de soluciones se ha preparado para ayudar a los Estados Miembros a solventar los problemas de conectividad a Internet del último kilómetro, entre ellos la falta de infraestructura de red, y fomentar una mayor prestación de servicios cuando el acceso es inasequible. Está redactada desde el punto de vista de las localidades y usuarios que residen en zonas sin acceso a Internet: las comunidades de conectividad del último kilómetro. Las herramientas, intervenciones de servicio y soluciones políticas que se refieren a la mejor manera de ampliar el acceso a Internet en esas localidades, habida cuenta de sus particularidades. Los demás grandes problemas – competencias (es decir, la alfabetización digital) y la pertinencia percibida (es decir, el contenido localmente pertinente) – se abordan en otros documentos, incluidos los que se indican en el Anexo 2

6 Fases de la Guía de soluciones

En la Guía de soluciones se distinguen cuatro fases, cada una de ellas dividida en subfases, que se detallan en la Figura 10.

Figura 10. Fases de la Guía de soluciones para la conectividad del último kilómetro



Fase 1: Identificar las zonas sin conexión digital (e insuficientemente atendidas)

1a - Comprender los problemas subyacentes a la cartografía del acceso y la adopción

1b - Seleccionar un método de cartografiado descendente y/o ascendente

1c - Cartografiar los elementos esenciales: activos de infraestructura de red, demanda potencial y viabilidad financiera, y limitaciones de las opciones tecnológicas

Fase 2: Examinar las posibles soluciones existentes

2a - Examinar la base de datos de estudios de caso de soluciones de conectividad del último kilómetro

2b - Utilizar la categorización/tipología de las intervenciones

2c - Comprender las principales características de cada intervención y sus ventajas e inconvenientes

Fase 3: Seleccionar soluciones sostenibles según su viabilidad en función de las limitaciones

3a - Seleccionar una solución de conectividad del último kilómetro asequible

3b - Identificar los componentes de una solución de conectividad del último kilómetro adecuada

3c - Formular una matriz de decisión para las soluciones viables

3d - Considerar herramientas adicionales para evaluar las soluciones

Fase 4: Implementar las intervenciones para ampliar el servicio de conectividad sostenible

4a - Opciones de intervención - Introducción

4b - Opciones de intervención - medidas para la eficacia del mercado

4c - Opciones de intervención - Financiación única (subvenciones inteligentes)

4d - Opciones de intervención - FINANCIACIÓN/subvenciones recurrentes

4e - Ejemplos de opciones (extraídos de los estudios de caso presentados)

Capítulo 1. Identificar las zonas sin conexión digital (e insuficientemente atendidas) (Fase 1)



El primer paso para lograr una conectividad sostenible y asequible es identificar los límites geográficos de la infraestructura de red en relación con el lugar de residencia de la población. El problema es que no hay datos universales, públicos y sistemáticos sobre la infraestructura de conectividad global. En la Figura 11 se sitúa la Fase 1 dentro del proceso global y se indican las actividades que se han de realizar en ella.

Figura 11. Fase 1 en la Guía de soluciones para la conectividad a Internet del último kilómetro



Actividades de la Fase 1 para identificar las zonas sin conexión digital (e insuficientemente atendidas):

- 1a** - Comprender los problemas subyacentes a la cartografía del acceso y la adopción
- 1b** - Seleccionar un método de cartografiado descendente y/o ascendente
- 1c** - Cartografiar los elementos esenciales: activos de infraestructura de red, demanda potencial y viabilidad financiera, y limitaciones de las opciones tecnológicas

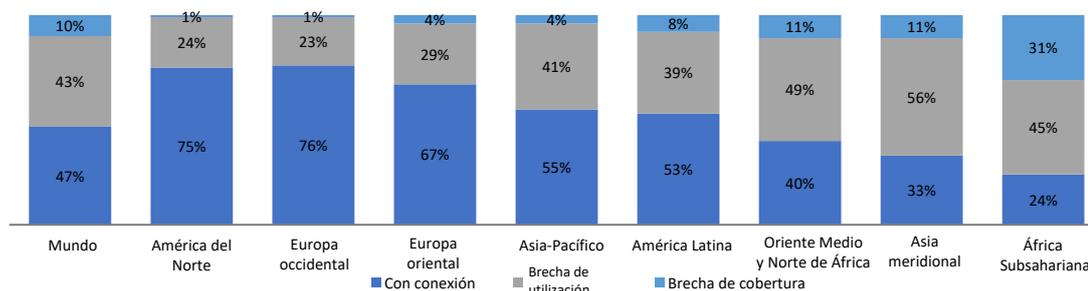
1.1 Comprender los problemas subyacentes a la cartografía del acceso y la adopción (Fase 1a)

El objetivo del cartografiado es identificar las zonas con conectividad limitada o inasequible a fin de proceder a identificar los posibles motivos que limitan el servicio y las eventuales soluciones sostenibles.

Cartografiar la conectividad es harto complicado por la gran cantidad de tecnologías que ofrecen comunicaciones digitales. Así, se han de aunar las zonas de cobertura de cada una de esas tecnologías y comparar el resultado con la situación geográfica de la población. Por ejemplo, la UIT estima que algo más de 2 000 millones de personas viven en un radio de 10 km en torno a cables de fibra óptica de alta velocidad (véase la Figura 6). Sin embargo, en términos de conectividad celular, la GSMA estima que el 90 por ciento de la población mundial reside dentro de zonas de cobertura de los operadores de redes de datos móviles (véase la Figura 12).

De acuerdo con la GSMA,¹² más de 750 millones de personas (aproximadamente el 10 por ciento de la población mundial) carece de cobertura de banda ancha móvil (3G o superior), sobre todo en las zonas rurales y remotas. Esto se suma a la no utilización en lugares con cobertura de banda ancha. Por ejemplo, si bien el 31 por ciento de la población de África carece de cobertura de banda ancha móvil, cerca del 45 por ciento de los que sí tienen cobertura no utilizan Internet móvil.

Figura 12. Cobertura móvil terrenal y brechas de utilización en el mundo



Fuente: Handforth, véase la nota 3

Los proveedores de satélite, por otra parte, prestan servicio en algunas zonas a las que todavía no llegan las redes terrenales (incluidas las de fibra, las celulares y de otras tecnologías), incluidas zonas suburbanas, rurales y aisladas.¹³

¹² Handforth, op. cit., nota 3.

¹³ See, for example, Satbeams, at <https://www.satbeams.com/footprints>.

Sin embargo, globalmente, no puede decirse que se hayan desarrollado zonas de cobertura de servicio a nivel mundial, y prácticamente tampoco a nivel nacional, porque el cartografiado de los diversos tipos de infraestructura de red de comunicaciones es un ejercicio complicado por varios motivos: hay distintas capas tecnológicas con distinto radio de cobertura; gran parte de los datos sobre infraestructura son de propiedad privada; los datos cambian constantemente en función de la inversión y el desmantelamiento; el alcance geográfico, y la necesidad de solapar las características geográficas pertinente, como la topografía, con los datos socioeconómicos.

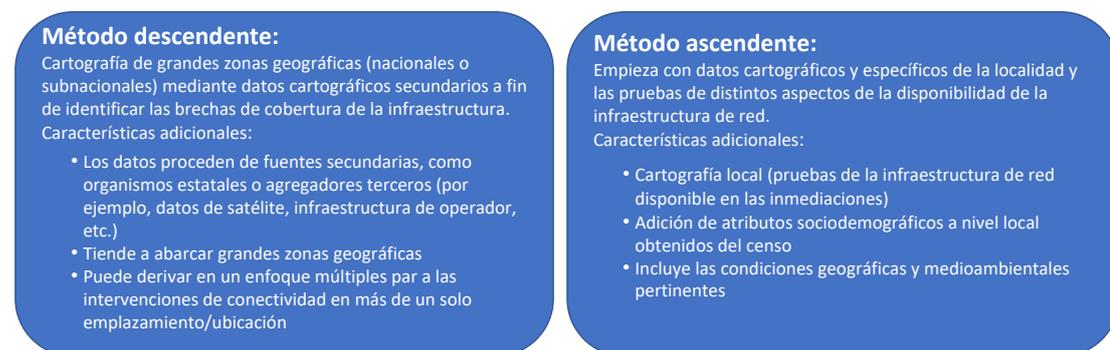
No hay en la actualidad datos universales, públicos y sistemáticos sobre la infraestructura de conectividad global. Lo contrario es cierto en el caso de otras grandes infraestructuras básicas, como la red vial o las redes eléctricas, además de otros recursos importantes, como la superficie forestal mundial. Por ejemplo, el Banco Mundial, Facebook y otras entidades han colaborado en la elaboración de un nuevo modelo predictivo para el cartografiado preciso de las redes eléctricas. Del mismo modo, el World Resources Institute gestiona Global Forest Watch, una plataforma de supervisión en tiempo casi real de la superficie forestal.

Los datos sobre infraestructura de red fiables no son fáciles de consultar porque pertenecen a capas independientes o son de carácter privado. Los proveedores de servicios suelen disponer de mapas detallados de su infraestructura de red. Sin embargo, con mucha frecuencia esos datos son de su propiedad y no se comunican, ni se combinan con los de las demás capas de infraestructura pertinentes. Algunos proveedores, en particular los de servicios de contenido en línea y las de servicios Internet superpuestos, conocen la situación geográfica de sus clientes, pues cuentan con cientos, si no miles, de millones de usuarios y las aplicaciones que ejecutan sus servicios también pueden determinar qué tipo de conectividad emplean los usuarios para conectarse a Internet. En muchos casos esas entidades darán acceso a los datos para la planificación de la red, pero sólo en casos contados.

1.2 Seleccionar un método de cartografiado descendente y/o ascendente (Fase 1b)

Hay dos grandes métodos para cartografiar geográficamente la infraestructura y el acceso de red en función del alcance geográfico que se quiera. El primero es el descendente y consiste en cartografiar una amplia zona geográfica a partir de fuentes de datos secundarias y de identificar las lagunas de infraestructura. El método ascendente, por el contrario, es más detallado y localizado. Empieza seleccionando *ex-ante* una localidad concreta para comprender las condiciones existentes mediante el censo directo de las residencias y una investigación física de los activos de red. Ambos superponen los activos infraestructurales y la cobertura a la densidad de población. En la Figura 13 se ilustran las diferencias entre ambos métodos, pero hay que saber que una cartografía puede adoptar elementos de ambos métodos, consultando datos secundarios sobre activos de red, densidad de población y demás infraestructura pertinente y combinándolos con los estudios y censos realizados *in situ*.

Figura 13. Diferencias entre los métodos descendente y ascendente para la cartografía de poblaciones sin conexión o insuficientemente atendidas



Los datos recabados pueden estar relacionados con la infraestructura de red disponible (redes de acceso y conexión al núcleo y fijación de precios, torres de redes móviles, utilización del espectro radioeléctrico, puntos de acceso Wi-Fi, PdP de cable y fibra), la viabilidad financiera (tamaño de la localidad por zona geográfica y población, densidad de población, nivel de ingresos per cápita, datos demográficos, como la proporción de población adulta, el nivel de alfabetización y la distribución entre hombres y mujeres) y otras limitaciones de orden geográfico y medioambiental (disponibilidad de suministro eléctrico, red vial, topografía y patrones climáticos). Además de esos dos grandes métodos, hay al menos otras cuatro formas de cartografiar la conectividad en función de diversos elementos y aspectos de ese servicio: cartografía de la demanda, cartografía de la infraestructura, cartografía de la inversión y cartografía del servicio (véase el Cuadro 2¹⁴).

Cuadro 2. Contenido que recogen los distintos tipos de mapas de conectividad

Cartografía de la demanda	Cartografía de la infraestructura	Cartografía de la inversión	Cartografía del servicio
<ul style="list-style-type: none"> • Demanda de ancho de banda • QoS • voluntad de pagar • servicios requeridos 	<ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura de telecomunicaciones • Otra infraestructura pertinente (servicios públicos) • Obras de construcción (carreteras, inmuebles) 	<ul style="list-style-type: none"> • Segmentación de la infraestructura por fuentes de inversión • Privada/financiada • Planificada/realizada 	<ul style="list-style-type: none"> • Ancho de banda y tecnología de acceso (nivel de disponibilidad del servicio) • Proveedor • Volumen de datos utilizado, adopción • Precio

Para hacer un mapa lo normal es proceder a tres fases (véase el Cuadro 3): recopilación de datos, procesamiento de datos y publicación de datos. La recopilación de datos consiste en la identificación de las fuentes pertinentes y en las series de datos que conviene recabar. Durante el procesamiento se combinan las series de datos y se efectúan verificaciones cualitativas robustas. La publicación es la fase en que se comparten los datos con los entes adecuados al nivel pertinente.

¹⁴ La Unión Europea presenta las diferencias entre los tipos de cartografiado de la infraestructura con ejemplos en: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/broadband-and-infrastructure-mapping-project>.

Cuadro 3. Procesos comunes a todos los tipos de cartografía de la banda ancha

Recopilación de datos	Procesamiento de datos	Publicación de datos
Elección de <ul style="list-style-type: none"> - fuentes de datos - información que se ha de recabar - nivel espacial de la recopilación de datos - proceso/frecuencia del suministro de datos 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificaciones de calidad (verificaciones manuales adicionales/ retroinformación de los usuarios) - Conversión de datos - Integración espacial de datos adicionales 	Elección de <ul style="list-style-type: none"> - nivel de acceso a los datos - nivel espacial de publicación - formato de publicación

Fuente: J. Navas-Sabater, *Broadband Mapping - International Good Practices and World Bank Experience* (presentación de diapositivas, 2 de julio de 2019), Grupo del Banco Mundial

Una vez considerados los dos métodos (descendente y ascendente), se puede optar por uno de ellos o elegir qué elementos de cada uno de ellos combinar. Dado que esta Guía de soluciones se ha redactado desde el punto de vista de las comunidades que aún carecen de servicios de telecomunicaciones accesibles y asequibles, nos centraremos en los elementos necesarios para el método ascendente. Sin embargo, hay muchas empresas y recursos (como se indica en la descripción del método descendente) a los que se puede recurrir si se utiliza el método descendente. El método ascendente se focaliza más en los usuarios y las localidades. En el Cuadro 4 se resumen las ventajas e inconvenientes de cada método. En el Anexo 1 pueden consultarse otros ejemplos de cartografías y estudios de caso.

Cuadro 4. Métodos descendente y ascendente: ventajas e inconvenientes

	Método descendente	Método ascendente
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Visión integral de una amplia región geográfica • Se pueden identificar múltiples comunidades necesitadas de conectividad • Se pueden cumplir varios objetivos a la hora de recabar datos significativos y de efectuar la supervisión (obligaciones de servicio, problemas de suministro eléctrico, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede obtener una imagen muy detallada de una localidad específica, lo que puede no ser posible en el caso de una región grande o de muchas comunidades • Puede aplicarse y llevarse a cabo más efectivamente con menos recursos
Inconvenientes	<ul style="list-style-type: none"> • Exige muchos recursos: tiempo, trabajo, capital, competencias y potencia de procesamiento • Puede necesitar la intervención del regulador para obtener determinados datos • Exige compromiso para garantizar la validez y precisión de los datos (actualización) • Puede sesgar la intervención si los datos están incompletos (por ejemplo, considerar sólo las opciones celulares en lugar de todas las tecnologías inalámbricas) 	<ul style="list-style-type: none"> • Restringe el objetivo geográfico a una o pocas comunidades • Ataño sólo a la localidad considerada, no a un país o región • También puede exigir una inversión consecuente de tiempo y trabajo para recabar la mayor cantidad de datos pertinentes posible

Hay cinco mapas que pueden ser de especial valor a la hora de proceder a una cartografía a gran escala:

1) Los Mapas de Banda Ancha de la UIT (<https://itu.int/go/Maps>) son mapas interactivos de la transmisión en banda ancha fruto del trabajo de la UIT y de disponibilidad pública en línea. Comprende la infraestructura dorsal submarina y terrenal y da información sobre los emplazamientos gracias a la visualización de los datos y a una herramienta GIS para el desarrollo de las TIC.

En la actualidad el mapa contiene datos de más de 480 operadores, 19 775 notas y más de 3,5 millones de km de infraestructura de red. La herramienta de cartografía contempla también las fronteras reconocidas por las Naciones Unidas, la topografía natural de la Tierra, la densidad de población, la distancia hasta los nodos, las estaciones terrenas de satélite y las centrales Internet.

2) El African Terrestrial Fibre Optic Cable Mapping Project (AfTerFibre, <https://afterfibre.nsrc.org>) (Proyecto de cartografía de cables de fibra óptica terrenal en África) ofrece un mapa de las iniciativas de infraestructura de fibra óptica terrenal (y ahora también submarina) de África. Se creó con el apoyo inicial de Google y hoy en día cuenta con el apoyo del Network Startup Resource Center, que es también su anfitrión. AfTerFibre es una iniciativa de código abierto cuyas fuentes de datos están disponibles para su descarga pública. Los mapas de AfTerFibre suelen ser mapas de bits, en ocasiones de los sitios web de los operadores, a veces de estudios o informes sobre el desarrollo regional de la infraestructura y a veces obtenidos de contactos personales. Los mapas no disponibles en la web se telecargan a un sitio web Flickr

website. Se trazan posteriormente los mapas de bits y se convierten en formato GIS antes de telecargarlos a CartoDB, una plataforma GIS en la nube.

3) Connected Pacific (<https://connectedpacific.org>), que también cuenta con el apoyo del Network Startup Resource Centre y la APNIC Foundation, deriva sus rutas de cable de una serie de fuentes primarias, incluidas licencias de la FCC, expedientes financieros, cartas náuticas, datos sobre la ubicación del barco que tira los cables, aprobaciones medioambientales y datos de los operadores.

Cuadro 5. Cartografía de infraestructura descendente: ejemplos

Nombre del mapa	Cobertura geográfica	Redes terrenales o submarinas	Servicio público o comercial	Datos íntegramente descargables de dominio público	URL
Mapas de banda ancha de la UIT	Mundial	Fibra terrenal, microondas y fibra submarina	Público	Acceso limitado	https://itu.int/go/Maps
Telegeography Submarine Cable Map	Mundial	Fibra submarina	Público	Sí	https://www.submarinecablemap.com/ y https://github.com/telegeography/www.submarinecablemap.com
African Terrestrial Fibre Optic Cable Mapping Project (AfTerFibre)	África	Fibra terrenal y fibra submarina	Público	Sí	https://afterfibre.nsrc.org/
The Connected Pacific	Asia oriental y el Pacífico	Fibra submarina	Público	Sí	https://connectedpacific.org
Satbeams	Mundial	Satélite	Público	Parcial	https://www.satbeams.com/
GSMA Mobile Coverage Maps	África (8 países)	Celular terrenal	Público	No	http://www.mobilecoveragemaps.com/
Masae Analytics	Mundial	Redes terrenales y submarinas	Comercial	No	https://www.masae-analytics.com/
InfraNav	Mundial	Redes terrenales y submarinas	Comercial	No	https://www.infranav.com/
Fraym	África	Redes terrenales y submarinas	Comercial	No	https://fraym.io/
TowerSource (infrastructure)	Mundial	Redes terrenales	Comercial	No	https://www.towersource.com/
mapELEMENTS (coverage)	Mundial	Cobertura móvil terrenal	Comercial	No	https://www.mapelements.com/
Opensignal	Mundial	Cobertura celular terrenal	Comercial	No	https://www.opensignal.com/

4) Los recién actualizados GSMA Mobile Coverage Maps (<http://www.mobilecoveragemaps.com/>) fueron creados por la GSMA en la plataforma Mobile Coverage Maps para paliar la falta de datos fiables y precisos sobre cobertura en los mercados emergentes. Estos mapas interactivos permiten a los usuarios:

- obtener una imagen precisa y completa de la cobertura móvil de cada generación de tecnología móvil (2G, 3G y 4G) en un determinado país;
- evaluar la cobertura de que goza cada asentamiento de población del país, independientemente de cuán pequeño o remoto sea;
- simular el despliegue de nuevos emplazamientos móviles y estimar la población cubierta.

Para garantizar su pertinencia, precisión y utilidad, los mapas de cobertura se basan en datos muy detallados de primera mano. Para ello, la GSMA obtiene la información de red (como el emplazamiento de las antenas y la altura de las torres) directamente de los operadores móviles y estima la cobertura combinada de todos los operadores móviles del mercado utilizando un modelo de propagación normalizado. A continuación, se superponen los datos de cobertura a los datos de población de alta resolución elaborados por el Facebook Connectivity Lab y el CIESIN. Estos datos estiman la población humana a nivel hiperlocal sobre la base de los censos y de imágenes por satélite de alta resolución. Por último, los mapas integra otros indicadores socioeconómicos y edificios clave como las escuelas, los hospitales y los centros médicos. Esta plataforma en línea alberga en la actualidad ocho mapas (Ghana, Côte d'Ivoire, Liberia, Nigeria, Rwanda, Tanzania, Uganda y Zambia) y en los próximos meses se añadirán los de otros países. Los mapas de cobertura pueden utilizarse con varios fines, pero el principal es la planificación de la infraestructura rural. Para ellos la GSMA ha elaborado algoritmos que utilizan los datos subyacentes de los mapas para generar despliegues óptimos que den cobertura a un máximo de población, minimizando al mismo tiempo los costes. Gracias a este análisis la GSMA ayuda a los operadores móviles a identificar las zonas rurales donde pueden ampliar su cobertura de manera comercialmente viable. También ayuda a las autoridades públicas a priorizar sus esfuerzos de conectividad identificando las zonas necesitadas de algún tipo de subvención o concesión para reducir el coste del despliegue (por ejemplo, exención fiscal a la importación).

5) Satbeams (<https://www.satbeams.com/footprints>) es un compendio de satélites geoestacionarios/de comunicación, incluidas sus zonas de cobertura, datos técnicos y gráficos de frecuencias. En la actualidad cuenta con una de las mayores bibliotecas de huellas de satélites, con información detallada de más de 1 800 haces, más de 400 satélites geoestacionarios, 7 500 transpondedores y 32 000 canales.

A nivel nacional, varios departamentos públicos están haciendo un seguimiento del despliegue infraestructural de redes y del despliegue de servicios. Véanse en el Cuadro 6 ejemplos de cómo los Gobiernos de Polonia, Reino Unido e Irlanda, junto con la Unión Europea, mantienen bases de datos cartográficas para documentar el despliegue de servicios.

Cuadro 6. Cartografía descendente nacional: ejemplos

País	Departamento	Tipo de mapa	Código abierto	URL
Polonia	Oficina de Comunicaciones Electrónicas	Infraestructura	Sí	https://wyszukiwarka.uke.gov.pl/
Reino Unido	Oficina de Comunicaciones (Ofcom)	Cobertura del servicio móvil	No	https://checker.ofcom.org.uk/
Irlanda	Comisión para la Regulación de las Comunicaciones (ComReg)	Cobertura del servicio móvil	No	https://coveragemap.comreg.ie
Unión Europea	Dirección General de Redes de Comunicaciones, Contenido y Tecnología (DG CNECT) de la Comisión Europea	Cobertura del servicio de banda ancha	Sí	https://www.broadband-mapping.eu/

Recuadro 1. Ejemplo de cartografía descendente: Internet para Todos (Perú)

Internet para Todos (<https://internetparatodos.tid.es/>) (IpT) es un intento de ampliar la conectividad a Internet, inicialmente en Perú, liderado por Telefónica en asociación con el Banco Interamericano de Desarrollo, Facebook y el Banco de Desarrollo de América Latina. Se trata de una empresa independiente que construye, explota y posee su propia infraestructura móvil (incluida la infraestructura de red de acceso radioeléctrico abierta) para sus MNO asociados y actúa como operador de conectividad como servicio (véanse en el Cuadro 16 las definiciones de modelos comerciales).

Un elemento clave de IpT era el cartografiado descendente robusto a fin de vencer el problema inicial que suponía identificar toda la información pertinente necesaria para la toma de decisiones técnicas y financieras. IpT venció el reto de la cartografía integrando imágenes por satélite de alta definición de todo el país y combinándolas con otros datos, además de su propia información de red interna, y aplicando modelos de redes neuronales, como algoritmos de aprendizaje automático formados con datos censales a fin de identificar correctamente las casas, los asentamientos y demás elementos pertinentes.

Véase también:

<http://www.ipt.pe>

<https://www.telefonica.com.pe/es/ipt>

<https://www.linkedin.com/pulse/how-telef%C3%B3nica-uses-ai-ml-connect-unconnected-patrick-lopez/>

<https://www.slideshare.net/wap13/big-data-for-social-good-106562070>

Recuadro 2. Ejemplo de cartografía ascendente: Proyecto PCARI VBTS (Filipinas)

El proyecto PCARI Village Base Station (VBTS) (<https://pcarivbts.github.io/>) es un proyecto de red celular comunitaria centrado en prestar servicios de voz básicos (2G) y SMS a aldeas remotas sin conexión a lo largo de la costa oriental de Filipinas. Ejemplo de red móvil local sin fines lucrativos (véase la cláusula 2.2), el proyecto VBTS se asoció con un MNO nacional para la interconexión y solicitó permiso para utilizar la asignación de espectro de ese MNO.

Otro de los objetivos de este proyecto es evaluar las repercusiones económicas de la nueva conectividad de voz y datos (véase la prueba de control aleatoria realizada en: http://jblumenstock.com/files/papers/jblumenstock_2020_ccn.pdf). El primer paso del proceso consistió en identificar a las comunidades sin conectividad. El equipo del proyecto procedió posteriormente a identificar los obstáculos a la conexión y, entre otras cosas:

- a la verificación preliminar *in situ* (preguntando a los habitantes acerca de la utilización de dispositivos, disponibilidad de la señal, lugares donde acceder a la señal);
- un análisis de espectro con diversas herramientas (analizados de espectro portátiles, antenas para la comprobación de frecuencias y teléfonos celulares con capacidades de comprobación técnica especiales) (véase la Figura 14);
- una cartografía de los resultados del indicador de intensidad de la señal recibida, que mide la calidad de la señal en decibelios.

Figura del Recuadro 2: emplazamientos del VBTS



Fuente: J. Dionisio, C. Festin and C. Barela, Village Base Stations (VBTS): Connecting Communities Through Mobile Networks, presentación en el US-ACTI Workshop on Internet Access Centers and Last Mile Delivery in ASEAN, 15 de agosto de 2018, Universidad de Filipinas
Si desea más información, puede consultar las siguientes direcciones:

<https://pcarivbts.github.io/>

https://kurti.sh/pubs/ccn_takeup_paper.pdf

1.3 Cartografiar los elementos esenciales: activos de infraestructura de red, demanda potencial y viabilidad financiera, y limitaciones de las opciones tecnológicas (Fase 1c)

Independientemente de que se adopte un método descendente, ascendente o combinado, la infraestructura de red existente deberá cartografiarse para identificar qué opciones de servicio hay disponibles o deberán facilitarse.

Se incluye aquí la identificación de capacidades de conexión al núcleo, como rutas de cables de fibra óptica y PdP, a fin de conocer la cantidad de capacidad con que podría contar la red de acceso y su coste. Una de las mayores partidas de gastos operativos de las redes en zonas rurales y remotas es la de la capacidad Internet de conexión al núcleo (intermedia). Por tanto, la existencia previa de un servicio de conexión al núcleo en una localidad disminuye el coste de prestación del servicio (gastos tanto de capital como operativos). La existencia de otros servicios de conectividad (como celular, aunque sólo sea 2G) puede indicar la existencia de enlaces de capacidad de conexión al núcleo en la localidad. Sin embargo, es posible que sea necesario aumentar esa capacidad si se necesita o demanda más caudal para servicios más intensivos en datos.

Además, pueden ser necesarios nuevos enlaces de conexión al núcleo si no hay suficiente capacidad disponible (o no hay tal capacidad). El nivel de demanda y de disposición al pago de la localidad determinará así el tipo de capacidad de conexión al núcleo que soportaría el nuevo servicio. En algunos casos puede haber disponible conexión al núcleo de bajo coste, como enlaces de microondas punto a punto u opciones de conexión al núcleo celular. En otros casos, sobre todo en lugares muy remotos, podría ser necesaria la conexión al núcleo por satélite, cuyo coste por caudal es superior.

La cartografía de la conexión al núcleo comprende la identificación de las opciones de conexión al núcleo disponibles en la localidad, además de la de los PdP a otras redes núcleo más cercanos y la infraestructura intermedia, y la determinación del coste de establecimiento de nuevos enlaces de conexión al núcleo.

Del mismo modo, la cartografía de la cobertura de redes móviles y de la ubicación de torres en la localidad escogida es un buen medio para identificar la cobertura existente y las posibilidades de conexión al núcleo. Sin bien algunos MNO facilitan mapas de cobertura, en la mayoría de países estos datos no pueden obtenerse directamente de los MNO ni del regulador nacional. En tal caso pueden utilizarse otras fuentes, como la ubicación de torres de financiación participativa, para ver si hay en la zona alguna torre que facilite cobertura de servicio. Puede recurrirse a OpenSignal (<https://www.opensignal.com>), que cartografía la cobertura de red, y a OpenCellId (<https://opencellid.org>), que identifica los metadatos de localización de torres.

La presencia de torres en las inmediaciones sugiere que puede ser posible:

- trabajar con los MNO existentes para ampliar o incrementar la cobertura y la capacidad;
- crear un modelo de tercero que amplíe el servicio del MNO mediante un acuerdo de compartición de ingresos; o
- identificar las torres de conexión al núcleo y contratar capacidad para la ampliación de un nuevo servicio a la localidad concernida.

Cuadro 7. Fuentes de datos sobre infraestructura de red

Tipo de infraestructura	Motivos para la cartografía	Fuentes posibles
Rutas de cables de fibra óptica y PdP	Detectar la disponibilidad de conexión al núcleo para un mayor ancho de banda a menor coste	Proveedores de conexión al núcleo por fibra, regulador nacional, Mapas de Transmisión de Banda Ancha de la UIT
Red celular (cobertura y torres)	Detectar la posible conexión al núcleo (fibra o microondas a la torre) y la disponibilidad de redes de acceso existentes	Mapas de cobertura de MNO, regulador nacional, datos participativos (por ejemplo, OpenSignal, OpenCellID)
Mapas de cobertura de satélite	Identificar la cobertura de la zona con servicios por satélite y los tipos de servicios disponibles	SatBeams: https://www.satbeams.com/ ; LyngSat Maps: http://www.lyngsat-maps.com/ (véanse en el Anexo 2 referencias a otros mapas de satélites)
Puntos de acceso Wi-Fi	Detectar la posible conexión al núcleo (fibra o microondas a los locales) y la disponibilidad de redes de acceso existentes	Mozilla Location Services y Facebook App
Derechos de espectro	Determinar si las bandas de espectro atribuidas a determinados servicios ya están asignadas a los proveedores. De ser así, se confirma que las obligaciones se cumplen. En caso contrario, se puede obligar por ley a utilizar el espectro no asignado (o no utilizado).	Regulador nacional, rastreo por datos participativos de telecomunicaciones abiertos (para África: https://opentelecomdata.org/spectrum-chart/)

En función de la opción que se considere, un examen de la utilización del espectro ayudará a determinar la disponibilidad de servicios y bandas. Cartografiar las bandas de espectro en las inmediaciones de la localidad en cuestión servirá para determinar:

- si hay bandas de frecuencias utilizadas en canales celulares normalizados;
- si hay bandas de frecuencias utilizadas en otros canales pertinentes (en particular, de microondas);
- magnitud de la interferencia en las bandas Wi-Fi y sin licencia.

Los métodos habituales para cartografiar las bandas de frecuencias comprenden la utilización de analizadores de espectro en pruebas a pie (Figura 14) y en vehículos (Figura 15).

Figura 14. Ejemplo de prueba a pie para determinar la utilización del espectro GSM para el despliegue de una red celular comunitaria



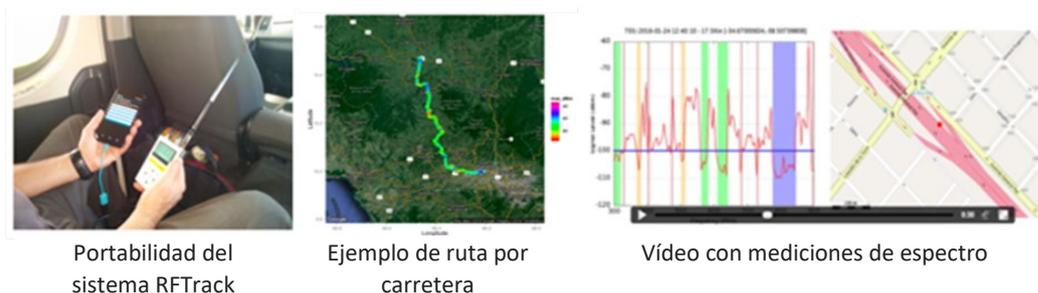
Barrido de espectro con un analizador de espectro portátil

Ejemplo de análisis de utilización del espectro tras el barrido

Ejemplo de cartografía RSSI utilizando Network Monitor Lite

Fuente: Proyecto PCARI Village Base Station, <https://pcarivbts.github.io/>

Figura 15. Ejemplo de prueba en vehículo para identificar la disponibilidad de espectro



Portabilidad del sistema RFTrack

Ejemplo de ruta por carretera

Vídeo con mediciones de espectro

Fuente: Centro Internacional de Física Teórica (ICTP), Trieste, Italia, en <http://wireless.ictp.it/Papers/RFTrack-ICTD.pdf>; para la explicación de pruebas en vehículos, véase <https://www.telecomhall.net/t/what-is-rf-drive-test-testing/6392>

Otro medio para cartografiar la utilización del espectro son los drones. Por ejemplo, un socio de la iniciativa Airband de Microsoft, Astrea, utiliza drones equipados con analizadores de espectro para medir la relación señal/ruido a distintas alturas por encima del nivel del suelo para determinar la "limpieza" del espectro en un punto determinado. La existencia de servicios radioeléctricos en la misma zona y en la misma frecuencia daría lugar a interferencias y a una degradación de la calidad de la señal inalámbrica. En un futuro próximo se podrán utilizar satélites LEO para la comprobación técnica de la utilización del espectro radioeléctrico y documentar las posibles opciones de servicio.¹⁵

Si hubiera más información del dominio público sobre la infraestructura de red, todas las partes interesadas podrían identificar más rápidamente las carencias de servicio. Sin embargo, esa información está limitada, lo que deja pensar que las iniciativas de código abierto que comparten más información podrían tener una influencia. Para identificar la disponibilidad de espectro en una región determinada, lo primero es solicitar y obtener información sobre atribución y asignación de espectro de los órganos pertinentes de un país determinado. Por "atribución" se entiende el proceso de determinar la utilización de un determinado bloque de frecuencias, mientras que por "asignación" se entiende la determinación de quién está autorizado para utilizar ese bloque.¹⁶ Sin embargo, en muchos países puede resultar difícil determinar la atribución y la asignación del espectro. Más gobiernos podrían apoyar la publicación de la atribución y la asignación del espectro, así como de otra información de la infraestructura de red, para acelerar el proceso de ampliación del servicio a zonas sin conexión y aumentar la cobertura en general. La publicación libre de información sobre los diversos aspectos de la infraestructura de red alentaría la realización de cartografías descendentes y ascendentes, así como la ampliación del servicio de red. Entre esa información se cuenta la siguiente:

¹⁵ Por ejemplo, hay una solución LEO, HawkEye 360, que utiliza los sensores espaciales que permiten supervisar una amplia gama de frecuencias en grandes regiones de la Tierra. Ese servicio ofrece a empresas y reguladores un análisis de las frecuencias radioeléctricas para mejorar la eficacia operativa y la resiliencia de las comunicaciones, y ayuda a los operadores a identificar y localizar rápidamente el origen de los problemas en caso de interferencia causada a redes de comunicaciones esenciales.

¹⁶ Si desea más información, consulte el Reglamento de Radiocomunicaciones, en particular el Artículo 4, en virtud del cual la atribución de una banda de frecuencias implica su registro en el Cuadro de atribución de bandas de frecuencias para su utilización por uno o más servicios de radiocomunicaciones terrenales o espaciales, mientras que la asignación es la autorización que da una administración a una estación radioeléctrica para utilizar una frecuencia o canal de frecuencias bajo determinadas condiciones.

- atribución y asignación de espectro por los reguladores nacionales;
- datos sobre los precios del tráfico de pasarela internacional (estación de aterraje); precios del tránsito intermedio en la red núcleo y servicio de red de acceso;
- datos de emplazamientos de torres de red móvil.

En términos de asignación de espectro, como ejemplo nacional en este sentido puede citarse el de Nigeria, que destaca a la hora de compartir sus datos de asignación.¹⁷ El regulador de Malasia está aumentando la transparencia de los precios mayoristas.¹⁸ El regulador canadiense publica un fichero CSV descargable de lectura automática con el emplazamiento de todas las torres de Canadá.¹⁹ Puede encontrarse más información sobre datos de telecomunicaciones abiertos en <https://wiki.opentelecomdata.org/good-practice/transparency>. En la Figura 16 se presenta un ejemplo de cuadro nacional de atribución de frecuencias y en la Figura 17 se muestra una iniciativa participativa de datos abiertos sobre la asignación de espectro en África, que puede ampliarse. Pueden consultarse las últimas novedades en rastreo en opentelcomdata.org.

¹⁷ Véase Comisión de Comunicaciones de Nigeria, [Plan de la banda de 900 MHz](#).

¹⁸ Véase S. Raja y R. Record, [Malaysia's need for speed: How regulatory action is unleashing ultrafast Internet](#) (publicación de blogt, 7 de agosto de 2019, Blogs del Banco Mundial).

¹⁹ Véase Gobierno de Canadá, [Spectrum Management System Data](#) (página web).

Figura 16. Ejemplo de cuadro nacional de atribución de frecuencias: Moldova

Región 1	Atribución nacional		
Banda de frecuencias - Servicios - Números	Banda de frecuencias - Servicios	Números	Utilización
143,65 - 144 MHz MÓVIL AERONÁUTICO (OR) 5.210, 5.211, 5.212, 5.214	143,65 - 144 MHz MÓVIL AERONÁUTICO (OR)	RN018, RN035	G
144 - 146 MHz AFICIONADOS POR SATÉLITE - SATÉLITE 5.216	144 - 146 MHz AFICIONADOS POR SATÉLITE - SATÉLITE	RN018, RN035	NG
146 - 148 MHz FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R)	146 - 148 MHz FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R)	RN018, RN018A, RN018B, RN035	G
148 - 149,9 MHz FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R) MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.209, 5.218, 5.219, 5.221	148 - 149,9 MHz FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R) MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio)	5.209, 5.218, 5.219, 5.221 RN018, RN018A, RN035	G
149,9 - 150,05 MHz RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE 5.224B MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.209, 5.224A, 5.220, 5.222, 5.223	149,9 - 150,05 MHz RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio)	5.209, 5.220, 5.222, 5.223, 5.224A, 5.224B RN018, RN018A, RN035	P
150,05 - 153 MHz FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico RADIOASTRONOMÍA 5.149	150,05 - 153 MHz FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico RADIOASTRONOMÍA	5.149 RN018, RN018A, RN019, RN035	P
153 - 154 MHz FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R) Ayudas a la meteorología	153 - 154 MHz FIJO MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R) Ayudas a la meteorología	RN018 RN018A RN019, RN035	P
154 - 156,4875 MHz	154 - 156,4875 MHz	5.226	P

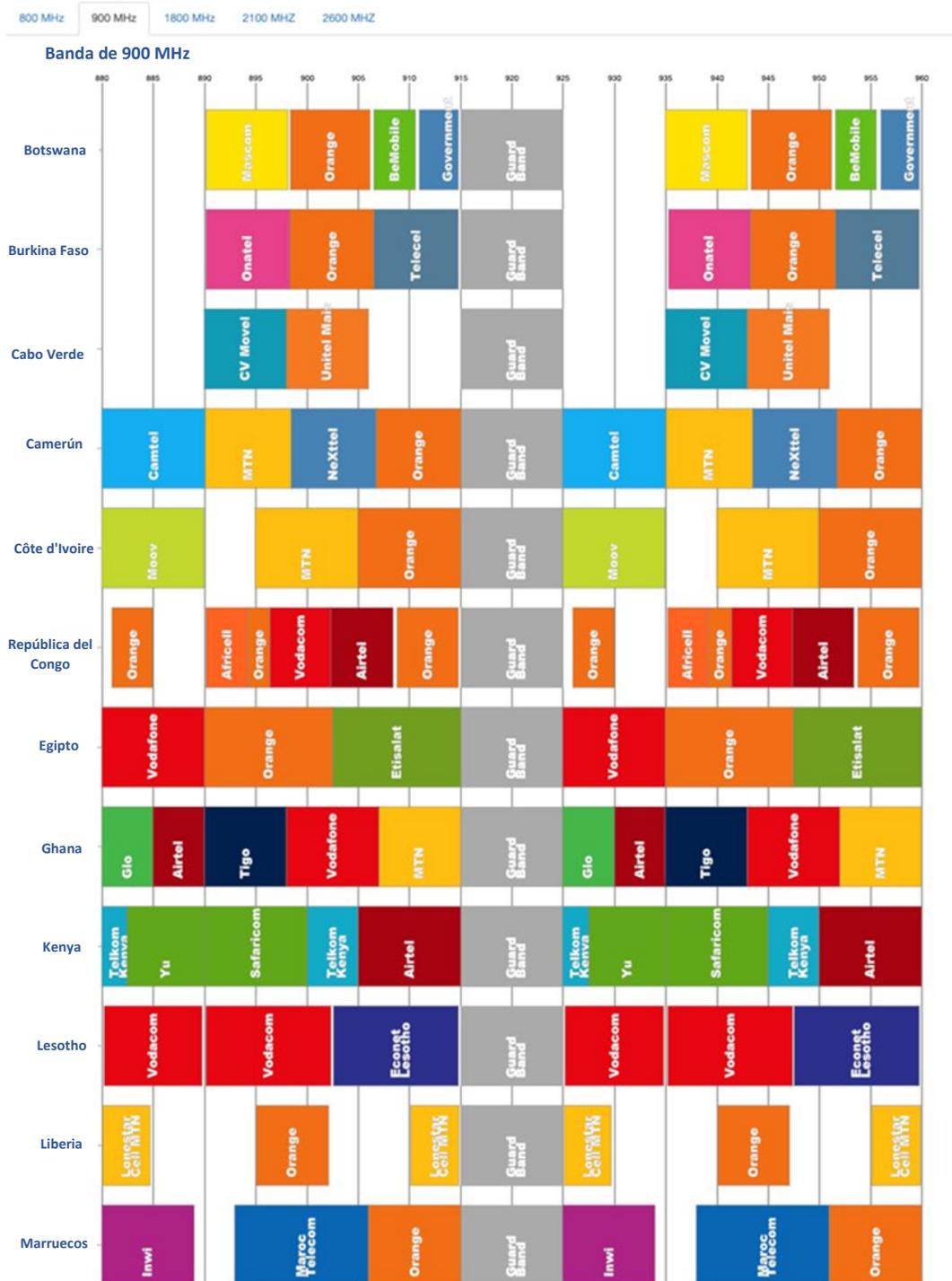
Fuente: UIT, Directrices para la preparación de cuadros nacionales de atribuciones de frecuencias (Ginebra, 2015)

Figura 17. Ejemplo de ejercicio de código abierto para rastrear las asignaciones de espectro en África (banda de 900 MHz)

ASIGNACIONES DE ESPECTRO

Asignaciones de espectro en todo el mundo

Código fuente: <https://github.com/open-telecom-data/spectrum-assignments/>



Fuente: opentelecomdata.org, en <https://opentelecomdata.org/spectrum-chart/>

Además de los elementos de la infraestructura de red, se necesitarán datos sociodemográficos para estimar la demanda potencial de los distintos servicios. Para identificar la demanda potencial de los distintos servicios de conectividad a Internet, además de su viabilidad financiera, es necesario:

- identificar el tamaño de la población de la localidad para diseñar una base de usuarios/ abonados potenciales;
- definir la zona geográfica por cubrir, que determinará la viabilidad de las diversas tecnologías de acceso;
- estimar los ingresos per cápita, que indican el ARPU potencial;
- estimar los posibles "anclajes" o abonos de empresa de entidades comerciales y públicas (incluidas escuelas y centros de atención sanitaria), que determinarán otras fuentes de apoyo al servicio (ingresos); y
- estimar las subvenciones otorgadas por el gobierno u otros donantes.

Esta lista se resume en el Cuadro 8. Téngase en cuenta que hay factores demográficos (tasa de alfabetización; equilibrio y dinámica de género; distribución de población y tasa de población joven adulta) que pueden influir también en la base de abonados. En la publicación *ICT Infrastructure Business Planning Solutions Guide 2019*²⁰ de la UIT se detallan varios métodos para estimar la demanda (cálculos simples, modelos econométricos, paneles Delphi) y los posibles ingresos (véanse, en particular, los Capítulos 2 (Estimación de la demanda de servicios de banda ancha) y 3 (Estimación de ingresos procedentes de la prestación de servicios de banda ancha)).

²⁰ UIT, *ICT Infrastructure Business Planning Solutions Guide 2019* (Geneva, 2019).

Cuadro 8. Datos sociodemográficos necesarios para estimar la demanda potencial de distintos servicios

Tipo de datos socioeconómicos	Motivos	Fuentes posibles
Tamaño de la población	Diseñar una base de posibles abonados particulares a servicios de conectividad	Encuesta directa/censo; datos gubernamentales, datos sobre densidad de población obtenidos de la observación de la Tierra por satélite (por ejemplo: JRC's Global Human Settlement Layer population , WorldPop - Universidad de Southampton , Landscan - Oak Ridge , CIESIN's Gridded Population of the World (GPW) , CIESIN / Facebook High Resolution Settlement Layer (HRSL) Map)
Zona geográfica para el servicio	Se ha de estimar la zona de servicio total para seleccionar las tecnologías de acceso viables	Cartografía GIS
Estimación de ingresos per cápita	Indica las estimaciones de ARPU necesarias para los ingresos netos y la viabilidad financiera de distintos servicios	Encuesta directa/censo, datos gubernamentales
Clientes potenciales (anclajes, gobierno, empresas, comerciales)	Influye en la estimación necesaria de los ingresos netos y la viabilidad financiera de los distintos servicios	Encuesta directa/censo
Otras fuentes de ingresos (por ejemplo, subvenciones gubernamentales o financiación por donantes)	Influye en la estimación necesaria de los ingresos netos y la viabilidad financiera de los distintos servicios	Encuesta directa/censo

Hay características geográficas y factores medioambientales que pueden limitar las opciones tecnológicas. Por ejemplo, la densidad de población, como factor de los ingresos potenciales totales, es clave para determinar la viabilidad de las diversas opciones tecnológicas. También resultaría útil integrar otros elementos geográficos y activos infraestructurales para obtener una imagen más completa de las oportunidades y las limitaciones. Entre ellos se incluyen el alcance del suministro eléctrico en la zona, la topografía (cartografía de la propagación de frecuencias radioeléctricas) y otros factores medioambientales.

El alcance de la infraestructura de red eléctrica disponible determinará si es necesario incurrir en gastos adicionales de capital (para la adición de sistemas de generación eléctrica) y operativos. Hace poco el Banco Mundial, el World Resources Institute y Facebook publicaron un nuevo modelo predictivo para la cartografía precisa de las redes eléctricas (véase el Cuadro 9).

Cartografiar la topografía es importante para determinar la propagación de las frecuencias radioeléctricas. Las estimaciones de cobertura del servicio de red pueden ser drásticamente distintas cuando se tienen en cuenta la topografía y la propagación de las frecuencias radioeléctricas. Una herramienta de código abierto habitualmente utilizada para cartografiar la propagación de frecuencias radioeléctricas en función de los datos topográficos es SPLAT (Signal Propagation, Loss and Terrain (señal, propagación, pérdida y terreno), véase el Cuadro 9). Hay otros software comerciales, como: CloudRF (<https://cloudf.com>), GEOG

(cuya referencia es una base de datos de altitudes de Reino Unido, en <https://www.qsl.net/g8yoa/geog/geog.html>), QRadioPredict (<http://qradiopredict.sourceforge.net/>), Radio Mobile (<http://www.ve2dbe.com/english1.html>), TAP Mapper (<https://www.softwright.com>) y Tower Coverage (<https://www.towercoverage.com/>).

Es posible identificar y cartografiar otros factores de riesgo, sobre todo si suponen un riesgo superior a la media en la localidad concernida. Por ejemplo, para las comunidades en lugares proclives a huracanes estacionales o monzones, puede resultar útil identificar el trayecto que suelen adoptar esos fenómenos meteorológicos extremos en la región.

En el Cuadro 9 se resumen los elementos adicionales que se han de incluir en cualquiera análisis cartográfico.

Cuadro 9. Otros elementos geográficos y activos infraestructurales que se han de incorporar para obtener una imagen más completa de las oportunidades y las limitaciones

Otros datos pertinentes	Motivos	Fuentes posibles
Suministro eléctrico	El alcance de la infraestructura de red eléctrica determinará si se ha de incurrir en gastos adicionales de capital (para añadir sistemas de generación eléctrica) y operativos	El Banco Mundial, el World Resources Institute y Facebook han publicado un nuevo modelo predictivo para cartografiar con precisión las redes eléctricas: https://engineering.fb.com/connectivity/electrical-grid-mapping
Carreteras	Ayudará a evaluar la accesibilidad de la localidad y de los emplazamientos donde pueda ser posible implantar la infraestructura	Open Street Maps (https://www.openstreetmap.org/) o agencias estatales de transportes
Topografía	Importante para determinar la propagación de las frecuencias radioeléctricas. Las estimaciones de cobertura del servicio de red pueden ser drásticamente distintas cuanto se tienen en consideración la topografía y la propagación de las frecuencias radioeléctricas	Una herramienta de código abierto habitualmente utilizada para cartografiar la propagación de las frecuencias radioeléctricas en función de los datos topográficos es SPLAT (Signal Propagation, Loss and Terrain: http://www.qsl.net/kd2bd/splat.html) Hay otros softwares comerciales
Otros factores de riesgo	La comunidad concernida puede afrontar riesgos superiores a la media. Por ejemplo, para las comunidades situadas en lugares proclives a los huracanes estacionales o los monzones, puede resultar útil identificar el trayecto que suelen adoptar esos fenómenos meteorológicos extremos en la región	Caso por caso

Capítulo 2. Examinar las opciones de la clasificación de soluciones existentes (Fase 2)



En todo el mundo se están utilizando hoy en día muy diversas y numerosas soluciones de conectividad. Como medida de la enorme cantidad de redes que forman Internet, los datos más recientes, de 4 de mayo de 2020, muestran que hay, al menos, 96 175 números de sistemas autónomos independientes²¹, lo que deja entre ver el número de dominios individuales controlados por un conjunto de direcciones IP. Los números de sistemas autónomos suelen ser PSI y grandes empresas que gestionan sus propias direcciones IP. Si bien este número exagera el número de PSI a nivel mundial, hasta en los países más pequeños el número de números de sistemas autónomos alcanza los cientos o los miles, y muchos de ellos corresponden a proveedores de servicios de conectividad. Además, en recientes informes se destacan los problemas que plantea ampliar la conectividad a zonas rurales y remotas, y los métodos que se emplean para ello.²² Sin embargo, en ninguno de ellos se presenta un procedimiento para identificar las soluciones más adecuadas habida cuenta de las características específicas. En esta sección se presentan ejemplos de soluciones existentes de distintas categorías y se destacan las características de sus componentes. En la Figura 18 se ilustra la situación de la Fase 2 en el proceso global y se indican las actividades que la componen.

²¹ Estadísticas de los Registros Regionales de Internet en https://www-public.imtbs-tsp.eu/~maignon/RIR_Stats/RIR_Delegations/World/ASN-ByNb.html.

²² Véanse otros recursos adicionales en el Anexo 2.

Figura 18. Fase 2 de la Guía de soluciones para la conectividad a Internet del último kilómetro



Actividades de la Fase 2 para examinar las opciones de soluciones existentes:

2a – Examinar la base de datos de estudios de caso de soluciones de conectividad del último kilómetro

2b – Utilizar la categorización/tipología de las intervenciones

2c – Comprender las principales características de cada intervención y sus ventajas e inconvenientes

2.1 Examinar la base de datos de estudios de caso de soluciones de conectividad del último kilómetro (Fase 2a)

Para documentar el proceso de identificación de soluciones asequibles y adecuadas, en este análisis empezaremos por crear la Base de datos de estudios de caso de conectividad del último kilómetro: una amplia base de datos con los distintos estudios de caso de soluciones de conectividad del último kilómetro. Estas soluciones se han obtenido de fuentes primarias (intercambio directo con los gestores y ejecutores de las soluciones) y secundarias (informes, etc.). La clasificación de los casos se organiza en torno a cinco grandes categorías (material de referencia, entidad, tecnologías, características locales, información adicional) y 17 subcategorías.

En agosto de 2020 la base de datos contenía 123 casos, de los cuales 51 proceden de fuentes primarias y 72 de fuentes secundarias, en particular de 1 World Connected (<http://1worldconnected.org/>) y APC/IDRC *GIS Watch 2018*²³. La base de datos es un documento vivo que se actualizará a medida que se presenten más estudios de caso.

²³ Association for Progressive Communications (APC) e International Development Research Centre (IDRC), *Global Information Society Watch 2018. Community Networks* (Estados Unidos, APC, 2018). Fotografía cedida por Bluetown

Cuadro 10. Categorías de las características de las intervenciones en la Base de datos de estudios de caso de conectividad del último kilómetro

Material de referencia	Entidad	Tecnologías	Características locales	Información adicional
Nombre del proyecto o la organización; país	Entidad que explota la red de acceso; modelo de ingresos; nivel de subvención	Tecnologías de conexión al núcleo; tecnologías de red de acceso; dispositivo primario para el acceso	Densidad de población/ nivel de urbanización; tamaño de la población; zona geográfica; topografía; ingresos per cápita /ARPU de los usuarios; niveles de alfabetización; otros factores sociodemográficos y medioambientales	En vigor; consideraciones políticas y reglamentarias

2.2 Utilizar la categorización/tipología de las intervenciones (Fase 2b)

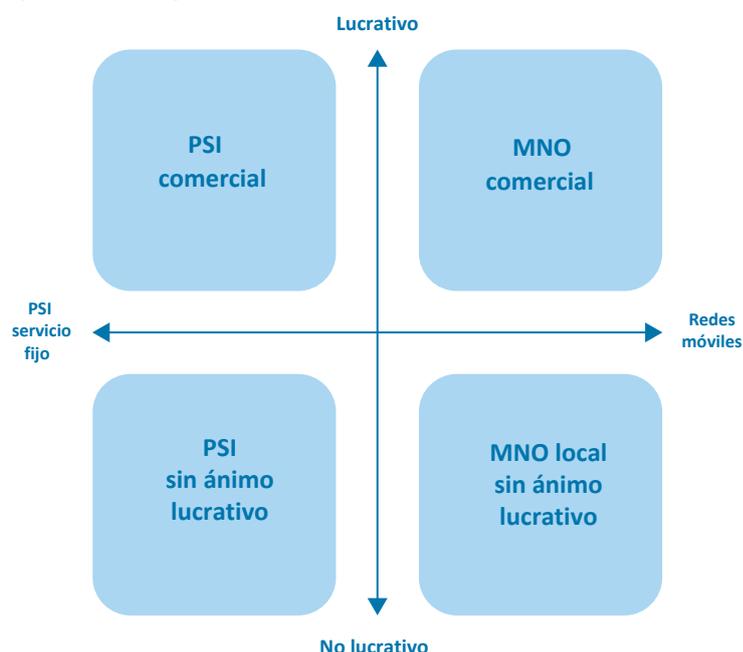
El examen de las 123 intervenciones presentadas en la Base de datos de estudios de conectividad del último kilómetro muestra que las intervenciones se dividen en dos ejes (véase la Figura 19). El primero es el *tipo de servicio de red*, definido por la tecnología de red de acceso primaria utilizada. Las intervenciones se centran en:

- a) desplegar redes móviles que ofrecen diversos servicios móviles inalámbricos, incluido el servicio de voz, donde el dispositivo del usuario extremo es móvil y no estacionario; o
- b) PSI generales que utilizan una gama de tecnologías distintas, tanto fijas como inalámbricas para ofrecer servicios de datos.

El segundo eje es el *beneficio*. Si bien la mayoría de entidades integran operaciones comerciales formales en asociación con servicios comerciales, otras eran de carácter:

- a) no lucrativo, para ofrecer servicios de conectividad sin hacer hincapié en la rentabilidad comercial; o
- b) comercial, basando las decisiones de inversión en el cálculo de la rentabilidad económica.

Figura 19. Categorización de las intervenciones del último kilómetro en función del tipo de red y de los beneficios



Del análisis y examen de las intervenciones de conectividad del último kilómetro recogidas en la base de datos se desprende que las soluciones pueden organizarse efectivamente por tipo de beneficio (comercial o no lucrativo) y tecnología de red de acceso (operador de red móvil celular o proveedores de servicios (de datos) Internet generales).

Cada tipo de intervención de conectividad del último kilómetro se caracteriza por los servicios que ofrece, su modelo de ingresos y la(s) tecnología(s) de acceso que utiliza. En función del tipo de intervención y del diseño operativo de la red, la intervención también se verá sujeta a diversos tipos y niveles de reglamentación, que combinados resultan en una mezcla particular de ventajas y retos.

Las intervenciones se clasifican en función del servicio que ofrecen y de si el operador tiene o no fines lucrativos. Los PSI, que pueden ser comerciales o sin fines lucrativos, ofrecen mayoritariamente conectividad a Internet. Los PSI comerciales pueden ser proveedores de servicio regionales o nacionales, que operan con licencia o autorización (menos restrictiva), de redes fijas (fibra, cable, etc.) o inalámbricas, incluidas las redes de satélites. Por otra parte, los PSI locales sin fines lucrativos son pequeñas redes sólo de datos que suelen estar explotadas por voluntarios.

Otras intervenciones ofrecen más que sólo servicios Internet y suelen incluir servicios móviles de voz. Los MNO comerciales suelen ofrecer servicios de voz y datos tradicionales y operar bajo un régimen nacional de licencias (por ejemplo, licencias de telecomunicación) utilizando espectro sujeto a licencia. Los MNO locales sin fines lucrativos, por el contrario, son pequeñas redes celulares con frecuencia explotadas voluntariamente por los usuarios extremos locales.

En lo que respecta al modelo de ingresos, tanto los PSI comerciales como los MNO generan ingresos a partir de las tasas de utilización de los servicios de voz, datos y otros servicios de pago, como la VoIP. Los MNO sin fines lucrativos ofrecen una combinación de servicios de pago y de acceso gratuito, dependiendo el modelo exacto del contexto de la intervención. Los

PSI locales sin fines lucrativos, por su parte, suelen ofrecer acceso gratuito o dar a los usuarios acceso a servicios de bajo coste, en ocasiones complementarios.

El modelo de ingresos de una intervención suele estar determinado por el grado de subvención de que disfruta, de recibir alguna. Si bien con frecuencia los dos tipos de redes comerciales reciben subvenciones pequeñas o nulas, a excepción de los fondos de servicio universal en pro del despliegue en zonas marginadas, los PSI y MNO sin fines lucrativos suelen beneficiar de subvenciones parciales (puntuales o recurrentes) o totales, que en ocasiones incluyen la colectivización de los recursos.

La tecnología de acceso que utiliza una intervención depende del servicio que ofrece (sólo Internet o servicio completo) y de la adecuación técnica de la tecnología para la localidad objetivo, habida cuenta del coste y de otras consideraciones. Los MNO utilizan tecnologías de espectro sujeto a licencia como 2G, 3G y 4G. Los MNO comerciales, que cuentan con la ventaja de la financiación y la ampliación, también utilizan tecnologías móviles más modernas o particulares (incluida la 5G), como las ondas milimétricas, o suplementan sus redes móviles con puntos de acceso Wi-Fi para la descarga celular.

Los PSI utilizan una o varias tecnologías alámbricas (fibra, cable coaxial, cobre) y/o inalámbricas (acceso inalámbrico fijo, puntos de acceso Wi-Fi o conectividad por satélite). Algunos PSI sin fines lucrativos también utilizan nuevas tecnologías experimentales para ampliar su alcance y conectar más localidades a su red.

Además de decidir qué tecnología de acceso utilizar, para cada intervención se debe escoger entre las diversas tecnologías de conexión al núcleo disponibles, a saber, la fibra, las microondas o la conexión al núcleo por satélite. La combinación concreta de tecnologías que una red utiliza en último término determina parcialmente la reglamentación que se le aplicará, habida cuenta de que cada jurisdicción tiene sus propias políticas y leyes.

Por norma general, todos los MNO deben respetar la reglamentación de utilización del espectro sujeto a licencia, las certificaciones radioeléctricas, las franquicias de telecomunicaciones (de haberlas), los acuerdos de derechos de paso y conexión de postes, así como las licencias comerciales (normalmente licencias locales para los MNO sin fines lucrativos y licencias nacionales y regionales para los MNO comerciales). Los PSI, por su parte, están sujetos a gran parte de esos mismos requisitos reglamentarios, a excepción de la franquicia y la licencia de espectro, pues suelen utilizar frecuencias sin licencia, de haberlas. Es posible que las intervenciones que utilizan tecnologías de satélite también deban obtener derechos de aterraje de satélites ante el regulador correspondiente.

Otro problema que se plantea a la utilización de tecnologías móviles en el último kilómetro es la disponibilidad de los recursos de espectro adecuados y, cuando esos recursos estén disponibles, de las correspondientes licencias de las frecuencias radioeléctricas específicas. Si bien los regímenes reglamentarios varían de una jurisdicción a otra, por lo general las frecuencias radioeléctricas móviles se asignan por subasta, lo que por lo general implica que se asignan a grandes operadores de servicios completos. Si, por consiguiente, puede resultar difícil para las pequeñas redes de acceso del último kilómetro obtener las licencias adecuadas para las frecuencias celulares, sobre todo si sólo dan servicio a una pequeña zona de servicio o base de usuarios, cierto es que están surgiendo MNO sin fines lucrativos que demuestran su viabilidad.

Las diferencias entre los diversos tipos de intervención ofrecen ventajas e inconvenientes específicos. Con probabilidad los MNO comerciales tengan la mayor cobertura geográfica, en ocasiones debido a las obligaciones de cobertura dimanantes de las políticas o reglamentaciones nacionales, que pueden contemplar también normas de calidad de servicio. Sin embargo, su modelo comercial exige importantes recursos de capital y suele priorizar las zonas geográficas que ofrecen una mayor rentabilidad a la inversión.

En paralelo a los operadores de servicio completo tradicionales, la presencia de PSI comerciales aumenta la competencia en el servicio de datos, sobre todo con ofertas diferenciadas del servicio celular. Por desgracia, es posible que su cobertura geográfica se vea limitada por el acceso al núcleo y limitaciones de cobertura, en particular cuando se les compara con los operadores tradicionales.

En la misma línea, los MNO locales sin fines lucrativos demuestran la viabilidad del servicio celular allí donde los MNO no ofrecen cobertura, que suelen ser zonas donde de otro modo no habría servicio alguno. Suele tratarse de un despliegue muy reducido y limitado que, no obstante, aún exige capacidad local para negociar la interconexión con los MNO tradicionales y mantener la red. Los PSI locales sin fines lucrativos también demuestran que es posible ofrecer servicios de datos a comunidades sin acceso o donde el coste de otros servicios es prohibitivo. Aun así, la sostenibilidad del servicio sin subvenciones constantes es problemática, tanto como el tamaño de las redes y los servicios.

Cuadro 11. Clasificación de las intervenciones de conectividad a Internet del último kilómetro

		Tecnología de red de acceso	
		Redes móviles	PSI servicio fijo
Modelo de ingresos	Comercial	MNO comercial: Prestación de servicio de MNO tradicional e intervenciones similares donde el usuario y el dispositivo son móviles	PSI comercial: PSI, PSI inalámbrico, centrado en comunidades rurales y urbanas con tecnologías fijas e inalámbricas
	Sin fines lucrativos	Redes móviles locales sin fines lucrativos: Comunidades que poseen y/o explotan su propia infraestructura de red celular, en ocasiones en asociación con MNO tradicionales	Redes PSI locales sin fines lucrativos: Redes creadas por comunidades o gobiernos sin fines lucrativos, centradas en prestar acceso a zonas mal abastecidas

2.2.1 El modelo de ingresos: comercial o sin fines lucrativos

Las redes de acceso del último kilómetro pueden organizarse de varias maneras allí donde los proveedores tradicionales están ausentes o no pueden prestar un servicio adecuado (en términos de calidad, precio, cobertura o una combinación de los tres). Hasta cierto punto estas organizaciones están diseñadas para alcanzar el mismo objetivo de recuperación de los gastos operativos y de capital de la red para garantizar su sostenibilidad. Por consiguiente, pueden entenderse y diferenciarse en función de sus modelos de inversión e ingresos, lo que, a su vez, determina su adecuación al contexto específico.

Las entidades comerciales son organizaciones que operan exclusivamente para obtener un beneficio. Tal es la característica distintiva de su modelo de ingresos y tiene grandes consecuencias sobre la inversión. Las redes comerciales deben operar necesariamente en zonas que generan ingresos superiores a la inversión efectuada, por lo que generalmente sólo se invierte y se presta servicio a zonas donde el modelo comercial de la red es suficientemente rentable - comunidades donde los usuarios tienen la capacidad financiera de pagar un abono u otro tipo de tasa de participación. Sin embargo, la necesidad de rentabilizar financieramente la inversión (para cubrir los costes de capital) puede llevar a un despliegue expeditivo de la cobertura de servicio.

El motivo de ser de las redes sin fines lucrativos es colmar las necesidades de las comunidades servidas. Suelen funcionar en zonas donde el principal problema de conectividad es la falta de acceso - comunidades donde el acceso de operadores tradicionales es escaso o inexistente. Si bien muchas redes sin fines lucrativos ofrecen acceso por abono o pago por utilización (prepago de una cantidad fija de datos o bonos de acceso limitados en el tiempo), algunas dependen de las contribuciones voluntarias de sus usuarios u ofrecen acceso a título completamente gratuito. Las redes sin fines lucrativos están especialmente adaptadas para las comunidades pequeñas y marginadas, que pueden tener necesidades o circunstancias específicas a las que no se adaptan fácilmente otros modelos orgánicos (en particular los de los operadores comerciales tradicionales).

En el Cuadro 12 se resumen las diversas características de los tipos de intervención de conectividad del último kilómetro y otras consideraciones.

2.3 Comprender las principales características de cada intervención y sus ventajas e inconvenientes (Fase 2c)

En la Base de datos de estudios de conectividad del último kilómetro se presentan diversas intervenciones, cada una de ellas con una combinación única de características organizativas. Sin embargo, las intervenciones pueden clasificarse en función de las características que se exponen a continuación.

La primera gran característica que distingue las intervenciones es la utilización, es decir, la utilización prevista de los servicios de conectividad y los correspondientes requisitos técnicos. La utilización prevista influye en las opciones operativas y técnicas de la intervención, sobre todo en lo que respecta al nivel de calidad de servicio que se ha de ofrecer.

El siguiente elemento distintivo es el modelo comercial, es decir, cómo organiza la entidad explotadora sus operaciones, cómo conforma su estructura orgánica y cómo establece y mantiene sus relaciones comerciales.

También se puede hacer la clasificación por el modelo de ingresos, es decir, si la entidad explotadora asume el coste de la prestación del servicio generando ingresos y/o por otros medios, incluidas subvenciones y aportes en especie.

La tecnología de red de acceso escogida por la entidad explotadora es otra característica distintiva. Las distintas maneras de utilizar las tecnologías en la red de acceso distinguen a la entidad de otros y puede determinar quién accede a la conectividad y de qué manera.

Cuadro 12. Características de las diversas intervenciones de conectividad del último kilómetro posibles

Tipo de intervención	Descripción/servicios	Modelo de ingresos (red de acceso)	Nivel de subvención	Tecnologías de acceso comúnmente utilizadas	Tecnologías de acceso al núcleo comúnmente utilizadas	Problemas regulatorios	Ejemplos de la Base de datos de estudios de caso (contribuciones)	Ventajas	Inconvenientes
MNO comercial	Servicios de voz y datos tradicionales; opera bajo un régimen nacional de licencias (por ejemplo, licencias de telecomunicación) utilizando espectro sujeto a licencias	Mezcla de servicios basados en la utilización para voz y datos y otros servicios de pago	Escaso o nulo, excepto fondos de servicio universal en pro del despliegue en zonas marginales	Tecnologías de espectro sujeto a licencia: 2G, 3G, 4G, 5G; en ocasiones, Wi-Fi	Espectro sujeto a licencia; certificaciones radioeléctricas; franquicia; acuerdos de derechos de paso y conexión de postes; licencias comerciales nacionales, regionales y locales	Ruralstar Ghana; WTL Marruecos; WTL Tanzania	Amplia cobertura geográfica (en ocasiones debido a obligaciones de cobertura); cumplimiento de normas de calidad de funcionamiento	Importantes recursos de capital necesarios; reacio a dar servicio a zonas geográficas con baja rentabilidad	
PSI comercial	Puede ser regional o nacional y operar sujeto a licencia o autorización (menos restrictiva) redes tanto fijas (fibra, cable, etc.) como inalámbricas, incluidas redes por satélite	Mezcla de servicios basados en la utilización para voz (línea fija) y datos y otros servicios de pago (aunque la VoIP está regulada en algunos países)	Escaso o nulo, excepto fondos de servicio universal en pro del despliegue en zonas marginales	Fija alámbrica (fibra, cable, coaxial, cobre); acceso fijo inalámbrico (incluido Wi-Fi); satélite	Certificaciones radioeléctricas; franquicia; acuerdos de derechos de paso y conexión de postes; licencias comerciales nacionales, regionales y locales; derechos de aterraje de satélite	AirJaldi India; Mawingu Kenya; Bluetown Ghana e India; Brightwave Sudáfrica; Viasat México	Aumenta la competencia para los servicios de datos, en particular al diferenciar las ofertas del servicio celular	La cobertura geográfica puede estar limitada por el acceso al núcleo y otras limitaciones de la cobertura	
Red móvil local sin fines lucrativos	Pequeña red celular, generalmente explotada por la comunidad	Mezcla de servicios de pago y acceso gratuito	Parcial (única o recurrente) o en ocasiones incluye la colectivización de los recursos	Tecnologías de espectro sujeto a licencia: 2G, 3G, 4G	Espectro sujeto a licencia; certificaciones radioeléctricas; franquicia; acuerdos de derechos de paso y conexión de postes; licencias comerciales locales	CELCOM Brasil; Tecnologías Indígenas Comunitarias	Demuestra la viabilidad del servicio móvil celular allí donde los MNO tradicionales no dan cobertura	Despliegues muy pequeños, por lo que escalamiento limitado; exige capacidad local para negociar la interconexión con MNO tradicionales y para mantener la red	

Cuadro 12. Características de las diversas intervenciones de conectividad del último kilómetro posibles (continuación)

Tipo de intervención	Descripción/servicios	Modelo de ingresos (red de acceso)	Nivel de subvención	Tecnologías de acceso comúnmente utilizadas	Tecnologías de acceso al núcleo comúnmente utilizadas	Problemas regulatorios	Ejemplos de la Base de datos de estudios de caso (contribuciones)	Ventajas	Inconvenientes
Redes PSI locales sin fines lucrativos	Pequeñas redes sólo de datos, generalmente explotadas por la comunidad	Generalmente, acceso gratuito o servicios de bajo coste	Parcial recurrente o total recurrente; en ocasiones incluye la colectivización de los recursos	Fija alámbrica (fibra, cable, coaxial, cobre); acceso fijo inalámbrico (incluido Wi-Fi); satélite		certificaciones radioeléctricas; franquicia; acuerdos de derechos de paso y conexión de postes; licencias comerciales locales	Zenzeleni Networks, Altermundi, Pamoja Net y BOSCO Uganda	Demuestra la viabilidad de la prestación de servicios de datos a comunidades sin acceso (o donde el coste de otros servicios es prohibitivo)	Sostenibilidad del servicio sin subvención continuada; escalamiento de redes y servicios

Esto incluye, en algunos casos, la utilización de nuevas tecnologías de acceso que pueden contribuir a solventar problemas técnicos específicos de la utilización o del contexto de la localidad.

Aunque no sea evidente para el usuario extremo, la elección de la tecnología de conexión al núcleo o la mezcla de tecnologías para ofrecer capacidad de ancho de banda pueden tener una gran influencia en la calidad de servicio ofrecida a los usuarios. Por consiguiente, las tecnologías de conexión al núcleo son otra de las grandes características distintivas.

Todas esas opciones influyen en los regímenes políticos y reglamentarios aplicables a la entidad explotadora, lo que también ayuda a diferenciar una intervención de otra, pues las diferencias en el entorno político y reglamentario facilitan o dificultan determinados tipos de modelos comerciales, modelos de ingresos, tecnologías utilizadas y entidades de explotación.

2.3.1 Características de utilización

Las diferencias en las características y limitaciones de utilización pueden depender de una serie de aspectos. Algunas de estas diferencias se muestran en la Figura 20. Hay distintas maneras de considerar las diferencias en el uso, pues sus características y limitaciones difieren mucho en función de un abanico de requisitos de servicio y limitaciones tecnológicas. Puede resultar útil definir la utilización de una intervención en términos de su alcance y tamaño en relación con otras intervenciones.

Por ejemplo, el *alcance de conectividad* de una intervención puede limitarse a la red local (por ejemplo, cuando un encaminador local ofrece acceso limitado y compartido a la red local para, por ejemplo, recursos educativos fuera de línea). En el otro extremo, otra intervención puede ofrecer conectividad robusta a la Internet pública mundial, que, como red de redes, ofrece acceso al mayor alcance de conectividad posible tanto en términos geográficos como de amplitud y profundidad del contenido.

La *continuidad del servicio* es otro elemento importante que considerar dentro de las características de utilización de una intervención y puede influir en el tipo de actividades que pueden realizar los usuarios cuando se les da conectividad. En un extremo está la conectividad intermitente, que puede implicar la disponibilidad del acceso durante sólo unas pocas horas al día, haciendo que los usuarios puedan utilizar ocasionalmente la red para, por ejemplo, enviar correos electrónicos o descargar ficheros para su utilización fuera de línea. En el otro extremo está la conexión ininterrumpida, que puede modificar los patrones de uso y permitir a los usuarios utilizar aplicaciones como la mensajería en tiempo real y el trabajo a distancia como parte de su vida cotidiana.

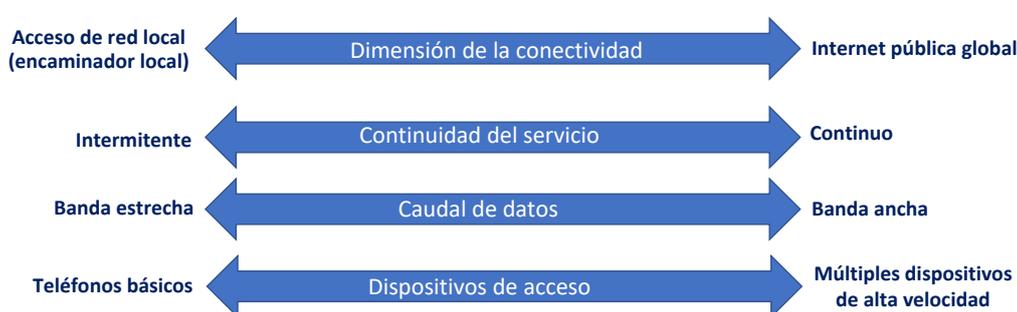
El *tipo de TIC* a la que una red ofrece acceso también determina lo que los usuarios pueden hacer con la conectividad ofrecida. Con una conexión de voz y SMS 2G, por ejemplo, los usuarios pueden enviar y recibir mensajes de texto básicos y llamar a otros usuarios. Por el contrario, la disponibilidad de la voz y los datos de alta velocidad permite a los usuarios acceder a contenidos multimedios, tanto de otros usuarios como de Internet en general, abriendo un gran abanico de posibilidades en términos de aplicaciones y casos de uso.

Otra buena manera de diferenciar las características de utilización de diversas redes es el *caudal de datos*. Una conexión de banda estrecha permite a los usuarios ver contenido de bajo ancho de banda, como los correos electrónicos de texto o redes sociales básicas. Con una

conexión de banda ancha, sin embargo, los usuarios pueden acceder a una amplia variedad de contenido, como vídeos de alta definición de plataformas en línea y sitios de difusión en flujo continuo de contenido, realizar llamadas de vídeo en tiempo real y acceder fácilmente a sitios multimedia.

Otra manera de considerar la utilización es ver qué *dispositivos de acceso* se han de conectar a la red de la entidad. Si una red está diseñada para funcionar mayoritariamente con teléfonos básicos, por ejemplo, probablemente su objetivo sólo sea ofrecer servicios de voz y llamadas básicas. Una red prevista para dar acceso a múltiples dispositivos de alta velocidad, por otra parte, suele poder ser capaz de facilitar acceso simultáneo a una amplia variedad de aplicaciones.

Figura 20. Diferencias en las características de utilización



Por otra parte, el Foro Económico Mundial clasifica los niveles de utilización de otra manera²⁴ (véase la Figura 21). Examina los patrones de utilización de Internet que permite una red y los clasifica en función de importancia que el acceso a Internet tiene en la vida cotidiana de los usuarios. Esta tipología también describe los requisitos técnicos mínimos necesarios para cada nivel de utilización de Internet, tanto en términos de calidad de servicio como de tecnologías específicas capaces de ofrecer el nivel de servicio exigido.

El nivel de utilización de Internet más bajo, el Nivel 1, se describe como la "utilización de Internet en su forma más básica" o "acceso limitado a Internet, generalmente a causa de una conectividad deficiente, limitaciones de recursos, limitaciones de competencias o ausencia de contenido pertinente". En la práctica significa el envío ocasional de correos electrónicos o la utilización infrecuente de recursos de Internet en el marco escolar o laboral.

El Nivel 2, por su parte, se caracteriza por una "utilización frecuente de Internet, sobre todo limitada por el coste del acceso, que se integra en algunos aspectos de la vida diaria". Los usuarios que consultan los medios sociales a lo largo del día y utilizan plataformas de mensajería en línea para su comunicación personal habitual entran dentro de esta categoría.

A lo largo de los Niveles 3 a 5 aumenta la importancia de la conectividad a Internet, definida como la proporción de actividades del usuario que depende del acceso y la importancia que esas actividades revisten para el usuario. Esto va desde la conectividad "esencial por motivos tanto personales como profesionales" (Nivel 3) a la dependencia de una conectividad constante y de la IoT que hace que los cortes de Internet sean "muy disruptivos y, en ocasiones, peligrosos" (Nivel 4). El nivel más alto de utilización de Internet en esta tipología, el Nivel 5,

²⁴ Foro Económico Mundial, *Financing a Forward-Looking Internet for All*, Libro Blanco (Ginebra, 2018).

se reserva para nuevos patrones de uso cuya importancia para los individuos y la sociedad superan incluso el Nivel 4: "un papel aún desconocido de las futuras aplicaciones de Internet".

En términos de calidad de funcionamiento, el Foro Económico Mundial también describe la norma de servicio Internet necesaria para garantizar cada nivel de utilización, en términos de velocidad de descarga y telecarga, latencia y consumo de ancho de banda total mensual por usuario correspondiente a cada nivel de utilización. Para el Nivel 1 de utilización, por ejemplo, se necesitan velocidades de descarga de apenas 512 kbit/s, velocidades de telecarga de 64 kbit/s, una latencia de 1 000 ms y un consumo total mensual de entre 10 y 100 megabytes.

Por el contrario, el Nivel 3 exige velocidades de descarga de 25 Mbit/s, velocidades de telecarga de 10 Mbit/s, una latencia de 20 ms y un consumo mensual de 50 gigabytes. De cara al futuro, se prevé que el Nivel 5 sólo sea posible cuando las velocidades de descarga y telecarga alcancen, como mínimo, 1 GB por segundo, la latencia sea de 10 ms (e igual o inferior a 1 ms para algunas aplicaciones) y el consumo mensual de 1 terabyte se considere normal.

No todas las tecnologías pueden ofrecer el nivel de servicio necesario para cada nivel de utilización. Los niveles más altos exigen tecnologías progresivamente más nuevas y más capaces. El Foro Económico Mundial identifica las tecnologías del último kilómetro necesarias en los últimos 100 metros para permitir cada nivel de utilización.

Los Niveles 1 a 3, por ejemplo, pueden conseguirse con infraestructura alámbrica de cobre, en función del despliegue específico y del diseño de la red. Si bien la 2G puede permitir una utilización de Nivel 1 inalámbrica, para el Nivel 2 se necesita al menos una conexión 3G, y 4G para el Nivel 3. Queda patente que las distintas tecnologías tienen distintas limitaciones y que una utilización más intensiva exigirá soluciones más modernas capaces de ofrecer la calidad de servicio necesaria. En el informe del Foro Económico Mundial se señala que sólo la fibra (en el caso alámbrico) y la nueva norma 5g (en el caso inalámbrico) podrían bastar para lograr un Nivel 5 de utilización.

Los requisitos mínimos de utilización y calidad de servicio de cada aplicación y servicio difieren en función del sector; y saber cuánto ancho de banda es "suficiente" puede variar dependiendo de las necesidades y demandas de los usuarios y de las aplicaciones para las que se utilizará la conectividad. Por consiguiente, se debe considerar cuidadosamente qué es lo que los usuarios harán con el acceso y qué aplicaciones utilizarán con más probabilidad a fin de garantizar que hay suficiente ancho de banda para todos.

Figura 21. Distintos niveles de utilización de Internet (Foro Económico Mundial)

	1	2	3	4	5
	Usuarios de Internet en su forma básica	Internet enriquece la vida cotidiana	Internet como parte esencial de casi todas las actividades	Internet como habilitador social	Internet como espina dorsal del futuro
	Acceso limitado a Internet, generalmente por una conectividad deficiente, limitaciones de recursos, limitaciones de competencias o ausencia de contenido pertinente	Utilización frecuente de Internet, sobre todo limitada por el coste del acceso, que se integra en algunos aspectos de la vida cotidiana	Conectividad cuasi constante , que se considera esencial por motivos personales y profesionales	Interconectividad constante a través de Internet de las cosas; los cortes de Internet son muy disruptivos y, en ocasiones, peligrosos	Un papel aún desconocido de las aplicaciones futuras de Internet
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Velocidad descarga	512 kbit/s	2-3 Mbit/s	25 Mbit/s	100 Mbit/s	1 Gbit/s
Velocidad telecarga	64 kbit/s	512 kbit/s	10 Mbit/s	100 Mbit/s	1 Gbit/s
Latencia	1 000 ms	400 ms	100 ms	20 ms	10 ms (1 ms para algunas aplicaciones)
Utilización mensual	10-100 MB	500 MB	50 GB	200 GB	1 TB

Fuente: adaptado del Foro Económico Mundial, nota 29

En términos del mundo real, esto implica que es probable que algunos sectores necesiten más ancho de banda que otros y que lo que puede ser suficiente para un sector, será insoportable para otro. En Estados Unidos, por ejemplo, la State Educational Technology Directors Association estima las velocidades de banda ancha necesarias en el sector educativo para utilizar ciertas aplicaciones y llevar a cabo ciertas actividades²⁵ (véase el Cuadro 13).

Cuando los usuarios generalmente se conforman con una conexión de 0,03 Mbit/s para consultar medios sociales, la difusión en flujo continuo de vídeo más básica exige velocidades 100 veces superiores, como poco 3 Mbit/s. Y se llegan a necesitar 25 Mbit/s para la difusión de vídeos en calidad ultraalta, lo que muestra hasta qué punto los requisitos de conectividad pueden ser variables, hasta para la misma actividad, pues el contenido cada vez consume más ancho de banda.

El sector educativo ilustra fielmente cómo una buena conectividad puede permitir una mayor gama de utilización, aumentando la productividad para los usuarios de la red. Aunque una velocidad de 0,25 Mbit/s basta para que un estudiante siga una clase en línea o rellene un cuestionario de opción múltiple, por ejemplo, aumentar la velocidad hasta 1 Mbit/s permitiría al mismo estudiante ver o participar en una videoconferencia, realizar una simulación o hacer búsquedas en Internet.

Las intervenciones deben determinar el nivel de utilización que quieren proporcionar para estimar la velocidad que deberán recibir los usuarios extremos. Para ello es necesario saber

²⁵ State Educational Technology Directors Association, *The Broadband Imperative II: Equitable Access for Learning*. (2016)

quiénes son los usuarios, qué hacen y qué necesitan o cuáles son sus intereses. Comprender la localidad en que se llevará a cabo la intervención es importante para que resulte pertinente para los usuarios de la red.

Cuadro 13. Ejemplos de requisitos de banda ancha para diversas actividades del sector educativo (velocidades de descarga)*

Actividad	Velocidades de banda ancha
Seguir una clase en línea	0,25 Mbit/s
Hacer búsquedas en la web	1 Mbit/s
Consultar el correo electrónico	0,5 a 1 Mbit/s
Descargar material docente digital, incluidos recursos educativos abiertos	1 Mbit/s
Participar en medios sociales	0,03 Mbit/s
Completar exámenes de respuesta múltiple	0,06 Mbit/s
Difusión de música en flujo continuo	2 Mbit/s
Difusión de vídeo en flujo continuo - Calidad normal	3 Mbit/s
Difusión de vídeo en flujo continuo - Calidad de alta definición	5 Mbit/s
Difusión de vídeo en flujo continuo - Calidad de ultraalta definición	25 Mbit/s
Difusión en flujo continuo de vídeo AD o conferencia universitaria	4 Mbit/s
Ver una videoconferencia	1 Mbit/s
Participar en una videoconferencia AD	4 Mbit/s
Participar en una videoconferencia	1 Mbit/s por usuario
Participar en simulaciones y juegos	1 Mbit/s
Participar en juegos en línea bidireccionales	4 Mbit/s

Fuente: adaptado de State Educational Technology Directors Association, nota 30

*** Este cuadro no puede utilizarse para calcular el ancho de banda proyectado para toda una escuela o distrito, pues hay otros factores que tener en cuenta, como las aplicaciones administrativas, los servicios en la nube y las estrategias de agregación.**

El sector sanitario es un buen ejemplo de cómo las aplicaciones nuevas o en fase de maduración pueden exigir mucho ancho de banda, además de una conectividad robusta, para su utilización.

Si bien a los pacientes generalmente les basta con una conexión de entre 1,5 y 3 Mbit/s para realizar videoconsultas, un consultorio unipersonal necesitará al menos 4 Mbit/s para ofrecer servicios de telemedicina²⁶ (véase el Cuadro 14). Una conexión de ese tipo "soportará las

²⁶ Health IT, *What is the recommended bandwidth for different types of health care providers?* (HealthIT.gov., 2019).

funciones de gestión del consultorio, el correo electrónico y la navegación en la web; permitirá la utilización simultánea de expedientes médicos electrónicos (EME) y consultas de vídeo de alta calidad; permitirá la descarga de imágenes en tiempo no real, [y] permitirá la supervisión a distancia".

Es evidente así que la demanda de ancho de banda crece en función del alcance de las actividades. La demanda de ancho de banda también es proporcional al número de usuarios: un consultorio pequeño con entre dos y cuatro médicos que realizan las mismas actividades que el consultorio unipersonal anterior exige una conexión de al menos 10 Mbit/s.²⁷

²⁷ Health IT, *What is the recommended bandwidth for different types of health care providers?* (HealthIT.gov., 2019).

Cuadro 14. Ejemplos de requisitos de ancho de banda por tipo de proveedor de telemedicina

Participante de telemedicina	Servicios	Ancho de banda
Paciente	Consultas en vídeo; acceso a expedientes electrónicos	1,5 a 3 Mbit/s
Consultorio uni-personal	Soportará las funciones de gestión del consultorio, el correo electrónico y la navegación en la web; permitirá la utilización simultánea de expedientes médicos electrónicos (EME) y consultas de vídeo de alta calidad; permitirá la descarga de imágenes en tiempo no real, permitirá la supervisión a distancia	4 Mbit/s
Consultorio pequeño (2-4 médicos)	Soportará las funciones de gestión del consultorio, el correo electrónico y la navegación en la web; permitirá la utilización simultánea de expedientes médicos electrónicos (EME) y consultas de vídeo de alta calidad; permitirá la descarga de imágenes en tiempo no real, permitirá la supervisión a distancia; permitirá consultas en vídeo AD	10 Mbit/s
Casa de reposo	Soportará las funciones de gestión del consultorio, el correo electrónico y la navegación en la web; permitirá la utilización simultánea de expedientes médicos electrónicos (EME) y consultas de vídeo de alta calidad; permitirá la descarga de imágenes en tiempo no real, permitirá la supervisión a distancia; permitirá consultas en vídeo AD	10 Mbit/s
Clínica rural (unos 5 médicos)	Soportará las funciones de gestión de la clínica, el correo electrónico y la navegación en la web; permitirá la utilización simultánea de expedientes médicos electrónicos (EME) y consultas de vídeo de alta calidad; permitirá la descarga de imágenes en tiempo no real, permitirá la supervisión a distancia; permitirá consultas en vídeo AD	10 Mbit/s
Clínica/consultorio de gran tamaño (5-25 médicos)	Soportará las funciones de gestión de la clínica, el correo electrónico y la navegación en la web; permitirá la utilización simultánea de expedientes médicos electrónicos (EME) y consultas de vídeo de alta calidad; permitirá la transferencia de imágenes en tiempo real; permitirá la supervisión a distancia; permitirá consultas en vídeo AD	25 Mbit/s
Hospital	Soportará las funciones de gestión del hospital, el correo Electrónico y la navegación en la web; permitirá la utilización simultánea de expedientes médicos electrónicos (EME) y consultas de vídeo de alta calidad; permitirá la transferencia de imágenes en tiempo real; permitirá la supervisión a distancia; permitirá consultas en vídeo AD	100 Mbit/s
Centro médico universitario/de gran tamaño	Soportará las funciones de gestión de la clínica, el correo electrónico y la navegación en la web; permitirá la utilización simultánea de expedientes médicos electrónicos (EME) y consultas de vídeo de alta calidad; permitirá la transferencia de imágenes en tiempo real; permitirá la supervisión a distancia constante; permitirá consultas en vídeo AD	1 000 Mbit/s

Fuente: Health IT, nota 31

Las aplicaciones de telemedicina más avanzadas o complejas también necesitarán más ancho de banda que las consultas en vídeo básicas. Uno de los atractivos de la telemedicina es la posibilidad de consultar con especialistas a distancia simplemente enviándoles los datos de diagnóstico pertinentes. Sin embargo, cuantos más datos, mayor será el tamaño de los ficheros, lo que significa que algunas pruebas médicas necesitarán más ancho de banda y mayores velocidades para que los especialistas examinen los datos de manera oportuna.

2.3.2 Modelos comerciales

También se pueden clasificar las entidades explotadoras según su modelo comercial, examinando las diferencias entre ellas y escogiendo para la localidad en cuestión el modelo que se ajuste a sus necesidades. En la Base de datos de estudios de caso de conectividad del último kilómetro se recogen seis tipos de modelos comerciales que ofrecen algún nivel de servicio en la red de acceso local del último kilómetro. Esos modelos se resumen en el Cuadro 15.

El *operador internacional integrado* posee la infraestructura de red de transmisión nacional, de conexión al núcleo y de acceso del último kilómetro y puede ofrecer servicios al por menor. El principal problema de los operadores con este modelo comercial es la venta de capacidad a los operadores locales y MVNO, y la prestación de servicio a clientes minoristas, todo ello a partir del ancho de banda internacional adquirido o de las estaciones de aterraje de cables.

El *operador local integrado*, por otra parte, posee la infraestructura de conexión al núcleo regional y la red de acceso del último kilómetro y ofrece servicios minoristas. Esos operadores pueden vender capacidad al por mayor a otros operadores regionales y prestar servicios al por menor a usuarios extremos. Suelen adquirir ancho de banda del proveedor de la red dorsal nacional correspondiente.

El *operador de infraestructura como servicio* posee la infraestructura de red pasiva, pero no explota equipos de red activos ni presta servicios de red a los usuarios. Por el contrario, este modelo comercial gira entorno al alquiler de infraestructuras (torres, conductos y fibra oscura) a los operadores de red activos, que a su vez pueden utilizarla como parte de su propia red.

Por otro lado, el *operador de conectividad como servicio* posee la infraestructura de red activa de la red de acceso del último kilómetro, pero no ofrece servicios al por menor con su marca. En su lugar, vende al por mayor capacidad de redes regionales a proveedores minoristas, que, a su vez, la venden a los usuarios con su propia marca. Las entidades que utilizan este modelo comercial pueden adquirir capacidad de red dorsal nacional o pasarela internacional para su propia red.

El *operador integrado de conectividad del último kilómetro (CUK)* posee la infraestructura de red de acceso del último kilómetro y ofrece con su marca sus propios servicios minoristas al tiempo que adquiere capacidad de conexión al núcleo. Por el contrario, el *operador de servicio CUK* no posee infraestructura de red alguna, pero ofrece servicios con su marca. En lugar de explotar su propia red, este operador adquiere la capacidad directamente de las redes de acceso local.

Cuadro 15. Modelos comerciales que ofrecen servicios en las redes del último kilómetro

Modelo comercial	Descripción	Acuerdo comercial/ de asociación	Ejemplos
Operador internacional integrado	Posee la infraestructura de red de transmisión nacional, de conexión al núcleo y de acceso del último kilómetro y puede prestar servicios al por menor	Vende capacidad a los operadores locales, MVNO y clientes minoristas; adquiere ancho de banda internacional o en las estaciones de aterraje de cable	Liquid Telecom
Operador local integrado	Posee la infraestructura de conexión al núcleo regional y de red de acceso del último kilómetro y ofrece servicios al por menor	Puede vender al por mayor capacidad a otros operadores regionales y prestar servicios minoristas; adquiere ancho de banda al proveedor de red dorsal nacional	
Operador de infraestructura como servicio	Posee la infraestructura de red pasiva, pero no explota equipos de red activos ni presta servicios de red	Alquila infraestructura (torres, conductos, fibra oscura) a los operadores de red	IHS; American Tower
Operador de conectividad como servicio	Posee la infraestructura de red activa de la red de acceso del último kilómetro, pero no presta servicios minoristas con su marca	Vende al por mayor capacidad de la red regional a los proveedores minoristas; puede adquirir capacidad de red dorsal nacional o pasarela internacional	Internet para Todos (Perú); Africa Mobile Networks
Operador integrado CUK	Posee la infraestructura de red de acceso local del último kilómetro y presta servicios minoristas con su propia marca	Vende servicios minoristas con su marca al tiempo que adquiere capacidad de conexión al núcleo	Bluetown (India); AirJaldi (India)
Proveedor de servicios CUK	No posee ninguna infraestructura de red, pero presta servicios con su propia marca	Vende servicios minoristas con su marca al tiempo que adquiere capacidad en la red de acceso local	

2.3.3 Modelos de ingresos

En términos generales, en el ámbito de la conectividad del último kilómetro, los modelos comerciales se ocupan de la demanda inicial de gastos de capital, mientras que el modelo de ingresos articula los gastos operativos. Para las redes de acceso de conectividad del último kilómetro hay cuatro grandes modelos de ingresos, cada uno de ellos con sus variantes, que se centran en la gestión de los gastos operativos. Una de las consideraciones más importantes para la sostenibilidad de una red de acceso del último kilómetro es su fuente de ingresos a largo plazo. Si bien los gastos de capital en infraestructura de red pueden ser prohibitivos, la disponibilidad de tecnologías de red de bajo coste puede contribuir a que las redes pequeñas recauden fondos para el despliegue de una red. A largo plazo, cubrir los gastos operativos

- gastos recurrentes como el ancho de banda, la electricidad, el personal y el mantenimiento
- es un reto constante para la supervivencia de una red (véase el Cuadro 16).

Un modelo de ingresos de prepago basado en la utilización (también conocido como "pago por utilización") implica la venta de acceso a la conectividad limitado en tiempo o en datos. Los usuarios pagan de una vez el acceso a la red hasta se cumple el tiempo o han consumido todos los datos adquiridos. El acceso se vende por bonos o un sistema similar, o en el punto de acceso cuando la conectividad se ofrece en un centro de acceso compartido.

Oro tipo de modelo de ingresos basado en la utilización es el modelo de postpago o abono. Como los sistemas de prepago, los modelos de postpago/abono se basan en servicios de conectividad de consumo (o empresariales). El acceso por abono implica el pago recurrente y periódico a lo largo de un tiempo determinado, generando para la red una fuente regular de ingresos a partir de una base estable de usuarios. Los abonos suelen contratarse por periodos mensuales, durante los cuales los usuarios tienen acceso a una cantidad fija o ilimitada de datos.

Desde el punto de vista de la gestión de la red, los abonos simplifican la tarea de calcular la cantidad total de ancho de banda que la red necesita comprar o facilitar a sus usuarios. No obstante, eso puede resultar oneroso para los usuarios con bajos ingresos, que quizá no puedan cumplir con su obligación financiera regular para con la red. Por consiguiente, depender de un modelo de ingresos por abono exige una base estable de usuarios capaces de pagar por sus conexiones o de reducir el coste del abono a un nivel asequible gracias a subvenciones o acuerdos de compartición de costes.

El acceso de prepago puede ser más rentable para usuarios que sólo utilizan los datos esporádicamente o cuyos requisitos de datos son limitados. Permite a más personas acceder a la red y generar ingresos de usuarios que no podrían haberse permitido un abono regular. En un caso, una entidad explotadora generó ingresos únicamente de los turistas que pagaron por el acceso a la conectividad a corto plazo. Esos ingresos permitieron a la red subvencionar a los residentes y darles acceso gratuito.²⁸ En otro ejemplo de India, una red gestionada por el gobierno ofreció acceso por abono a los residentes de una aldea y de prepago a los visitantes ocasionales durante los festivales religiosos.²⁹

Una de las posibles desventajas de un modelo de ingresos basado primordialmente en el prepago es el alcance en que la demanda de ancho de banda varía en comparación con la de una base de usuarios con abono. Esto puede ser particularmente evidente cuando la base de ingresos es transitoria, por ejemplo, cuando se vende acceso a los turistas, que vienen y van a su conveniencia. En este contexto, y en menor medida hasta cuando los usuarios primarios son residentes de la localidad, para gestionar adecuadamente gastos operativos variables (sobre todo el coste del ancho de banda) exigirá una previsión efectiva de la demanda. Los ingresos de servicios de prepago pueden ser más irregulares, volátiles y heterogéneos que los ingresos por abono de haber una alta tasa de abandono por parte de los consumidores.

Además de los modelos de ingresos por utilización, algunas redes de acceso también tienen flujos de ingresos nuevos o alternativos. Uno de ellos es cobrar por el acceso a servicios de valor añadido o por su utilización. En este caso, los gastos operativos están cubiertos por

²⁸ APC & IDRC, *op. cit.*, note 28, Small and Medium Telecom Operators Association of Georgia and Tusheti Development Fund, pp. 124-127.

²⁹ *Ibid.*, Case on Gram Marg Rural Broadband Project, pp. 150-156.

servicios que van más allá de la utilización de datos, como la publicidad remunerada u otros servicios de valor añadido (dinero móvil, servicios de información agrícola, educación, etc.) que a su vez subvencionan el suministro de datos. El modelo de servicios de valor añadido no es muy popular, pero se ha visto en proyectos del último kilómetro cuando los beneficios para el usuario extremo son evidentes. En un ejemplo, una red que facilita acceso a través de un centro de acceso compartido no cobra la utilización de Internet, pero sí las impresiones y otros servicios al público. Por otra parte, los modelos de pago por acción permiten a los usuarios pagar la conectividad con medios no financieros. Los usuarios o clientes pueden ejecutar ciertas acciones (por ejemplo, reciclar plástico o seguir formaciones) a cambio de bloques de tiempo de conexión o de capacidad. Se crean así opciones en que el gasto público o las ayudas pueden emplearse efectivamente en lograr resultados al ofrecer la conectividad como una recompensa. Este modelo es relativamente nuevo y aún no se han demostrado sus resultados, pero alberga un gran potencial.

Del mismo modo, el contenido patrocinado, como eventos deportivos o de ocio diseñados conforme a las preferencias locales, den a los proveedores de conectividad un flujo de ingresos suplementario gracias un modelo de muy bajos precios por utilización. Un ejemplo es PockitTV, plataforma móvil de ocio y deporte africana que cobra apenas 0,06 USD diarios por acceder a contenidos locales e internacionales. La gratuidad es una forma de contenido patrocinado donde el precio de los datos está subvencionado en gran medida por el proveedor de servicios para acceder a aplicaciones o servicios específicos.

Algunas intervenciones no tienen fin lucrativo alguno o su principio rector es ofrecer acceso gratuito a los usuarios. El modelo de acceso gratuito/sin fines lucrativos/con ingresos limitados suele basarse en contribuciones en especie (como la gestión comunitaria de la red) o en una subvención recurrente y constante que cubra los gastos operativos.

Hay ejemplos de redes donde los usuarios ofrecen contribuciones voluntarias para el ancho de banda compartido y el mantenimiento de la infraestructura de red.³⁰ Las subvenciones recurrentes, sean públicas o de donantes privados, permiten a las entidades explotadoras ofrecer conectividad gratuita o (en combinación con otros modelos de ingresos) a un coste muy bajo. Las subvenciones pueden ser financieras o en especie, como ancho de banda gratuito de un PSI con un PdP cercano.³¹ En tales casos, las subvenciones cubren total o parcialmente los gastos operativos de la red. Los gastos de capital, como la ampliación de la red y la sustitución de equipos, por otra parte, pueden cubrirse con subvenciones puntuales u otras fuentes de datos.³²

Dicho esto, este modelo corre el riesgo de que los ingresos no cubran los costes de la red, sobre todo cuando dependen de contribuciones voluntarias. Por consiguiente, es un modelo más adecuado para las redes más pequeñas, cuyos riesgos son más fácilmente gestionables o, si no, como complemento de los abonos y cargos de prepago, que pueden representar una fuente de ingresos más estable.

³⁰ Ibid.

³¹ Ibid., Cases on Tunapanda Institute (pp. 166-170) and on Gram Marg Rural Broadband Project (pp. 150-156).

³² Ibid.

Cuadro 16. Modelos de ingresos de servicios al por menor del último kilómetro

Modelo de ingresos	Descripción
Basado en la utilización (prepago)	El sistema de fijación de precios normal para servicios de conectividad de consumo en nuevos mercados, donde el consumidor paga por los servicios de datos tradicionales siguiendo un modelo de prepago (también conocido como pago por utilización). Los ingresos por servicios de prepago pueden ser más irregulares, volátiles y heterogéneo que los del modelo de abono en caso de que haya una alta tasa de abandono por parte de los clientes.
Basado en la utilización (postpago/abono)	Al igual que el modelo de prepago, los modelos de postpago/abono se basan en servicios de conectividad de consumo (o empresarial).
Servicios de valor añadido	Los gastos operativos están cubiertos por servicios distintos de la utilización de datos, como la publicidad remunerada u otros servicios de valor añadido (dinero móvil, servicios de información agrícola, educación, etc.) que a su vez subvencionan la prestación de datos. No es un modelo muy extendido, aunque se ha visto en proyectos del último kilómetro con beneficios claros y concretos para los usuarios extremos.
Ingresos limitados, sin fines lucrativos, acceso gratuito	En este modelo, los gastos operativos suelen estar cubiertos por contribuciones en especie (como la gestión comunitaria de la red) o subvenciones recurrentes.

2.3.3.1 Motivación de las subvenciones (nula, puntual o recurrente)

Algunas redes de acceso del último kilómetro reciben subvenciones de niveles variables tanto de donantes públicos como de donantes privados y socios. Además del nivel de subvención relativo a los gastos totales de la red, estas subvenciones también varían en regularidad: algunas son donaciones puntuales y otras son recurrentes a lo largo de un periodo notable de tiempo, sino de toda la vida útil de la red. En esta cláusula se examinan las distintas subvenciones, para qué se utilizan y la mejor manera de utilizarlas, además de sus consecuencias para el funcionamiento de la red.

Por norma general, las redes comerciales tradicionales no están subvencionadas. Puede haber excepciones, como en el caso de los despliegues en zonas no rentables, en cuyo caso los operadores pueden recibir subvenciones en forma de pago de un fondo de acceso o de servicio universal. Por el contrario, las entidades sin fines lucrativos probablemente recibirán subvenciones tanto públicas como privadas. Las redes públicas suelen recibir contribuciones del sector público.

La diferencia más importante entre unas subvenciones y otras es su periodicidad. Generalmente las subvenciones puntuales están destinadas a facilitar el despliegue de una red, la adquisición de equipos o el sufragio de otros costes que puedan considerarse gastos de capital. Las subvenciones recurrentes, por otra parte, pueden estar destinadas a cubrir también los gastos operativos de la red, al menos parcialmente.

Las subvenciones puntuales completas permiten a una organización instalar la red e iniciar las operaciones. La red seguirá teniendo que generar ingresos para cubrir el coste de la operación. Las subvenciones puntuales parciales funcionarán del mismo modo, pero su alcance será

menor, y ayudarán a las redes a adquirir equipos, contratar personal y cubrir gastos asociados con la construcción de la infraestructura.

Las subvenciones puntuales, aunque útiles, no necesariamente influyen en el modelo de generación de ingresos de la red de manera significativa. Las subvenciones son "completas" cuando bastan para cubrir todos los gastos de capital y operativos durante un periodo de tiempo. Si bien no tener que cubrir los gastos de capital con los ingresos puede resultar útil, la red seguirá teniendo que cubrir los gastos operativos una vez se acabe la subvención, cosa que ocurrirá inevitablemente. Del mismo modo, los beneficiarios de subvenciones puntuales parciales tendrán que generar ingresos con la diferencia de que afrontarán ese problema más pronto que las redes que reciban subvenciones puntuales completas.

En la literatura se encuentran ejemplos de redes que reciben subvenciones puntuales y funcionan de manera semejante a las que no; es decir, que continúan dependiendo de los abonos y otras fuentes de ingresos para garantizar su sostenibilidad.³³ El mayor beneficio de las subvenciones puntuales es que ayudan a las redes a superar los obstáculos financieros a su creación (reduciendo los riesgos de inversión) y les permiten implantarse en zonas donde probablemente los inversores de capital no quieran o estén dispuestos a correr riesgos. Por el contrario, las subvenciones recurrentes tienen más efectos tangibles a largo plazo en el funcionamiento de la red.

Las subvenciones recurrentes completas, como su nombre indica, cubren el coste completo de las actividades de una red durante toda su vida útil o durante un periodo de tiempo notable. Las subvenciones recurrentes parciales, por su parte generalmente cubren una parte de los gastos operativos de una red y tienen más influencia que las subvenciones puntuales, pues permiten a las redes funcionar en comunidades donde, en otras condiciones, hubieran sido insostenibles.

Las subvenciones recurrentes completas permiten a la red ofrecer acceso de manera completamente gratuita.³⁴ Suelen darse en comunidades donde de otro modo los usuarios no podrían pagar por el acceso o cuyas características harían improbable la recuperación de los costes a partir de actividades generadoras de ingresos convencionales. Como ejemplo pueden citarse una red de Borneo que presta servicio a comunidades indígenas de la jungla y una red urbana de Kenya, diseñada para dar acceso a usuarios pobres.³⁵

Las redes que disfrutan de subvenciones recurrentes completas pueden transformar las comunidades, pero también sufrir problemas de sostenibilidad, si son su única fuente de financiación: el cese de esa financiación implicaría la muerte de la red. Para paliar esta posibilidad, algunas redes totalmente subvencionadas generan ingresos a partir de servicios de valor añadido en la red, aunque la conectividad misma siga siendo gratuita.

Por último, las subvenciones recurrentes parciales están diseñadas para cubrir parte de los gastos operativos corrientes de la red. Un ejemplo común de subvención recurrente parcial es el coste del ancho de banda, que cubre un PSI asociado privado gratuitamente o se financia con contribuciones de otros donantes.³⁶ Si bien las redes que reciben subvenciones recurrentes parciales generalmente no ofrecen servicios gratuitos (contrariamente a lo que hacen las que

³³ Ibid.

³⁴ Ibid.

³⁵ Ibid., Cases on FORMADAT (pp. 157-161) and on Tunapanda Institute (pp. 166-170).

³⁶ Ibid.

reciben subvenciones recurrentes completas), suelen ofrecer conectividad a un precio inferior al que habrían tenido que aplicar de no haber recibido la subvención. No obstante, deben generar flujos de ingresos para cubrir costes y garantizar la sostenibilidad de la red.

Determinar cuándo las subvenciones son más eficaces es un aspecto importante tanto para las instituciones públicas como privadas que puedan considerar la concesión de subvenciones de algún tipo para mejorar el acceso del último kilómetro. En la Herramienta de reglamentación de las TIC de la UIT puede encontrarse una útil guía para determinar cuándo serán más efectivas las subvenciones³⁷ (véase la Figura 22).

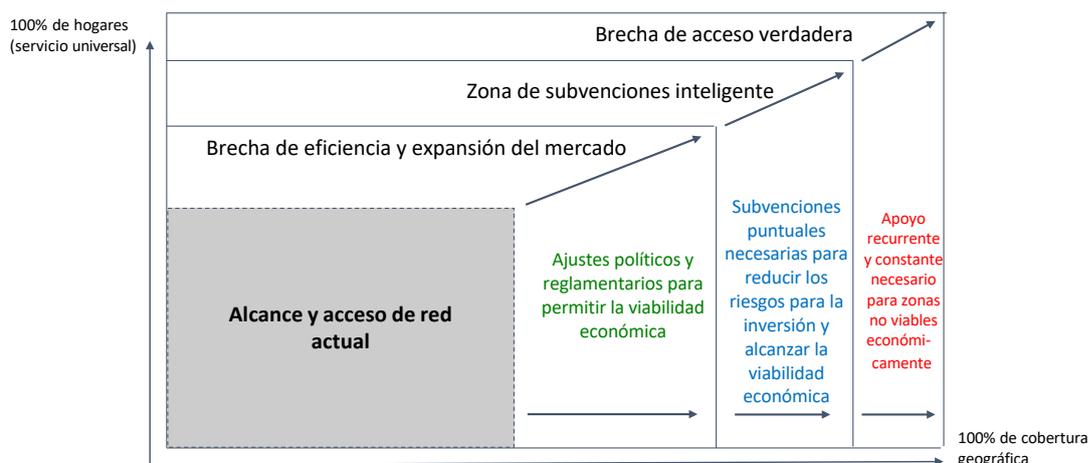
Cuando hay una brecha de eficiencia y expansión del mercado es posible que las subvenciones no sean la mejor herramienta para mejorar el acceso. Por el contrario, la prestación de servicios a título privado puede cerrar la brecha si se formulan políticas para eliminar los obstáculos no económicos adoptando reglamentos habilitadores y creando un clima fiscal, empresarial y de inversión positivo centrado en fomentar la participación en el mercado. De este modo el sector privado puede cubrir la demanda existente sin tener que recurrir a las subvenciones dependiendo exclusivamente de los incentivos de mercado.

Por otra parte, algunas esferas pueden no resultar atractivas para la inversión del sector privado, quizá debido a las dificultades técnicas que entraña llevar la red existente a la localidad objetivo. Para tales casos la Herramienta de reglamentación de las TIC propone utilizar lo que denomina "subvenciones inteligentes", que son subvenciones puntuales que pueden animar a entidades explotadoras nuevas o existentes a prestar servicios en una zona determinada. Como ya se ha indicado, las subvenciones sirven principalmente para cubrir los gastos de capital de despliegue de una red que, de otra manera, serían prohibitivos, tras lo cual el operador puede seguir funcionando como de costumbre. Esas subvenciones son muy adecuadas en lugares donde las entidades comerciales consideren que el funcionamiento sería viable de no haber obstáculos técnicos que podrían vencerse o reducirse con una subvención puntual.

Por último, es improbable que algunas zonas sean en absoluto viables, al menos a corto o medio plazo. Suelen ser zonas remotas con población dispersa donde un operador comercial no podría recuperar sus gastos operativos. Esto se denomina en la Herramienta de reglamentación de las TIC una "verdadera brecha de acceso", donde la extensión de la conectividad se hace por el bien público y no por beneficios comerciales. Esas situaciones exigen un apoyo económico constante y recurrente, que puede adoptar la forma de una subvención recurrente total o parcial que ayude a la entidad explotadora a cubrir el coste de despliegue de su red hasta la localidad en cuestión.

³⁷ UIT, *ICT Regulation Toolkit*, Capítulo 4.1.3.3 (Market Gaps and Universal Access Policy).

Figura 22. Diferentes intervenciones para diversas brechas de acceso



Fuente: UIT, ICT Regulation Toolkit, véase la nota 42

2.4 Tecnologías de red de acceso comunes (inalámbricas)

En esta cláusula se comparan las diversas tecnologías de conectividad alámbricas e inalámbricas utilizadas para el despliegue de redes de acceso teniendo en cuenta diversos factores, incluidos los gastos de capital del despliegue, los gastos operativos, el abanico tecnológico y el caudal de ancho de banda. Dado que esta Guía de soluciones se centra principalmente en las posibles soluciones para conectar a las personas y localidades sin conexión, la comparación se centra en el despliegue concreto. No obstante, hay otros factores, como la relación entre las licencias comerciales y las tasas de espectro y el coste del despliegue de la tecnología subyacente, que influyen en el coste total de la propiedad de una red. Asimismo, las diferencias de gama y caudal en cada emplazamiento concreto influyen en el coste de la propiedad de redes de distinto tamaño.

Algunas redes ofrecen acceso del último kilómetro principalmente con tecnología celular. El acceso celular del último kilómetro implica la conexión de los dispositivos de los usuarios extremos directamente a las estaciones base, sin necesidad de puntos de conexión intermediarios. Es la tecnología de red de acceso que más utilizan los operadores que también ofrecen servicios de telecomunicaciones básicos. En este caso, los servicios de voz, SMS y datos se prestan mediante frecuencias radioeléctricas atribuidas y asignadas o subastadas a los servicios móviles.

La tecnología celular puede abarcar una zona extensa con una sola torre, aunque también es víctima de interferencias y la calidad puede disminuir con la distancia. Esto implica que los usuarios extremos con teléfonos inteligentes y otros dispositivos móviles con capacidad Internet pueden obtener conectividad en cualquier punto del radio de acción de la torre, incluso en movimiento. El principal inconveniente de la tecnología celular como tecnología de acceso es su coste. El despliegue de redes celulares también puede verse complicado por una topología difícil, que puede encarecer su utilización en emplazamientos remotos o terrenos escarpados, si no hacerla totalmente inviable.

Otro problema para la utilización de tecnologías móviles en el último kilómetro es la disponibilidad de los recursos de espectro adecuados y, cuando sí estén disponibles, de las licencias necesarias para las frecuencias radioeléctricas específicas. Sin bien los regímenes reglamentarios varían de una jurisdicción a otra, las frecuencias radioeléctricas móviles suelen

asignarse por subasta, lo que suele implicar que se asignan a grandes operadores de servicios completos. Aunque puede resultar difícil para las redes pequeñas que sólo ofrecen acceso del último kilómetro obtener las licencias necesarias para las frecuencias celulares, sobre todo si sólo dan servicio a una zona pequeña o base de usuarios reducida, hay MNO sin fines lucrativos que están surgiendo y demostrando su viabilidad. Una vez obtenidas las licencias nacionales correspondientes, no obstante, no se han de abonar más tasas a la hora de ampliar la cobertura.

El acceso fijo inalámbrico utiliza frecuencias radioeléctricas sujetas a licencia atribuidas a servicios fijos o bandas sin licencia (por ejemplo, Wi-Fi) para dar conectividad. Aunque también pueden utilizarse las bandas del servicio móvil, su utilización para el acceso fijo inalámbrico no recibirá más protección contra la interferencia que la otorgada a los usuarios móviles. La principal diferencia con el celular es que el acceso fijo inalámbrico está pensado principalmente para su recepción en un punto de acceso fijo inalámbrico, no directamente en los dispositivos de los consumidores. El radio de acción de una torre de acceso fijo inalámbrico es comparable al de una torre celular, pero se necesita un módem para transmitir la conectividad por Ethernet o Wi-Fi.

Un ejemplo de acceso fijo inalámbrico es WiMAX, una parte de la familia de tecnologías 3G que utiliza microondas para dar conectividad de un PdP a un punto de acceso. La tecnología de microondas utiliza frecuencias centimétricas o superiores para conectar radios dentro de la línea de visibilidad directa. Este último requisito es su principal inconveniente, pues una orografía montañosa o difícil puede impedir que las radios se conecten unas a otras. La necesidad de contar con un PdP cercano también puede limitar la aplicabilidad de las microondas; de no haber una estación de microondas conectada con fibra disponible en la línea de visibilidad directa, deberá construirse un radioenlace de microondas, lo que aumenta el coste del despliegue. Como tecnología inalámbrica, la utilización de radios de microondas está sujeta a la reglamentación del espectro radioeléctrico, que puede diferir en función de la jurisdicción en que se encuentre la red.

En aquellos lugares donde las opciones celulares, acceso fijo inalámbrico y microondas no sean viables, podrá recurrirse a la conectividad por satélite para ofrecer ancho de banda a una red de acceso. Esta tecnología depende de que los proveedores de ancho de banda de satélite den conexión a las comunidades más remotas. En función del tipo exacto de tecnología que se utilice, la conectividad por satélite puede desplegarse de manera rápida, sin tener que construir la costosa y técnicamente problemática infraestructura necesaria para otras tecnologías.

Hay diversos proveedores de satélite que ofrecen distintos niveles de servicio, utilizándose satélites GEO para las aplicaciones de gran ancho de banda y satélites MEO para los usuarios más pequeños, incluidas las redes de acceso del último kilómetro.

Aunque los satélites tienen sobre otras tecnologías la facilidad y velocidad de despliegue, su calidad de servicio es inferior a la de alternativas como la fibra, sobre todo en lo que respecta al ancho de banda y la latencia. Dependiendo de la tecnología de satélite concreta y de la banda utilizadas, la calidad también puede deteriorarse en función de las condiciones meteorológicas. La futura creación de grandes constelaciones de satélites LEO promete mejorar la calidad y asequibilidad de la conectividad por satélite.

Todas las tecnologías mencionadas, a excepción de la celular, exigen un módem o equipo en los locales del cliente similar para distribuir la conectividad a los dispositivos de usuario

extremo. Una opción inalámbrica para conectar a los usuarios es el Wi-Fi. Aunque es una tecnología de acceso inalámbrico, Wi-Fi utiliza frecuencias sin licencia, por lo que no necesita seguir el mismo proceso de aprobación reglamentaria que la opción celular. También se trata de una tecnología muy común, por lo que hay gran cantidad de encaminadores de consumo asequibles disponibles. Estos dos factores hacen del Wi-Fi una tecnología relativamente asequible de desplegar.

Sin embargo, dado que las bandas de frecuencias industriales, científicas y médicas que utiliza la tecnología Wi-Fi no están sujetas a licencia, estos sistemas deben aceptar la interferencia, no sólo de otros servicios, sino de sí mismos (congestión Wi-Fi), garantizando al mismo tiempo niveles de radiación mínimos.

Por consiguiente, la calidad de una conexión Wi-Fi puede ser muy variable al ser proclive a la interferencia. El alcance también es muy limitado: el alcance de un solo encaminador Wi-Fi medio es inferior en varios órdenes de magnitud al de una estación celular.

A nivel de red, sin embargo, hay maneras de superar esas limitaciones y de aprovechar la asequibilidad y facilidad de despliegue del Wi-Fi a mayor escala. Un método cada vez más popular entre las entidades explotadoras es utilizar encaminadores Wi-Fi en una arquitectura de red en malla donde cada encaminador se conecta a otro según las necesidades y obtiene conectividad del encaminador más cercano o del que tiene una conexión más fuerte.

Al utilizar una red en malla, la tecnología Wi-Fi puede dar servicio a una zona más amplia y es también más robusta, pues en una red en malla totalmente descentralizada no existen puntos de fallo individuales. No obstante, algunas redes en malla tienen una limitación importante, pues algunos encaminadores no pueden transmitir o recibir datos simultáneamente y la eficiencia de la red en general se reduce a medida que aumenta el número de encaminadores. Además, las redes en malla ofrecen una baja reutilización del espectro, pues sólo pueden utilizarse simultáneamente unos pocos canales no solapantes.

A pesar de esas limitaciones, las redes en malla Wi-Fi han logrado conectar con éxito a comunidades, aún en terrenos difíciles, haciendo que la tecnología Wi-Fi sea una opción todavía más atractiva para crear redes donde no hay infraestructura preexistente y otras tecnologías serían demasiado difíciles o caras de implantar.

En el Cuadro 17 se comparan someramente las tecnologías de red de acceso inalámbrica más comunes y en el Cuadro 18 se detallan las familias IMT y sus tecnologías.

Cuadro 17. Comparación de las tecnologías de red de acceso inalámbrica comunes *

Tecnología de red de acceso	Caudal/calidad de servicio potencial	Alcance	Gastos de capital para el despliegue de una red nueva	Gastos operativos	Infraestructura necesaria	Adaptación al despliegue rural	Requisitos de licencias de espectro	Tipo de dispositivo de acceso
Wi-Fi: 802.11	2 Mbit/s (a) a 10 Gbit/s (ax)	Cientos de metros	Bajos	Bajos	Encaminadores Wi-Fi	Sí, pero es necesaria la conexión al núcleo (satélite, microondas o fibra)	No hay licencias específicas, pero se han de cumplir las especificaciones técnicas de una "licencia global" en un régimen sin interferencia/sin protección	Teléfonos inteligentes, tabletas, computadoras con capacidad Wi-Fi
Móvil celular (2G, 3G, 4G, 5G)	0,1 – 1 000 Mbit/s	5 a 15 km	Medios a altos	Medios a altos	Torres y equipos radioeléctricos	Sí, pero es necesaria la conexión al núcleo (satélite, microondas o fibra)	Sí	Teléfonos, portátiles, computadores personales móviles celulares (mediante llave)
Acceso fijo inalámbrico (4G/ 5G)	20 – 1 000 Mbit/s	Hasta 10 km	Bajos a medios	Bajos	Torres y equipos radioeléctricos	Posible, en función de la viabilidad financiera y la demanda	En función de la reglamentación nacional	Módems Ethernet o Wi-Fi en los locales del cliente
Satélite (HTS GEO y MEO)	5 – 150 Mbit/s	Miles de km	Altos (para nuevos despliegues de satélites); bajos (para terminales de usuario extremo)	Bajos	Estación terrena, satélite, terminal de muy pequeña apertura	Sí	Sí	Terminal de muy pequeña apertura, módems Ethernet o Wi-Fi en los locales del cliente

Fuente: adaptado de varias fuentes, entre ellas la Unión Europea, Cisco, Huawei, la UIT, el Banco Interamericano de Desarrollo, el Banco Mundial y la Asociación de Operadores de Satélites EMEA (referencias técnicas enumeradas en el Anexo 2)

* Gracias al desarrollo de la 4G y la 5G, el caudal puede llegar hasta 1 Gbit/s.

Cuadro 18. Familias IMT

	IMT-2000	IMT-Avanzadas
Recomendación UIT-R	<p>UIT-R M.1457-14 (01/2019): Detailed specifications of the terrestrial radio interfaces of International Mobile Telecommunications-2000 (IMT-2000) (Especificaciones detalladas de las interfaces radioeléctricas terrenales de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales-2000 (IMT-2000))</p>	<p>UIT-R M.2012-4 (11/2019): Especificaciones detalladas de las interfaces radioeléctricas terrenales de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales-Avanzadas (IMT-Avanzadas)</p>
Principales criterios técnicos	1. Alto grado de homogeneidad del diseño en todo el mundo	1. Alto grado de homogeneidad de la funcionalidad en todo el mundo, conservando flexibilidad para soportar una amplia gama de servicios y aplicaciones de manera rentable
	2. Compatibilidad de los servicios entre las IMT-2000 y las redes fijas	2. Compatibilidad de los servicios entre las IMT y las redes fijas
	3. Alta calidad	3. Capacidad de interconexión con otros sistemas de acceso radioeléctrico
	4. Terminales pequeños para uso mundial	4. servicios móviles de alta calidad
	5. Capacidad de aplicaciones multimedios y una amplia gama de servicios y terminales	5. Equipos de usuario adaptados para su uso mundial
	6. Capacidad de itinerancia mundial	6. Aplicaciones, servicios y equipos de fácil utilización
		7. capacidad de itinerancia mundial
		8. Mayores velocidades de datos de cresta para soportar servicios y aplicaciones avanzadas (100 Mbit/s para movilidad alta y 1 Gbit/s para movilidad baja son los objetivos de los estudios (velocidades extraídas de UIT-R M.1645)

Cuadro 18. Familias IMT (continuación)

	IMT-2000		IMT-Avanzadas	
	Norma	Nombre comercial	Norma	Nombre comercial
Interfaces radioeléctricas reconocidas	1. Ensanchamiento directo AMDC IMT-2000	W-CDMA UMTS UTRA FDD, (familia UMTS/HSPA/LTE; 3GPP)	1. LTE-Avanzada	E-UTRA Versión 10 (familia LTE; 3GPP)
	2. Multiprotadora AMDC IMT-2000	CDMA 2000 UMB (3GPP2)	2. WirelessMAN-Avanzada	WiMAX IEEE 802.16m (familia WiMAX; IEEE)
	3. DDT AMDC IMT-2000	TD-CDMA UMTS UTRA TDD, E-UTRA TD (familia UMTS/HSPA/LTE; 3GPP)		
	4. Monoprotadora AMDT IMT-2000	UWC 136 (ATIS/TIA) EDGE (familia GSM)		
	5. AMDF/AMDT IMT-2000	DECT (ETSI)		
	6. OFDMA DDT WMAN IMT-2000	WiMAX IEEE 802.16-2012 (familia WiMAX; IEEE)		

Fuente: UIT

Cuadro 19. Comparación de las tecnologías de red de acceso alámbrica comunes

Tecnología de red de acceso	Caudal/calidad de servicio potencial	Alcance	Gastos de capital para el despliegue de una red nueva	Gastos operativos	Infraestructura necesaria	Adaptación al despliegue rural	Problemas regulatorios adicionales	Tipo de dispositivos de acceso
Fibra	100 – 1 000 Mbit/s	Cientos de km	Cables aéreos: bajos a medios	Medios	Torres, postes, armarios, equipos de red activos	A veces, si hay suficiente poder adquisitivo y densidad de población	Anexión de postes	Módem de fibra a dispositivos Ethernet o Wi-Fi
			Cables enterrados: medios a altos (excavación nueva)	Bajos a medios	Creación de conductos subterráneos, armarios, equipos de red activos	No	Derechos de paso	
Coaxial (cable)	hasta 200 Mbit/s	Hasta 100 km	Bajos a medios	Bajos a medios	Torres, postes, armarios, equipos de red activos	A veces, si hay suficiente poder adquisitivo y densidad de población	Anexión de postes	Módem de cable a dispositivos Ethernet o Wi-Fi
Cobre	0 a 24 Mbit/s (para ADSL, ADSL 2, ADSL 2+); 100 Mbit/s (para VDSL, VDSL2, Vectoring); 1 Gbit/s (G.Fast)	0,1 a 5 km	Bajos a medios	Bajos a medios	Torres, postes, armarios, equipos de red activos	A veces, si hay suficiente poder adquisitivo y densidad de población	Anexión de postes	Módem a dispositivos Ethernet o Wi-Fi

Fuente: adaptado de varias fuentes, entre ellas la Unión Europea, Cisco, Huawei, la UIT, el Banco Interamericano de Desarrollo, el Banco Mundial y la Escuela Europea de Antenas (referencias técnicas enumeradas en el Anexo 2)

2.5 Tecnologías de acceso alámbricas comunes

Las tecnologías de acceso alámbricas son la fibra, el cobre y el (cable) coaxial. El inconveniente de esas tecnologías es que su coste de despliegue por usuario es mayor, lo que hace su implantación problemática en lugares donde la densidad de usuarios no basta para lograr economías de escala. En el Cuadro 19 se resumen las tecnologías alámbricas comunes para el despliegue en el último kilómetro.

En lugares que ya disponen de redes de cobre heredadas o coaxiales, no obstante, la utilización de la infraestructura existente para ofrecer conectividad es relativamente fácil. El principal problema del acceso alámbrico son los temas técnicos, financieros y reglamentarios que se han de superar a la hora de implantar una nueva infraestructura.

Entre las tecnologías alámbricas, la fibra ofrece el mayor ancho de banda máximo. Además, en tanto que tecnología alámbrica, la fibra no necesita recursos de espectro y está, por tanto, exenta de ciertos requisitos de aprobación reglamentaria. Sin embargo, para implantar la fibra se necesita la aprobación de derechos de paso, de anexión a postes eléctricos y de enterramiento de conductos, entre otras cosas. La fibra puede resultar muy cara de implantar, sobre todo en zonas remotas o de población dispersa, o cuando la orografía es difícil.

Dado que la fibra debe llegar físicamente hasta el lugar deseado, al igual que otras tecnologías alámbricas (cobre /DSL y coaxial) puede encontrar problemas relacionados con los derechos de paso y otras obras de construcción necesarias. Esos problemas pueden ser más importantes todavía cuando la fibra se emplea exclusivamente para conectar a los usuarios mediante una arquitectura de red de fibra hasta el hogar (FTTH) o fibra hasta los locales. Por consiguiente, como ocurre con la tecnología celular, la fibra se adapta mejor a las zonas donde la densidad de usuarios es relativamente alta y las economías de escala pueden reducir el coste de despliegue por usuario.

La principal ventaja tanto del cobre como del cable coaxial es la existencia de redes heredadas en zonas en las que quizá aún no hay fibra. Allí donde la fibra normalmente alcanza velocidades de 1 000 Mbit/s, los cables coaxiales – comúnmente utilizados para servicios de TV por cable – generalmente alcanzan un máximo de 200 Mbit/s.³⁸ Por otra parte, una ventaja del cable coaxial es su alcance, que puede llegar a los 100 km antes de que la señal se deteriore y sean necesarios repetidores y otros equipos. Por el contrario, los hilos de cobre telefónicos tienen un alcance de entre 0,1 y 5 km (dependiendo de ciertas condiciones técnicas), mientras que una línea de fibra continua puede desplegarse por cientos de kilómetros antes de que la degradación de la señal suponga un problema.

En comparación con la fibra y el cable coaxial, el cobre tiene el alcance más limitado antes de necesitar otros equipos de red activos y suele ofrecer velocidades máximas más bajas, pues VDSL, VDSL2 y las tecnologías vectoriales sólo alcanzan 100 Mbit/s (aunque las relativamente infrecuentes redes de cobre G.Fast pueden lograr velocidades de 1 Gbit/s). El cobre es popular por ser muy común: las redes telefónicas alámbricas heredadas utilizan cables de cobre, lo que significa que en muchos lugares la infraestructura ya está disponible.

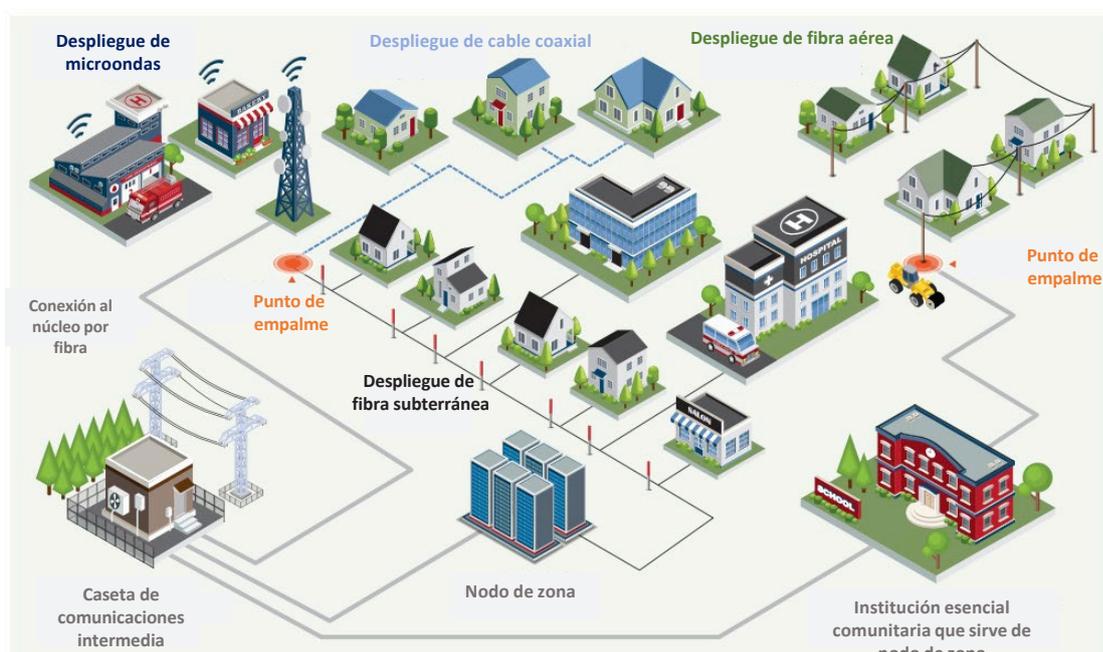
Este aspecto es importante, pues el coste de despliegue de fibra subterránea puede ser importante, aunque también pueden tirarse cables aéreos. Para la mayoría de tecnologías alámbricas, no obstante, el coste de despliegue y el alcance operativo son entre bajos y medios.

³⁸ Unión Europea, [Comparación de banda ancha alámbrica e inalámbrica](#).

Todas las opciones alámbricas exigen además diversos equipos de red activos, además de la infraestructura pasiva, a saber, torres, postes, armarios y conductos subterráneos. Una vez que la fibra, el cobre o el cable coaxial llega hasta los locales del usuario, se conectan a un módem que ofrece la conectividad por Ethernet o Wi-Fi.

Para todas las tecnologías alámbricas un obstáculo al despliegue rural es la ausencia de suficiente poder adquisitivo y la baja densidad de población de algunas comunidades. Si no se cumplen esos requisitos puede resultar difícil para las entidades explotadoras cubrir los costes de despliegue y explotación de la red. También la anexión a los postes puede dificultar (y encarecer) el despliegue de una red y garantizar los derechos de paso de conductos subterráneos es fundamental en el caso del enterramiento de los cables. En la Figura 23 se ilustran los despliegues alámbricos e inalámbricos.

Figura 23. Despliegues de red comunes



Fuente: Administración Nacional de Telecomunicaciones e Información de Estados Unidos, *Costs at-a-Glance: Fiber and Wireless Networks* (mayo de 2017)

* Se excluyen ciertas tecnologías de acceso como el satélite y la DSL

2.6 Explicación de las tecnologías de acceso comunes

2.6.1 Wi-Fi

Wi-Fi es el nombre que comúnmente se da a una serie de distintas tecnologías de acceso radioeléctrico basadas en el conjunto de normas IEEE 802.11, que se utilizan principalmente para la transmisión de datos por bandas de frecuencias del espectro sin licencia. Wi-Fi se utiliza habitualmente para redes de área local personales que conectan Internet a un punto de acceso Wi-Fi, que a su vez se conecta a los dispositivos de usuario extremo. Las redes en malla Wi-Fi también pueden desplegarse para conectar aldeas y comunidades en zonas mal abastecidas.

Wi-Fi es una tecnología de acceso del último kilómetro muy común y rentable. No sólo funciona en bandas de espectro que no necesitan licencia para su explotación (lo que reduce el coste

de despliegue y el de funcionamiento), sino que hay muchos dispositivos con capacidad Wi-Fi (teléfonos, portátiles, etc.) que, por tanto, pueden conectarse directamente a los puntos de acceso Wi-Fi. Una característica común de las redes del último kilómetro es la conexión de un punto de acceso de la localidad a la red de conexión al núcleo mediante fibra.

Wi-Fi funciona en frecuencias sin licencia, por lo que no necesita una licencia para operar si la administración ha liberado de licencia ese espectro. El espectro sin licencia permite a los usuarios utilizar cualquier tecnología con fines profesionales o recreativos en esas bandas (por ejemplo, LTE-U, MulteFire, NR-U, ZIGBEE, Bluetooth, juguetes teledirigidos, teclado/ratón inalámbrico). Que no esté sometido a licencia no siempre implica que el espectro no esté regulado. Algunas administraciones pueden imponer reglamentaciones adicionales (interior/exterior, punto a punto, potencia de transmisión limitada). Dado que el Wi-Fi está muy extendido, hay disponible una gran cantidad de encaminadores de consumo asequibles.

Esta tecnología se soporta en diversas bandas de espectro sin licencia o exentas de licencia³⁹: 2,4 GHz y 5 GHz.⁴⁰ Las frecuencias utilizadas dan al Wi-Fi un alcance potencial de cientos de metros para puntos de acceso de área local y decenas de kilómetros para la conexión punto a punto y punto a multipunto en función y con sujeción a las excepciones reglamentarias y la densidad del Wi-Fi y otros dispositivos en la misma banda sin licencia. La calidad de una conexión Wi-Fi puede así ser muy variable, pues es proclive a sufrir interferencias. El alcance también es muy limitado; el alcance de un único encaminador Wi-Fi medio es inferior en varios órdenes de magnitud al de una estación celular.

En tanto que norma evolutiva, ha habido varias versiones de Wi-Fi a lo largo de los años, cada una de ellas mejorando la velocidad de datos máxima. Las normas 802.11 (a), (b) y (g) iniciales, por ejemplo, que se utilizaron entre 1997 y 2003, contemplaban velocidades de entre 2 y 54 Mbit/s. La siguiente edición de la norma, 802.11n, ofrecía una velocidad de datos máxima de 600 Mbit/s, diez veces superior a la anterior. La más reciente norma 802.11ax, publicada en 2020 y denominada Wi-Fi 6, destaca no sólo por la mejora de la velocidad (de 6 900 Mbit/s para 802.11ac a 9 600 Mbit/s para 802.11x), sino también por su utilización de la banda de frecuencias de 6 GHz además de las bandas de 2,4 GHz y 5 GHz (véase el Cuadro 21).

Cuadro 20. Comparación entre varias generaciones de la tecnología Wi-Fi

Versión del protocolo IEEE 802.11	Año de despliegue	Banda(s) de frecuencias (GHz)	Velocidad de datos máxima (Mbit/s)
802.11ax ("Wi-Fi 6")	2020	2,4 GHz, 5 GHz, 6 GHz	9 600 Mbit/s
802.11ac	2014	5 GHz	6 900 Mbit/s
802.11n	2009	2,4 GHz y 5 GHz	600 Mbit/s
802.11 (a), (b), (g)	1997 - 2003	2,4 GHz y 5 GHz	2 Mbit/s a 54 Mbit/s

Una de las grandes ventajas de Wi-Fi es que combina un coste por dispositivo bajo, un coste nulo por la utilización del espectro, tecnologías y hardware modulares y un ecosistema maduro con muchos fabricantes. El resultado es que los diseños de topografía de red de los

³⁹ Además, las bandas sin licencia no son exclusivas, sino que se comparten con otros servicios primarios/ secundarios y dan pie a una utilización oportunista del espectro.

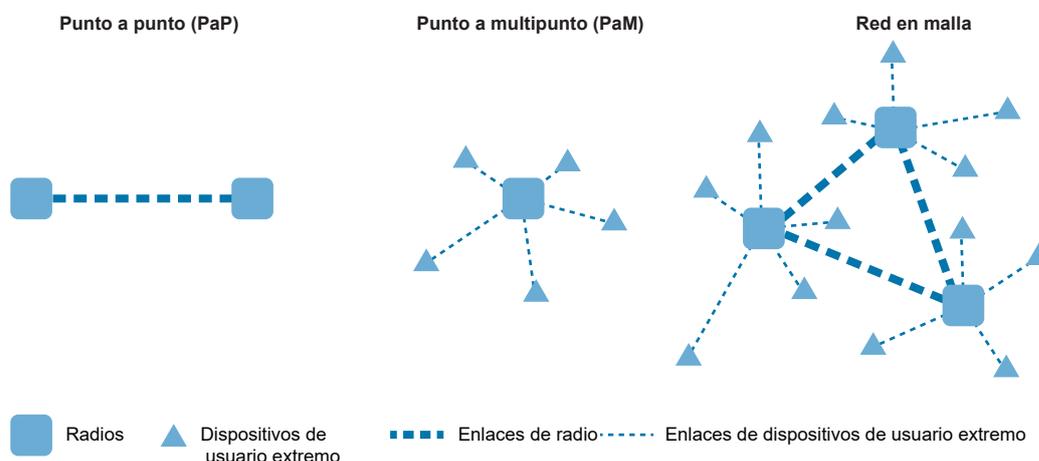
⁴⁰ En algunas regiones, como Estados Unidos, la banda de 6 GHz se está atribuyendo al Wi-Fi 6.

despliegues son muy amplios, pues pueden poner en malla los puntos de acceso mediante enlaces punto a punto y punto a multipunto.

Algunas de las tipologías de red Wi-Fi son: árbol, donde todo el tráfico se agrega jerárquicamente hacia el origen; anular, donde cada nodo se conecta a otros dos nodos; malla, donde cada nodo se conecta a varios nodos para lograr la redundancia, y estrella, donde cada nodo se conecta a un nodo central (véase la Figura 24).

La versatilidad de Wi-Fi, combinada con su bajo coste y facilidad de despliegue, lo convierten en una opción atractiva en lugares donde pueden faltar conocimientos técnicos y se supone que los usuarios deban proceder ellos mismos a la actualización básica de la red. Wi-Fi también funciona bien con otras tecnologías como última capa para conectar, por ejemplo, la fibra o las microondas a los dispositivos de usuario extremo.

Figura 24. Ejemplos de topologías de red Wi-Fi *



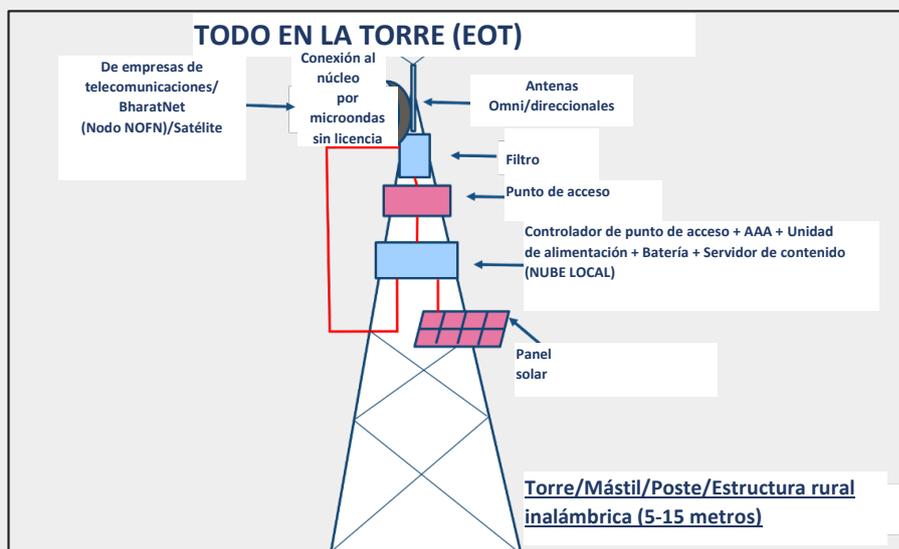
* Pueden encontrarse otras topologías de red en <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/network-and-topology>

Recuadro 3. Estudio de caso: red de acceso Wi-Fi (India)

En India, Bluetown ha comunicado su funcionamiento como proveedor de servicio de puntos de acceso gestionados en zonas rurales en asociación con BSNL en Jharkhand, estado oriental de India. Con la conexión al núcleo de BSNL, Bluetown dice haber implantado puntos de acceso Wi-Fi en más de 782 emplazamientos distantes de zonas rurales de todo Jharkhand como parte de una mejora del servicio en lugares que previamente sólo disponían de acceso 2G.

El modelo comercial se basa parcialmente en la recomendación de la Autoridad de Reglamentación de las Telecomunicaciones de India de modelo no regulado, donde un agregador (agregador de oficinas de datos públicas) puede facilitar la infraestructura Wi-Fi del último kilómetro y los pequeños empresarios implantan oficinas de datos públicas en zonas locales para el acceso de los usuarios. El agregador de oficinas de datos públicos facilitará que múltiples oficinas de datos públicos ofrezcan servicios Wi-Fi públicos sin necesidad de licencia de telecomunicaciones, pues ejercerán principalmente como revendedor de PSI.

La banda ancha se proporciona en esas zonas rurales a través de un proveedor de servicio de puntos de acceso gestionados (MHSP), que, en asociación con el PSI/telecomunicaciones, instala equipos que gestionará el Empresario de la aldea (VLE). El VLE, como franquiciado del MHSP, ejerce de único punto de contacto para todos los productos y servicios relacionados con la banda ancha. Recibe formación básica del MHSP para el mantenimiento periódico y la explotación de la infraestructura de puntos de conexión y ofrece Wi-Fi para que los aldeanos puedan acceder a servicios de banda ancha asistidos. El VLE también es responsable de la alfabetización digital y de la prestación de servicios de banda ancha asistidos (como el gobierno-e) a la población rural. El VLE utilizará la infraestructura Wi-Fi para generar ingresos mediante otras actividades (como la carga de móviles, la venta de billetes de tren, la consulta de los precios de mercado de las cosechas y la asistencia para transacciones comerciales, la banca-e rural, la prestación de atención médica desde centros sanitarios urbanos, etc.).



En la actualidad, Bluetown ofrece los siguientes planes:

Planes de pre-pago	Descarga ofrecida (en GB)	Periodo de validez del plan	Cuantía (INR)	Cuantía (aproximada en USD)
PLAN 1	30	28 días	69	1
PLAN 2	7	7 días	39	0,5
PLAN 3	2	2 días	19	0,25

Coste por GB: el coste medio de la conectividad en banda ancha asciende a 1 USD por 30 GB, es decir, 0,03 USD por GB

Fuente: contribución directa de Satya N. Gupta (Bluetown India)
 Véase también <http://saamcorp advisors.com/assets/convert ing-unemployment-into-intrapreneurship-through-rural-wi-fi-hotspots.pdf>

2.6.2 Móvil

La adopción de las tecnologías móviles por miles de millones de personas en todo el mundo ha sido muy rápida y ha dado lugar al "milagro móvil" en África y Asia. Hoy en día hay más de cinco mil millones de usuarios móviles celulares, haciendo que esta tecnología sea, si no la más aceptada, una de las tecnologías digitales más aceptadas en todo el mundo. La gran mayoría de la población mundial seguirá conectándose a Internet mediante tecnologías móviles.

Con celular se denominan las generaciones de tecnología adoptadas gracias a los teléfonos móviles. La tecnología móvil celular ofrece un ecosistema maduro con numerosos fabricantes de dispositivos, tecnologías y hardware modulares y zonas de cobertura más amplias que las de Wi-Fi (y con mayor potencia de salida). Esta tecnología utiliza diversas bandas sujetas a licencia atribuidas a los servicios móviles y asignadas a los operadores celulares, generalmente por subasta, concurso y/o por decreto administrativo. Una única torre puede dar cobertura a una zona de decenas de kilómetros de radio, pero también sufrir interferencia y otras limitaciones técnicas.

Una ventaja singular de la tecnología móvil celular es la asequibilidad y la gran disponibilidad de dispositivos de acceso en forma de teléfonos móviles. La tecnología ha ido evolucionando con el tiempo y cada generación mejora la calidad de servicio. La primera generación de la tecnología celular (1G) era íntegramente analógica y sólo ofrecía comunicación vocal. Con la llegada de las tecnologías 2G (GSM, AMDC, AMDT), los usuarios extremos pudieron acceder a la mensajería de datos (SMS) con velocidades ascendentes y descendentes de cresta de 14,4 Kbit/s (véase en el Cuadro 21 una comparación de las características de las distintas generaciones de la tecnología celular).

En su tercera generación completa (3G-3.5G, que comprende UMTS, W-CDMA, EV-DO, HSPA, HSPA+, DC-HSDPA), la tecnología móvil celular estaba plenamente preparada para acomodar la utilización de los datos, incluidas aplicaciones como la difusión en flujo continuo de vídeo y la navegación Internet. Esta generación de la tecnología ofrecía velocidades descendentes de hasta 42 Mbit/s y ascendentes de 22 Mbit/s. Era evidente que los datos era el camino correcto

y las mejoras de las tecnologías celulares hicieron posible la revolución de los teléfonos inteligentes y otros dispositivos permanentemente conectados.

La relación entre la evolución de las tecnologías celulares y los patrones de uso de los datos también fue en el otro sentido. Con la llegada de la 4G (IMT-Avanzadas: LTE Avanzada, Wi-Max Avanzado), las tecnologías celulares abrazaron los datos y el IP como paradigma global. La 4G puede describirse como la "evolución de la banda ancha de datos móviles" al ofrecer velocidades muy superiores a las de la generación anterior y facilitar la transición de los servicios tradicionales (como la voz) a una plataforma IP (como la voz por LTE (VoLTE)).

Cuadro 21. Comparación de diversas generaciones de la tecnología celular*

Generación	Descripción	Tecnologías	Velocidades de datos descendentes de cresta	Velocidades de datos ascendentes de cresta
5G	Velocidades de datos muy altas, retardo (latencia) muy bajo	IMT-2020: evaluaciones tecnológicas en curso	20 Gbit/s	10 Gbit/s
4G (LTE Avanzada, Wi-Max Avanzado)	Evolución de la banda ancha de datos móviles, alta velocidad, basada en IP	IMT-Avanzadas: LTE Avanzada, Wi-Max Avanzado	1 Gbit/s	500 Mbit/s
3G	Voz y datos (vídeo y navegación Internet)	IMT-2000: UMTS, W-CDMA, EV-DO, HSPA, HSPA+, DC-HSDPA, WiMAX	384 Kbit/s a 42 Mbit/s	63 Kbit/s a 22 Mbit/s
2G	Voz y datos (SMS); digital	GSM, CDMA, TDMA	14,4 Kbit/s	14,4 Kbit/s
1G	Señales radioeléctricas analógicas, sólo voz (no SMS)	NMTS, AMPS, TACS	n/a	n/a

Fuentes: varios

* Las velocidades se basan en los máximos de las normas técnicas.

El análisis de la zona de cobertura ofrece información de peso sobre hasta qué punto las especificidades de un despliegue influyen en el nivel final de calidad de funcionamiento de la red. Las zonas de cobertura de distintos despliegues de tecnología celular dependen de una amplia gama de factores, entre ellos la banda de espectro utilizada (véase el Cuadro 22), la altura de la torre radioeléctrica, la potencia eléctrica/amplificación de las señales radioeléctricas (tanto en los dispositivos transmisores como receptores) y las condiciones medioambientales (como la presión atmosférica y la humedad).

Por ejemplo, de acuerdo con la GSMA, en el caso de los despliegues rurales, las zonas de cobertura difieren en función de la altura de la torre, siendo todos los demás factores

constantes:⁴¹ una torre de más de 30 m de altura puede dar cobertura a una zona amplia (8-15 km), mientras que el radio de cobertura de las torres de entre 12 y 30 m de altura será de apenas entre 4 y 8 km. Soluciones dedicadas con torres de entre 9 y 19 m de altura pueden, por su parte, transmitir señales en zonas de entre 2 y 4 km de radio. Gracias a soluciones innovadoras de área ultraamplia que se están diseñando, como las HAPS, y que pueden utilizarse tanto para la conexión al núcleo como para el acceso del último kilómetro, podrían lograrse zonas de cobertura de entre 500 y 2 000 km.⁴²

Por tanto, las cifras máximas de calidad de funcionamiento indicadas para cada tecnología celular en el Cuadro 21 deben considerarse teniendo presente que la calidad de funcionamiento real puede ser distinta de los límites técnicos superiores de la tecnología. Para analizar las ventajas e inconvenientes de una tecnología celular dada para su despliegue, es necesario tener una buena comprensión de las características técnicas y medioambientales de la red.

La tecnología celular puede dar cobertura a una zona amplia con una sola torre, aunque también puede sufrir interferencias y la calidad puede disminuir con la distancia. Esto implica que los usuarios extremos con teléfonos inteligentes y otros dispositivos móviles con capacidad Internet pueden obtener conectividad en cualquier punto dentro del alcance de la torre, incluso en movimiento. El principal inconveniente de la tecnología celular como tecnología de acceso es su coste de implantación, como el de la infraestructura de torres, pues el precio de las estaciones base oscila entre 20 000 y 100 000 USD. El despliegue de redes celulares también puede complicarse a causa de la topografía, que puede encarecer drásticamente la utilización de la tecnología celular en lugares remotos o terrenos escarpados, si no hacerlo directamente inviable. Para comparar despliegues de red con diversas tecnologías se ha de hacer una comparación del coste total teniendo en cuenta diversos factores, como la zona de cobertura total, el número de estaciones base radioeléctricas necesarias y la conexión al núcleo. Gracias a acuerdos de compartición de infraestructuras entre MNO se puede reducir el coste de ampliación y densificación de sus redes.

⁴¹ Handforth, op. cit., nota 3.

⁴² Google Loon es un ejemplo de HAPS utilizada como solución de cobertura del último kilómetro directa para los dispositivos.

Cuadro 22. Zona máxima de cobertura por frecuencia radioeléctrica (MHz) con LTE*

Frecuencia (MHz)	Radio de la célula (km)	Zona de cobertura (km ²)	Número relativo de células (en comparación con las características a 450 MHz)
450	48,9	7 521	1
850	29,4	2 712	2,8
950	26,9	2 269	3,3
1 800	14,0	618	12,2
1 900	13,3	553	13,6
2 500	10,0	312	24,1

Fuente: J. Bright, [LTE450](#) (presentación de diapositivas en LTE450 Global Seminar 2014) (Ovum, 2014)

* Comparación teórica de la cobertura de una estación base con distintos anchos de banda en terreno plano con amplificador en torre y repetidor a 60 m sobre el nivel del suelo, sin interferencia. Puede alcanzarse la zona de cobertura máxima cuando el criterio principal es la propagación de las ondas y no la carga de tráfico.

Recuadro 4. Despliegues de red celular del último kilómetro (Africa Mobile Networks)

Africa Mobile Networks (AMN) es un ejemplo de despliegue celular en zonas rurales y remotas destinado a dar servicio a comunidades con población dispersa. AMN es principalmente un operador de conectividad como servicio (véase 2.3.2) y trabaja en asociación con MNO como Orange y MTN en toda África. Implanta la infraestructura activa y pasiva necesaria para explotar redes móviles en nombre de sus MNO socios de acuerdo con un modelo de compartición de ingresos y gastos operativos (donde el operador abona a AMN una tasa fija en lugar de un porcentaje de los ingresos). En la actualidad explota unos 2 000 emplazamientos en Camerún, la República del Congo, la República Democrática del Congo, Guinea Bissau, Guinea, Liberia, Nigeria y Zambia, y tiene previsto implantarse en Sudán y Sudán del Sur en 2020.

AMN ofrece servicios comerciales a comunidades remotas con escasa población asentada (500 a 5 000 personas) y un ARPU bajo (1,20 USD).

La infraestructura típica implantada comprende una torre de 9,5 m, que es un monopolo más una antena, o una torre reticular de 20 m, ambas dotadas de equipos radioeléctricos 2G, 3G y 4G. todos los emplazamientos están alimentados por energía solar y una batería, se mantienen activos durante el 99,8 por ciento o más del tiempo a lo largo de todo el año, y utilizan para la conexión al núcleo sobre todo terminales de muy pequeña apertura (hay algunos que utilizan conexión al núcleo por microondas).



Despliegues en pequeñas zonas remotas de AMN que suelen dar servicio a poblaciones de unos 1 000 habitantes. Las zonas de cobertura oscilan entre 1,5 y 3 km para las torres de 12 m y entre 3,5 y 7 km para las torres de 20 m, en función del terreno.

Fuente: Africa Mobile Networks, AMN Overview, publicado en LinkedIn, enero de 2017

Fuentes adicionales:

<http://www.africamobilenetworks.com/>

<https://media-exp1.licdn.com/dms/document/C4E1FAQF7O-xfEKuMvw/feedshare-document-pdf-analyzed/0?e=1592272800&v=beta&t=Za7bDiqlc1BtlC9GtXY8n5EdVfLHTkQNJVO4ghA2-Jc>

2.6.3 Fibra óptica

La tecnología de fibra óptica transporta el grueso del tráfico de datos IP mundial: el 99 por ciento del tráfico Internet transfronterizo internacional por cables de fibra terrenales y submarinos.⁴³ En el contexto de la conexión al núcleo, el precio de la fibra por capacidad la hace una de las tecnologías de conectividad más rentables.

La fibra también se está utilizando cada vez más para redes de acceso, pues es más barata y menos compleja de instalar. Generalmente se lleva directamente hasta los locales del cliente o hasta un armario cercano en un barrio (donde se utiliza el cobre u otra tecnología inalámbrica para cubrir los últimos metros).

La fibra ofrece diversas ventajas: alta calidad de funcionamiento, elevada capacidad de datos y bajas tasas de errores de transmisión. Sin embargo, sigue siendo una tecnología de acceso relativamente cara. Aunque su despliegue aéreo puede en cierta medida reducir el coste del último kilómetro, la instalación subterránea sigue siendo onerosa, sobre todo en zonas sin infraestructura pasiva.

Al combinarse con el coste de los equipos de red activos necesarios para su despliegue, la tecnología de fibra puede resultar prohibitiva en ciertos lugares, reduciendo su adecuación. Dado que el coste de las obras necesarias para su implantación aprovecha en gran medida las economías de escala, la fibra se adapta mejor a zonas densamente pobladas donde puede llegarse a múltiples usuarios de una sola vez.

El coste del despliegue de la conexión al núcleo por fibra puede ser muy variable y depender en gran medida de las obras necesarias y del coste que entraña cumplir con la reglamentación. Un examen de un programa gubernamental de financiación pública de Estados Unidos para el despliegue intermedio revela que el coste medio por milla de fibra es muy variable, oscilando desde 65 millones USD para las 10 000 millas de fibra más rentables hasta 820 millones USD para las 10 000 millas menos rentables, es decir, desde 6 500 USD para la milla más rentable hasta 82 000 USD para la milla menos rentable.⁴⁴ Al estimar el coste estructural del despliegue de fibra, de media alrededor de 45 por ciento de las operaciones de red están directamente relacionadas con el coste de despliegue (recuperación de gastos de capital), lo que demuestra que su importancia para el capital.

Los costes de despliegue y los problemas de coordinación son los principales impedimentos a la instalación de cables de fibra óptica, sobre todo en zonas rurales. Estos problemas pueden superarse con fibra aérea mediante anexión a postes telefónicos o eléctricos, aunque en algunos casos puede resultar difícil obtener la necesaria aprobación reglamentaria o llegar a concluir acuerdos comerciales. En ciertas jurisdicciones pueden adoptarse políticas que faciliten el despliegue de la fibra (por ejemplo, política de "una excavación"⁴⁵, facilitación de los derechos de paso⁴⁶, o decretos y ordenanzas de anexión a postes *One-Touch Make-Ready*⁴⁷).

⁴³ NEC, *Secrets of Submarine Cables - Transmitting 99 percent of all international data!*

⁴⁴ S. Wallsten y L. Gamboa, *Public Investment in Broadband Infrastructure: Lessons from the U.S. and Abroad* (Instituto de Política Tecnológica, junio de 2017).

⁴⁵ Comisión Federal de Comunicaciones, *Model Code for Municipalities. Federal Communications Commission Broadband Deployment Advisory Committee Model Code for Municipalities Working Group* (Proyecto 7/19/18).

⁴⁶ OCDE, *Public Rights of Way for Fibre Deployment to the Home*, OECD Digital Economy Papers, No. 143 (OECD Publishing, Paris, 2008).

⁴⁷ Véase https://en.wikipedia.org/wiki/One_Touch_Make_Ready.

Dicho esto, la fibra puede abarcar una zona extensa, pues la tecnología misma tiene un alcance de cientos de kilómetros. Otra ventaja de la fibra es su elevadísima capacidad: una sola hebra de fibra óptica puede transportar suficiente ancho de banda para cubrir las necesidades de múltiples usuarios. Dado que los cables de fibra óptica mismos (denominados fibra oscura) son una tecnología pasiva, se benefician de los mismos avances de las tecnologías de red activas, de manera que el mismo cable puede utilizarse para prestar servicios progresivamente más rápido a más usuarios.

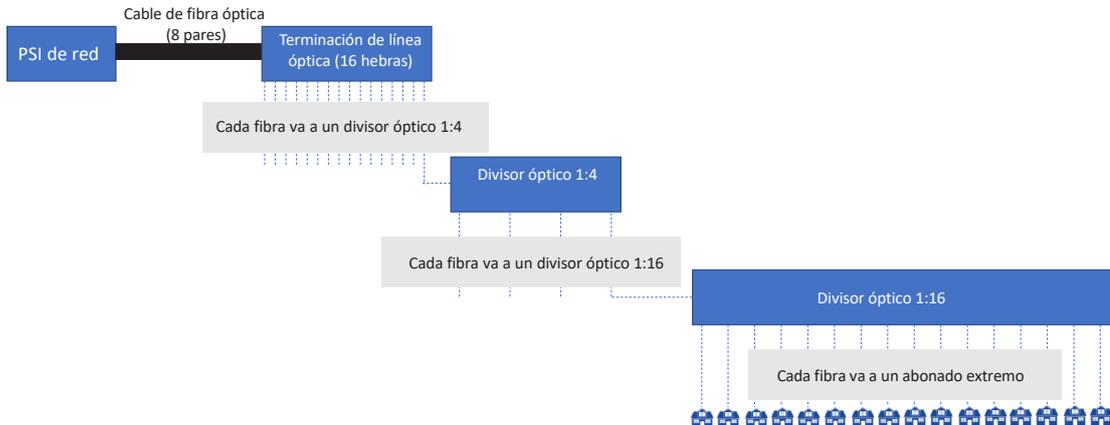
Por ejemplo, gracias a la multiplexación por división de onda la capacidad de la fibra óptica puede aumentarse constantemente utilizando múltiples frecuencias luminosas. La tecnología de red óptica pasiva, sobre todo en su versión gigabit (GPON), se utiliza cada vez más para llevar la tecnología de fibra óptica a los locales del usuario extremo (residenciales o profesionales) de manera más asequible, pues los equipos de red activos sólo llegan a una central. En lugar de desplegar equipos activos para llevar la conexión a cada usuario, una red puede utilizar una serie de divisores ópticos para llevar el ancho de banda de una central a múltiples emplazamientos. Gracias a este método, con un solo cable de fibra óptica con ocho pares de hebras (es decir, un total de 16 hebras de fibra óptica) se puede dar servicio a hasta 1 024 abonados, lo que facilita la realización de las economías de escala necesarias para la viabilidad comercial y reduce el coste del acceso para los usuarios extremos (véase la Figura 25).

Combinando las mejoras de la tecnología de fibra con políticas que reduzcan el elevado coste de las obras de construcción necesarias para el despliegue de la fibra se pueden lograr despliegues más asequibles hasta en localidades en desarrollo. En varios mercados emergentes, los PSI ofrecen servicio FTTH a niveles ARPU, notablemente inferiores a los de los países desarrollados, lo que demuestra la asequibilidad de los servicios de alto caudal. Como ejemplo de ofertas de servicio de gran ancho de banda asequibles de PSI en mercados emergentes puede citarse el del Grupo de Correos y Telecomunicaciones de Viet Nam, empresa pública nacional de telecomunicaciones y correos que ofrece servicios de fibra en el bucle por un ARPU mensual de sólo 8,70 USD.⁴⁸ Por otra parte, WorldLink, el mayor proveedor de servicios Internet y de red de Nepal, ofrece fibra en el bucle por un ARPU de 10 USD.⁴⁹

⁴⁸ J. Brewer et al., *From Analog to Digital - Philippine Policy and Emerging Internet Technologies* (The Asia Foundation, octubre de 2018).

⁴⁹ Entrevistas directas con PSI de [Connectivity Capital](#), fondo de inversiones y proveedor de capital de deuda.

Figura 25. Cómo una red de fibra óptica pasiva GB de 16 hebras puede dar servicio a 1 024 abonados



Fuente: adaptado de J. Brewer *et al.*, nota 53

Recuadro 5. Despliegues de fibra óptica en comunidades rurales (España)

Guifi.net es una red de telecomunicaciones de acceso abierto basada en un modelo comunitario iniciada en 2004 en la comarca de Osona en Cataluña, España, para paliar la ausencia de banda ancha en zonas rurales ante el desinterés de los operadores tradicionales por prestar servicio. Hoy en día Guifi.net posee más de 30 000 nodos activos a través de más de 68 000 km de enlaces (inalámbricos y de fibra). En 2009 la red empezó a desplegar fibra óptica en zonas rurales en el marco de la iniciativa de banda ancha Fibre From the Farms. Gracias a la implicación activa de la comunidad la red consiguió reducir el coste de despliegue de fibra por kilómetro.



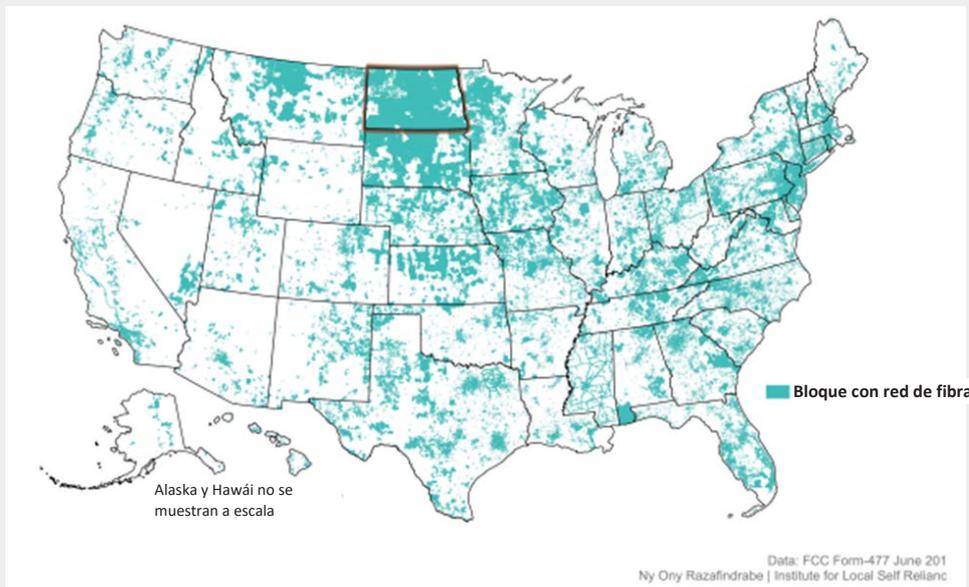
Ejemplo de despliegue de fibra óptica aérea de Guifi.net

Fuente: presentación de Ramón Roca, 14 de noviembre de 2019

Recursos adicionales: <https://guifi.net/> y <https://en.wikipedia.org/wiki/Guifi.net>

Recuadro 6. Despliegue de fibra óptica en comunidades rurales (Estados Unidos)

En Estados Unidos las redes cooperativas municipales y rurales del estado de Dakota del Norte son líderes del despliegue de redes de fibra óptica para alcanzar comunidades residentes en zonas rurales y remotas. Esto ha podido hacerse gracias a la cooperación entre pequeñas centrales telefónicas rurales y la inversión de fondos federales en infraestructura de banda ancha. Hoy en día, más del 75 por ciento de la población rural del estado tiene acceso a la fibra (cuando a nivel nacional sólo lo tiene el 20 por ciento de la población rural) y más del 80 por ciento del estado tiene cobertura de redes de fibra.



Acceso a redes de fibra por bloques censales (junio de 2019) (perímetro de Dakota del Norte destacado en la imagen)

Fuente: K. Kienbaum et al., *How Local Providers Built the Nation's Best Internet Access in Rural North Dakota* (Institute for Local Self-reliance, mayo de 2020)

2.6.4 Satélite

La tecnología de satélite es una tecnología madura que cada vez se utiliza más para la comunicación de datos por Internet. En la actualidad hay más de 775 satélites de comunicaciones orbitando alrededor del planeta y esta tecnología es particularmente útil para llegar a zonas suburbanas, rurales, remotas y muy remotas que están fuera del alcance de otras infraestructuras de comunicaciones.⁵⁰

La conectividad por satélite se emplea en muy distintas situaciones para soportar la conectividad del último kilómetro, por ejemplo, conexión al núcleo móvil, Wi-Fi y banda ancha de satélite a los locales directa. Los satélites suelen agruparse en tres categorías: GEO, MEO y LEO (véase en el Cuadro 23 una comparación de las características de GEO, MEO y LEO).

Los satélites GEO orbitan en el lugar más lejano de la atmósfera, a una altitud de 35 786 km, en una posición fija con respecto a un punto del suelo. Su altura implica que los datos transmitidos desde y hacia el satélite tienen una latencia relativamente elevada, siendo la latencia de ida y vuelta media de 477 ms. Sin embargo, por su posición, se necesitan pocos satélites GEO para cubrir toda la Tierra, bastando tres satélites para lograr una huella casi global. Gracias a grandes haces de satélite de gran capacidad, HTS y VHTS GEO pueden alcanzar velocidades de hasta 1 terabit por segundo.⁵¹ Dado que su coste oscila entre 100 y 400 millones USD por satélite, los satélites GEO son los más caros de desplegar. Ese coste se compensa parcialmente gracias a una larga vida útil efectiva, pues cada satélite puede prestar servicio durante 15 a 20 años.

Los satélites MEO se encuentran entre los satélites LEO y GEO a unos 2 000 km del suelo. Esto mejora notablemente la latencia, pues la latencia de ida y vuelta a los satélites MEO más cercanos es de unos 27 ms. El inconveniente es que, al ser menor su altura, se necesitan más satélites para lograr una huella global, entre 5 y 30 satélites, dependiendo de su altitud. El coste de los satélites MEO oscila entre 80 y 100 millones USD cada uno, con una vida útil efectiva de entre 10 y 15 años.

Los satélites LEO son una nueva categoría de satélites que promete ofrecer servicios a los usuarios con una latencia baja comparable a la de las tecnologías terrestres. En órbita a unos 160 km del suelo, los satélites LEO pueden ofrecer una latencia de ida y vuelta de apenas 2 ms y un caudal de hasta 70 Gbit/s por satélite.⁵² Si bien el coste de los satélites LEO es inferior al de los satélites GEO y MEO - desde 45 millones USD hasta apenas 500 000 USD cada uno - el coste total de una constelación de satélites LEO puede ser importante, pues se necesitarán cientos o miles de satélites para lograr una cobertura global dado el menor tamaño de sus haces. También se han de tener en cuenta otros parámetros adicionales, como los costes de los terminales y las pasarelas, y que posiblemente los satélites tengan una vida útil relativamente más corta, pues se prevé que cada satélite esté en servicio entre 5 y 10 años nada más. Los satélites LEO son una tecnología prometedora para aplicaciones que necesitan una latencia muy baja y para prestar servicio a zonas sin infraestructura preexistente.

⁵⁰ ITU/UNESCO Broadband Commission for Sustainable Development, *The State of Broadband 2019. Broadband as a Foundation for Sustainable Development* (Geneva, 2019).

⁵¹ Viasat, *Going Global*.

⁵² E. Ralph, *SpaceX says upgraded Starlink satellites have better bandwidth, beams, and more* (blog post, Teslarati, 12 de noviembre de 2019).

Cuadro 23. Características de los satélites GEO, MEO y LEO

Categoría de satélites	Altitud	Periodo orbital	Latencia (ida y vuelta)	Número de satélites para cobertura global	Coste por satélite	Vida útil efectiva del satélite
GEO	35 786 km	24 horas	aprox. 477 ms	3*	Aprox. entre 100 y 400 millones USD	15 a 20 años
MEO	2 000 a 35 786 km**	De 127 minutos a 24 horas	aprox. De 27 a 477 ms	5 a 30 (dependiendo de la altitud)	aprox. entre 80 y 100 millones USD	10 a 15 años
LEO	160 a 2 000 km	De 88 minutos a 127 minutos	aprox. De 2 a 27 ms	Cientos o miles (dependiendo de la altitud)	aprox. de 500 000 a 45 millones USD	5 a 10 años

Fuente: varios autores (véase el Anexo 2)

* Excluidas las zonas en latitudes altas, es decir, los círculos polares.

** En teoría. En la práctica, de 5 000 a 20 000 km.

Para utilizar los satélites se necesita acceso a recursos de espectro sujetos a licencia, pues las tecnologías de satélite operan en bandas de frecuencias que se les atribuyen específicamente. La gran ventaja de los satélites es su muy amplia zona de cobertura, estando disponible el servicio siempre que haya visibilidad directa entre el satélite y una estación situada en cualquier punto de la huella del satélite. La conectividad por satélite ofrece una cobertura mundial, incluso en zonas suburbanas, rurales y aisladas. A pesar de ello, las soluciones híbridas y de acceso directo a la banda ancha de satélite no son muy comunes en todos los continentes y siguen siendo relativamente desconocidas. En algunos continentes están bastante avanzadas, en otros aún están en desarrollo.

Para el acceso del último kilómetro, los terminales de muy pequeña apertura para los locales del usuario extremo son relativamente baratos, sobre todo cuando la reglamentación es favorable y no pone obstáculos como elevadas tasas de licencia para el servicio por satélite o derechos de importación para los equipos.⁵³ Sin embargo, el precio del ancho de banda de satélite puede ser superior al de otras alternativas y la disponibilidad de ese ancho de banda estar mucho más limitada, sobre todo en comparación con la fibra. Los satélites mismos son muy caros y para desplegar nuevas redes por satélite se necesita una importante inversión de capital, incluso para el satélite, su lanzamiento y la estación central en tierra.

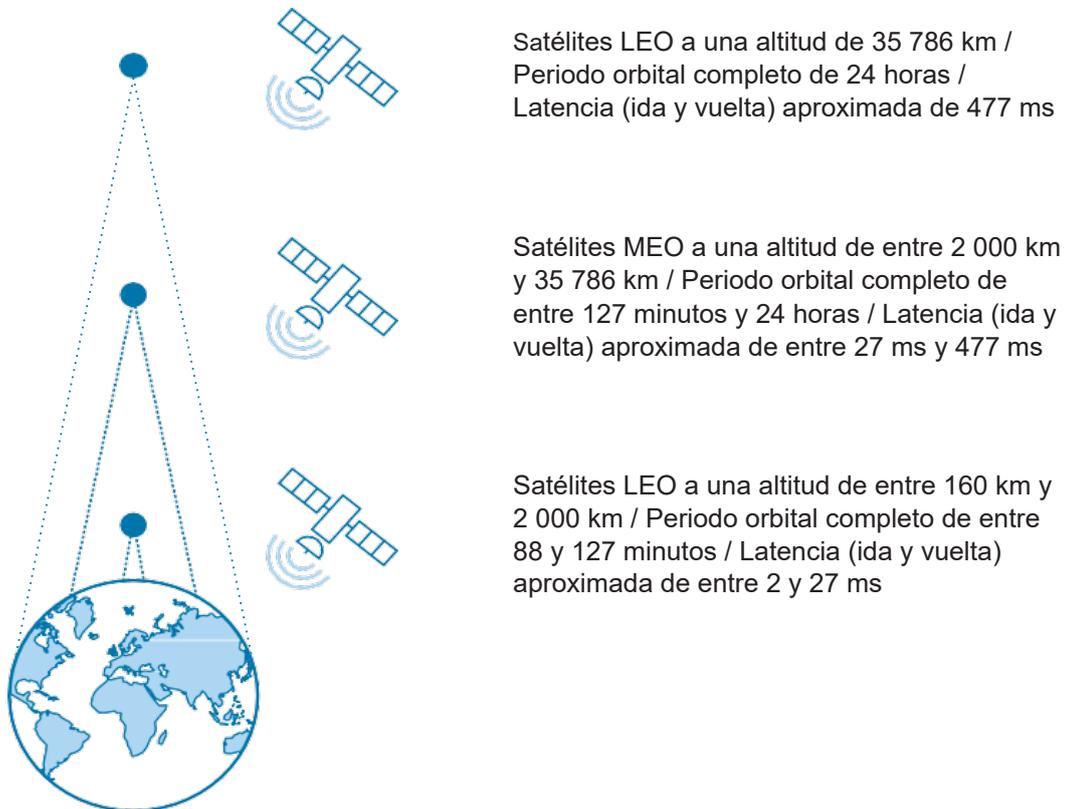
Dada la importante inversión de capital necesaria, los proyectos de construcción y lanzamiento de satélites suelen ser ejecutados por operadores de satélites privados. Algunos países pueden considerar rentable utilizar esa capacidad existente, mientras que otros considerarán más económico utilizar capacidad de satélites propia para cerrar la brecha digital. Los costes de producción y lanzamiento de satélites de todo tipo van a la baja.

Al mejorar la tecnología de satélites, las velocidades de datos aumentan en la próxima generación de satélites GEO (HTS), los nuevos satélites MEO y los recientes despliegues LEO. Estos últimos tienen la ventaja concreta de una menor latencia, aunque en la práctica se

⁵³ Licencias globales y tasas a la importación razonables para los PSI por satélite son las políticas más favorables a un servicio asequible.

ha visto que la latencia GEO es aceptable para llamadas VoIP y de vídeo y la latencia MEO se asemeja a la de la 4G MNO. En la Figura 26 se ilustran las diferencias entre las constelaciones GEO, MEO y LEO.

Figura 26. Comparación de las características de los satélites GEO, MEO y LEO, incluidas las zonas de cobertura*



* No se muestran los satélites pequeños, los nanosatélites y los satélites cúbicos de entre 50 y 500 kg que suelen utilizarse para obtener datos científicos y radioenlaces.

La latencia influye en la experiencia del usuario, aunque de distintas maneras. Si bien se sabe que los satélites ofrecen una mayor latencia, en la práctica se ha comprobado que la latencia GEO es aceptable para algunas aplicaciones de banda ancha (incluida la difusión en flujo directo y las llamadas de voz y vídeo), que las latencias GEO y MEO pueden soportar redes 4G/LTE, y se prevé que la latencia LEO sea incluso inferior.

En la Figura 27 se ilustra la influencia de la latencia en la calidad de funcionamiento y percibida de distintas aplicaciones de consumo e industriales. En algunas de ellas, la influencia sobre la experiencia del usuario puede ser importante.

Figura 27. Influencia de la latencia en algunas aplicaciones y servicios

Cómo afecta la latencia en la experiencia del usuario

En algunas aplicaciones la latencia influye poco en la calidad de funcionamiento o la experiencia. En otros casos, la influencia en la experiencia del usuario puede ser importante o, incluso, impedir la utilización de la aplicación. A continuación, se muestran algunos ejemplos de aplicaciones industriales y de consumo:

 Fibra  Celular  Wi-Fi público  Satélite			
Aplicación	Sensibilidad a la latencia	Técnicas de reducción	Medio de transmisión probable
Televisión	Baja	Algunas	   
SCADA y otras aplicaciones telemáticas	Baja	Algunas	   
Servicios de difusión en flujo directo	Baja	Muchas	   
Actualizaciones inalámbricas	Baja	Algunas	   
Navegación Internet	Media	Muchas, muy eficaces	   
Navegación Internet encriptada	Media	Pocas	   
Conferencias de voz y videoconferencias	Media	Pocas	   
Computación en la nube y ERP	Media – alta	Algunas	   
Comercio en frecuencias altas	Extrema	Pocas	   
V2V y V2X	Depende de la aplicación	Pocas	   
Conectividad en movimiento (en vuelo/en barcos/coches/trenes)	Depende de la aplicación	Muchas	   
IoT	Depende de la aplicación	Muy pocas	   

Fuente: Asociación de Operadores de Satélites EMEA

2.7 Tecnologías de conexión al núcleo

La conexión al núcleo de redes de acceso del último kilómetro es el método mediante el cual la red adquiere ancho de banda ascendente para distribuirlo a sus clientes. Para la conexión al núcleo hay disponibles diversas tecnologías con sus correspondientes modelos comerciales. Las características propias de cada una de ellas determinan su adaptación a un contexto dado. En esta cláusula se presenta un breve resumen de las diversas tecnologías de conexión al núcleo y se hace un balance de sus ventajas y desventajas a la hora de utilizarlas en un contexto dado.

Algunas de las tecnologías más habitualmente utilizadas en las redes de acceso se utilizan también para distancias más largas en los enlaces intermedios/de conexión al núcleo. Si bien la mayoría del tráfico de datos para enlaces terrenales de redes de conexión al núcleo transita por enlaces de microondas, aún hoy en día siguen utilizándose otras tecnologías como la fibra, el satélite, los enlaces celulares e incluso los hilos de cobre. El cobre cada vez se utiliza menos, no obstante, y hay otras tecnologías nuevas e inalámbricas (como WiMAX y HAPS) que en la actualidad se utilizan de manera limitada.

La tecnología que asume la mayor proporción de tráfico de conexión al núcleo terrenal, la tecnología de microondas, utiliza frecuencias centimétricas o superiores en enlaces de red radioeléctrica inalámbrica de alta capacidad y alta potencia entre torres que conectan las redes de acceso del último kilómetro a la red dorsal nacional. Estos enlaces, que suelen adoptar la forma de radioenlaces punto a punto que necesitan que la topología y/o las torres faciliten visibilidad directa entre los equipos, pueden tener un coste en función de la distancia inferior al de la fibra óptica, sobre todo en lugares y terrenos donde la topografía u otros problemas físicos (como masas de agua) dificultan el despliegue de la fibra. Los enlaces de microondas

de alta potencia pueden dar cobertura a entre decenas y varios cientos de kilómetros en un solo salto, y en las transmisiones de conexión al núcleo se realizan múltiples saltos.

Los enlaces inalámbricos direccionales suelen operar en modo par a par, pues se utilizan principalmente como alternativa tipo alámbrica rentable en el segmento de conexión al núcleo para conectar las tecnologías del último kilómetro a la red dorsal, y suelen emplearse para llegar a estaciones base móviles y puntos de acceso Wi-Fi o para colmar las necesidades de comunicación de empresas y escuelas que cuentan con su propia solución de acceso (es decir, Ethernet, Wi-Fi, LTE).

El principal inconveniente de la conexión al núcleo por microondas es la necesidad de visibilidad directa, que puede resultar difícil de conseguir en zonas montañosas o escarpadas. La necesidad de un PdP cercano también puede ser un factor limitante: si no hay estación de microondas conectada por fibra disponible en la línea de visibilidad directa, será necesario construir un radioenlace de microondas, lo que encarecerá el despliegue. Al ser inalámbrica, la tecnología de microondas también está sujeta a la reglamentación del espectro, que variará en función de la jurisdicción en que se encuentre la red.

La conexión al núcleo por fibra, que utiliza cables de fibra óptica para dar ancho de banda a una red, puede ofrecer sin problemas ancho de banda a gran velocidad. Al proporcionar conectividad a la velocidad de la luz, el ancho de banda permisible máximo que puede transmitirse por la fibra aumenta constantemente, pues los equipos de red activos utilizados para la transmisión evolucionan sin tener que sustituir los cables de fibra óptica.

No obstante, la fibra puede resultar difícil y cara de desplegar y es particularmente difícil de utilizar en terrenos difíciles. Por tanto, es ideal en zonas urbanas densamente pobladas que ya cuentan con trayectos infraestructurales donde, al sumarse las economías de escala, es posible implantar la conexión al núcleo por fibra a bajo coste. La conexión al núcleo por fibra también depende en la disponibilidad de un PdP en las inmediaciones de la red de acceso del último kilómetro, lo que puede suponer un problema para las comunidades distantes o aisladas. Si se combina con la demanda relativamente baja de ancho de banda de las comunidades rurales, la utilización de la conexión al núcleo por fibra en las redes del último kilómetro rurales puede no ser rentable. Una vez superados estos problemas, no obstante, la fibra puede resultar conveniente para los despliegues rurales y es una buena manera de garantizar que hay infraestructura suficiente para colmar las crecientes demandas de la localidad en cuestión.

Otra tecnología inalámbrica que puede utilizarse para la conexión al núcleo es la celular. La conexión al núcleo celular utiliza frecuencias de datos móviles para dar ancho de banda a la red. La red se conecta a una estación base celular, que, a su vez, obtiene el ancho de banda de la fibra o por microondas. En función del contexto y de la tecnología móvil concreta, el celular puede ser ubicuo y ofrecer velocidades de redistribución adecuadas utilizando una red del último kilómetro, aunque es posible que el ancho de banda total esté limitado, sobre todo en comparación con la fibra.

Al igual que las microondas, la tecnología celular puede resultar conveniente para acceder al ancho de banda en lugares donde la fibra no resulta rentable o es difícil de desplegar, pero, a diferencia de las microondas, esta tecnología no exige la visibilidad directa para lograr la conexión. Dicho esto, las microondas pueden tener un alcance efectivo superior a la tecnología celular, que es su principal problema cuando se emplea para la conexión al núcleo, pues necesita una estación base celular próxima. Allí donde las microondas pueden utilizarse en

distancias más largas para conectar hasta las comunidades aisladas, la disponibilidad de la conexión al núcleo celular está limitada por el alcance de la torre celular más cercana, cuya presencia en zonas de población dispersa es improbable por motivos económicos.

La construcción de una torre celular puede resultar prohibitiva y esta es quizá una de las principales razones por las que sólo los grandes proveedores de servicios completos (voz, SMS y datos) operan torres celulares. El coste de la infraestructura de red celular, que ronda los 200 000-250 000 USD por emplazamiento, implica que los operadores sólo construirán torres cuando se demuestre la rentabilidad del despliegue.⁵⁴ Por desgracia, esto solo ocurre en zonas urbanas y periurbanas, dejando de lado las comunidades rurales y otras comunidades remotas o aisladas. Por ende, si bien la conexión al núcleo celular puede ser más fácil de utilizar que la fibra, si aplicación es semejante, pues se adapta mejor a las zonas urbanas o densamente pobladas.

Otra posibilidad es el acceso inalámbrico fijo, que utiliza tecnologías como la 4G y la 5G para dar conectividad a un radio de 10 km. Con un caudal potencial de entre 20 y 1 000 Mbit/s, el acceso inalámbrico fijo ofrece enlaces de gran capacidad para la conexión al núcleo con requisitos infraestructurales semejantes a los de la tecnología celular. A causa de su corto alcance en comparación con las microondas, no obstante, el acceso inalámbrico fijo necesita múltiples repetidores para dar cobertura a una zona extensa. También depende de la red existente para la obtención de ancho de banda, lo que limita su utilización a lugares donde hay un PdP cerca.

Allí donde no hay PdP terrenal disponible, el satélite puede ser la única tecnología de conexión al núcleo disponible. La conexión al núcleo por satélite depende de que los proveedores de ancho de banda por satélite den conexión a las comunidades más remotas. En función del tipo de tecnología exacto utilizado, la conexión al núcleo por satélite puede desplegarse de manera rápida, sin necesidad de construir las infraestructuras onerosas y técnicamente complicadas que necesitan otras tecnologías de conexión al núcleo.

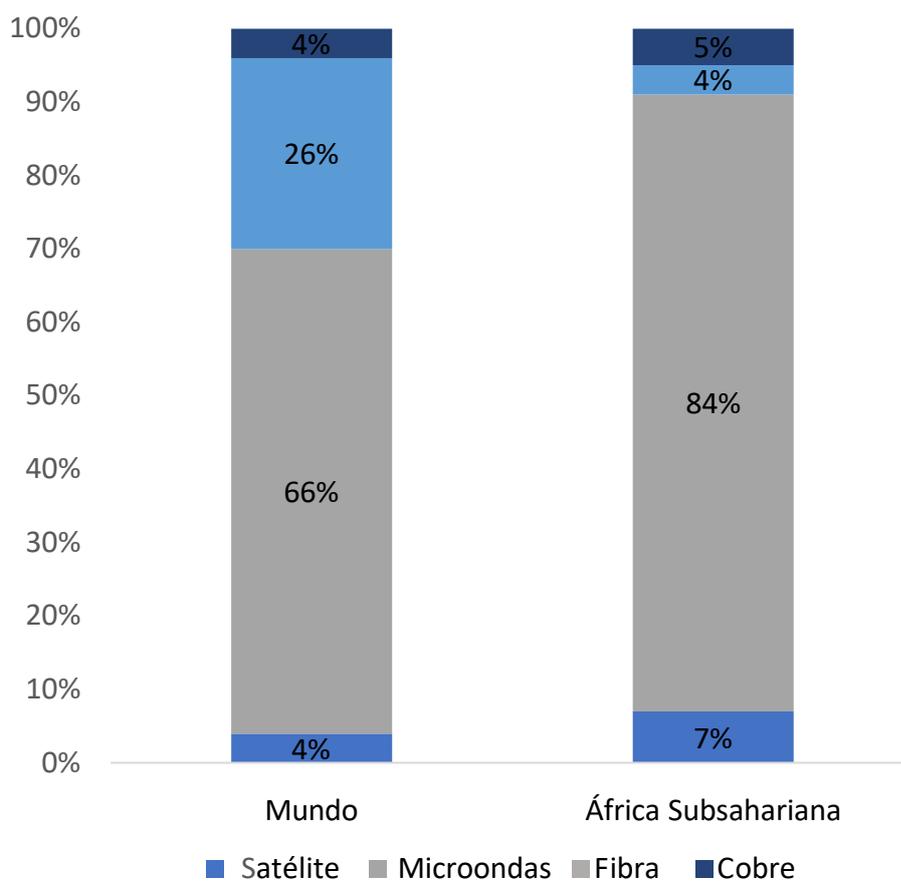
Aunque los satélites tienen sobre otras tecnologías de conexión al núcleo la ventaja de la facilidad y la velocidad de despliegue, su calidad de servicio es inferior a la de otras alternativas como la fibra, sobre todo en lo que respecta al ancho de banda y a la latencia. Dependiendo de la tecnología de satélite específica y de la banda utilizadas, la calidad también puede deteriorarse bajo determinadas condiciones meteorológicas. Sin embargo, los satélites son una tecnología de conexión al núcleo eficaz allí donde no hay otras opciones para lograr ancho de banda. El principal problema de los satélites sigue siendo su coste. Dicho eso, el coste del ancho de banda de satélite se ha ido reduciendo, en particular gracias a la aparición de satélites HTS GEO y la aparición de las constelaciones LEO. Si bien el coste del ancho de banda de satélite es comparativamente superior al de otros métodos de conexión al núcleo, éste se compensa de alguna manera al no necesitar infraestructura terrenal para la conexión del último kilómetro.

En la Figura 28, que ilustra el porcentaje total de tráfico de conexión al núcleo para voz y datos móviles en todo el mundo y en el África subsahariana en 2017, se ve que hoy en día la opción predominante son las microondas para redes celulares, pero también hay fibra y satélite. También muestra, no obstante, que se están desplegando sistemas de satélites LEO y MEO (así como HAPS) que pueden ser buenas alternativas a la conexión al núcleo punto a

⁵⁴ GSMA, *Rural Coverage: Strategies for Sustainability (Country Case Studies)* (2015), p. 15.

punto, dada su capacidad para dar cobertura a cualquier lugar de manera rentable y siendo fácil su despliegue. En los últimos tiempos se han utilizado tecnologías de satélite para ampliar y mejorar las redes móviles terrenales de 2G a 3G y 4G, con frecuencia en combinación con enlaces fijos terrenales. Este tipo de prometedores despliegues se han llevado a cabo en lugares tan diversos como Chile, la República Democrática del Congo, Myanmar y Papúa Nueva Guinea.⁵⁵

Figura 28. Conexión al núcleo para voz y datos móviles, por método, mundo y África Subsahariana (2017)



Fuente: Handforth, nota 3

En el Cuadro 24 se comparan las distintas tecnologías de conexión al núcleo y sus características.

⁵⁵ Véanse, por ejemplo, Intelsat, [Intelsat and AMN Bring Mobile Connectivity to 1,000th Site in Sub-Saharan Africa](#) (Comunicaciones Oficiales de Intelsat, 20 de abril de 2020) e HISPASAT, [HISPASAT proveerá enlaces satelitales en banda Ka para extender la Red Compartida de Altán en zonas remotas de México](#) (comunicado de prensa, 4 de junio de 2020).

Cuadro 24. Comparación de las tecnologías de conexión al núcleo comunes

Tecnología de conexión al núcleo	Caudal potencial/calidad de servicio	Alcance	Gastos de capital para el despliegue de una red nueva	Gastos operativos	Infraestructura necesaria	Adaptación al despliegue rural	Ventajas	Inconvenientes
Microondas	5 - 200+ Mbit/s	Cientos de km	Bajos	Bajos	Equipos radioeléctricos, torres/postes	Sí	Alta capacidad; equipo de bajo coste; despliegue de bajo coste	Exige visibilidad directa; requisitos de licencias
Conexión al núcleo por satélite (GEO, MEO)	1 - 1 600 Mbit/s	Miles de km	Medios a altos	Medios a altos	Satélites, estaciones terrenas centrales, estaciones terrenas remotas	Sí	Amplia cobertura; facilidad de despliegue, superación de problemas topográficos	Latencia; coste
Fibra	1 000 - 10 000 Mbit/s	Cientos de km	Altos	Medios	Instalación de cables de fibra óptica enterrados o aéreos por postes	Posible	Mayor velocidad; fiabilidad; flexibilidad (actualización)	Coste; tiempo de despliegue; alcance geográfico limitado

Fuente: adaptado de varias fuentes, incluidas la Unión Europea, Cisco, Huawei, la UIT, el Banco Interamericano de Desarrollo, el Banco Mundial y la Asociación de Operadores de Satélites EMEA (referencias técnicas enumeradas en el Anexo 2)

2.8 Tecnologías de acceso emergentes

En la actualidad hay varias tecnologías emergentes que se están desarrollando para su uso comercial y prometen mejorar la cobertura y la calidad de la conectividad. En algunos casos, estas tecnologías emergentes ya se han utilizado para ofrecer acceso del último kilómetro a zonas remotas como prueba de su viabilidad. Algunas, como los satélites LEO y la fibra por líneas eléctricas de media tensión aéreas, son versiones más recientes o adaptaciones de tecnologías existentes, mientras que otras, como la comunicación óptica en el espacio libre y las HAPS son relativamente nuevas.

Al examinar las tecnologías emergentes para el acceso del último kilómetro conviene considerar su adaptabilidad para el despliegue rural. Esto elimina la utilización de tecnologías como la identificación por radiofrecuencias, el Bluetooth de baja energía y la fidelidad luminosa (LiFi), que funcionan mejor en distancias cortas en zonas densamente pobladas. Hasta que no se desplieguen comercialmente a gran escala, sin embargo, su viabilidad financiera queda en entredicho.

La banda blanca de televisión (TVWS) es una porción de espectro de una banda atribuida al servicio de radiodifusión y utilizada para la radiodifusión de televisión. Una administración la identifica como disponible para la comunicación inalámbrica en un determinado momento, una determinada zona geográfica y sin interferencia ni protección con respecto a otros servicios, pero con una más alta prioridad a nivel nacional.⁵⁶

TVWS es un ejemplo de tecnología del último kilómetro que aprovecha el acceso dinámico al espectro y utiliza de manera "oportunist" el espectro en un momento y una zona determinados, en particular las frecuencias que no utiliza el servicio primario (como la radiodifusión de televisión). En tales casos, otros servicios pueden utilizar de manera oportunista ese espectro. La TVWS puede cubrir largas distancias y transmitir por topografías densas o difíciles, más allá de la línea de visibilidad directa. Sin embargo, las frecuencias actualmente consideradas para la TVWS están atribuidas a la radiodifusión de televisión y no en todos los países se ha regulado su utilización para la entrega de datos. Por ese motivo, la utilización de la TVWS no sólo es jurídicamente problemática, sino que también resulta difícil resolver problemas graves de interferencia, habida cuenta del alcance de una estación TVWS. La rentabilidad de la TVWS también es incierta, pues no puede garantizarse la utilización a largo plazo de ese espectro.

Otra tecnología inalámbrica emergente, las HAPS, utilizan en la actualidad globos a gran altitud o drones autónomos para albergar equipos de acceso que radian conectividad hacia el suelo. Las HAPS son estaciones situadas en objetos a una altitud de entre 20 y 50 km en puntos fijos nominales especificados con respecto a la Tierra. Los sistemas que utilizan HAPS están formados por una HAPS y por estaciones en tierra situadas en la terminación de usuario extremo. La conectividad en banda ancha HAPS puede ofrecer a los usuarios acceso a Internet directamente (por ejemplo, acceso doméstico) o conexión al núcleo para el acceso. Puede ser una solución alternativa en zonas orográficamente difíciles o donde otros factores dificultan el despliegue de la infraestructura tradicional.

Gracias a su altura, las HAPS pueden tener un alcance de miles de kilómetros y sirven para dar conectividad hasta en zonas rurales remotas. La implementación de HAPS de Google, conocida como Project Loon, utiliza equipos celulares para dar acceso a los emplazamientos de prueba,

⁵⁶ UIT, *Introduction to cognitive radio systems in the land mobile service*, Informe UIT-R M.2225 (2011), Serie M Servicios móviles, de radiodeterminación de aficionados y otros servicios por satélite conexos.

facilitando así que los dispositivos móviles y otros equipos que utilizan la tecnología obtengan conectividad.⁵⁷ Esta característica de las HAPS, sumada a su fácil despliegue, las convierte en una opción atractiva para el despliegue de conectividad de emergencia en caso necesario.

Los satélites LEO, de los que ya se ha hablado previamente, están diseñados para funcionar en grupo para ofrecer cobertura global (incluso en los casquetes polares, por encima de los 67° de latitud). Las constelaciones de satélites LEO están diseñadas para dar cobertura a zonas del planeta, ofreciendo una conectividad ininterrumpida con las estaciones terrenas en la línea de visibilidad directa de cada satélite.

Como ejemplo de conectividad LEO puede citarse Starlink de SpaceX, cuyo objetivo es empezar a ofrecer acceso en un futuro próximo. Un factor importante que tener en cuenta de los satélites LEO es su coste: el lanzamiento de cientos de satélites es caro, por lo que de ello se ocupan principalmente entidades comerciales. Sin bien el precio y otros detalles aún no están del todo claros, la zona de cobertura de las constelaciones LEO las convierte en una opción prometedora para dar conectividad a zonas que carecen de otras infraestructuras.

La utilización de las ondas milimétricas (mmWave) es otra solución inalámbrica emergente con la que se pretende ofrecer conectividad utilizando frecuencias muy altas (iguales o superiores a 30 GHz). Por la naturaleza de estas frecuencias misma, su alcance está limitado a unos cientos de metros. Sin embargo, el caudal potencial de esta tecnología es muy elevado con velocidades que pueden llegar a los 20 Gbit/s. Para utilizar mmWave es necesario primero implantar redes 5G.

Además, para aprovechar todo el potencial de mmWave, es indispensable una conexión al núcleo por fibra para obtener el ancho de banda necesario. Estos dos requisitos combinados hacen que mmWave no se adapte al despliegue rural, dejando esta opción para zonas urbanas densamente pobladas.

Por otra parte, la tecnología de largo alcance (LoRa) es una solución de baja potencia y bajo caudal que utiliza frecuencias inferiores al gigahercio en las bandas industriales, científicas y médicas sin licencia. LoRa tiene un alcance de decenas de kilómetros y está diseñada para su utilización por dispositivos IoT primordialmente. Aunque su alcance deja pensar que se adaptaría al despliegue rural, su valor puede verse limitado por las muy bajas velocidades que puede ofrecer, apenas 50 Kbit/s. Aunque esto puede bastar para la comunicación entre

⁵⁷ La reglamentación de radiocomunicaciones mundial que rige las HAPS es fluida. Véanse, por ejemplo, los siguientes números del Reglamento de Radiocomunicaciones:

- Número 1.66A: *estación en plataforma a gran altitud: Estación* situada sobre un objeto a una altitud de 20 a 50 km y en un punto nominal, fijo y especificado con respecto a la Tierra.
- Número 1.66: estación fija: Estación del servicio fijo.
- Número 4.23: Las transmisiones a y desde estaciones en plataformas a gran altitud deberán limitarse a las bandas identificadas específicamente en el Artículo 5.
- Número 5.388A: En las Regiones 1 y 3, las bandas 1 885-1 980 MHz, 2 010-2 025 MHz y 2 110-2 170 MHz, y en la Región 2, las bandas 1 885-1 980 MHz y 2 110-2 160 MHz, pueden ser utilizadas por las estaciones en plataformas a gran altitud como estaciones de base para la prestación de los servicios de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT), de acuerdo con la Resolución 221 (Rev.CMR-07). Su utilización por las aplicaciones IMT que empleen estaciones en plataformas a gran altitud como estaciones de base no impide el uso de estas bandas a ninguna estación de los servicios con atribuciones en las mismas ni establece prioridad alguna en el Reglamento de Radiocomunicaciones. Las HAPS como estación base IMT deben conformarse a los parámetros técnicos definidos en la Resolución 221 (Rev.CMR-07).

dispositivos IoT, resultaría muy difícil ver multimedios de cualquier tipo en línea. La tecnología LoRa necesita también de equipos radioeléctricos concretos, con los que no suelen contar los dispositivos de usuario extremo, limitando su aplicación a la IoT. LoRa resulta útil para comunicaciones limitadas y no como tecnología de banda ancha.

La comunicación óptica en el espacio libre utiliza longitudes de onda ópticas para transmitir ingentes cantidades de datos en un radio de varios kilómetros. Por consiguiente, su caudal potencial oscila entre decenas y cientos de Gbit/s, muy superior al de otras soluciones inalámbricas. Dado que la comunicación óptica en el espacio libre necesita equipos especializados que utilizan la luz para transmitir datos a gran velocidad, esta tecnología se utiliza principalmente para la conexión al núcleo y necesita otras capas de equipo antes de que los usuarios extremos puedan acceder a la conectividad. Se considera principalmente una alternativa prometedora para la conexión al núcleo, incluso en zonas rurales, cuando hay visibilidad directa entre los equipos.

Una tendencia emergente entre las tecnologías alámbricas es la fibra por líneas eléctricas de media tensión aéreas (OHMV), que utiliza la infraestructura de control y adquisición de datos para que la red eléctrica pueda llevar la conectividad hasta los locales del cliente. Como ocurre con la fibra en general, la fibra por líneas OHMV tiene una muy elevada calidad de servicio y ofrece velocidades medias de entre 100 Mbit/s y 1 Gbit/s. También su alcance es de cientos de kilómetros y el hecho de que haya ocho veces más líneas de media tensión que de alta tensión le otorga la posibilidad de llegar a muchos más usuarios extremos. Sin embargo, para que la fibra por OHMV funcione se necesita una importante inversión en infraestructura pasiva y en equipos de red activos y aún está por ver que las compañías eléctricas estén dispuestas a utilizar sus recursos para ese fin.

En el Cuadro 25 se presentan diversas tecnologías de conectividad emergentes y se comparan sus características. Algunas de estas tecnologías están todavía en fase de prueba. Todavía no se han comercializado y sus ecosistemas de mercado aún no han alcanzado el nivel de madurez de las tecnologías alámbricas e inalámbricas comunes presentadas en cláusulas anteriores.

Cuadro 25. Comparación de tecnologías emergentes de conectividad

Tecnología	Alámbrica o inalámbrica	Caudal potencial/calidad de servicio	Alcance	Infraestructura necesaria	Adaptación al despliegue rural	Requisitos de licencias de espectro	Adaptación a la conexión al núcleo	Tipo de dispositivo de acceso
HAPS		Hasta 30 Mbit/s	Miles de km	Globos a gran altitud, drones autónomos	Sí	Sí	Puede funcionar para conexión al núcleo y para acceso	Dispositivos celulares para el último kilómetro (como Loon de Google)
Satélite LEO		* Hasta 100 Mbit/s	Miles de km	Satélites LEO (para despliegues de redes nuevas)	Sí	Sí	Puede funcionar para conexión al núcleo y para acceso	Por determinar
Ondas milimétricas	Inalámbrica	hasta 20 Gbit/s	1 a 10 km	Torres y equipos radioeléctricos, conexión al núcleo por fibra	No	Sí para ciertas bandas, algunas bandas sin licencia/exentas de licencia	Conexión al núcleo local	Por determinar
Comunicación óptica en el espacio libre		Decenas a cientos de Gbit/s	1 a 10 km	Equipo especializado que utiliza la luz para transmitir datos a alta velocidad	Sí, pero exige la transmisión de datos con visibilidad directa	No	Conexión al núcleo local	Utilizada para conexión al núcleo
Banda blanca de televisión		5-150 Mbit/s	10 a 25 km	Torres y equipos radioeléctricos	Sí, en particular cuando no hay visibilidad directa	Se necesita una autorización de uso siguiendo el principio de uso oportunista	Puede funcionar para conexión al núcleo y para acceso	Módem Ethernet o Wi-Fi en los locales del cliente
Largo alcance		Hasta 50 Kbit/s	Decenas de km	Torres y equipos radioeléctricos	Sí (aunque con muy bajo caudal)	No (utiliza bandas industriales, científicas y médicas sin licencia)		Radios de largo alcance a dispositivos/aplicaciones IoT

* Nota: el valor 100 Mbps indicado en este informe procede de los informes de pruebas beta de ESOA.

Fuente: Adaptado de varias fuentes, incluidas la Unión Europea, Cisco, Huawei, la UIT, el Banco Interamericano de Desarrollo, el Banco Mundial y la Asociación de Operadores de Satélites EMEA (referencias técnicas enumeradas en el Anexo 2)

*** Hay otras tecnologías de comunicación emergentes introduciéndose o utilizándose en el mercado. Sin embargo, muchas de ellas (identificación por radiofrecuencias, Bluetooth de baja energía, comunicación en el campo cercano, fidelidad luminosa, Zigbee, etc.) no son adecuadas para despliegues rurales.**

2.9 Soluciones híbridas de tecnología y modelos comerciales

Las soluciones híbridas son clave para cerrar la brecha de cobertura, pues los despliegues de conectividad del último kilómetro sin duda utilizarán distintas tecnologías para la red de acceso, la conexión ascendente intermedia y el núcleo. Incluso las redes que utilizan tecnologías emergentes para la red de acceso terminarán convergiendo en tecnologías Wi-Fi o celular para llegar a los dispositivos de usuario extremo y en algún punto del sentido ascendente se conectarán a la fibra. Se trata de redes de tecnología híbrida que integran diversas tecnologías de conectividad (en ocasiones denominadas redes heterogéneas (HetNet), cuando se utilizan diversos sistemas operativos y protocolos).

La hibridación de modelos comerciales también se da en las redes del último kilómetro, pues los operadores aglutinan diversas relaciones ascendentes con distintos modelos de ingresos.

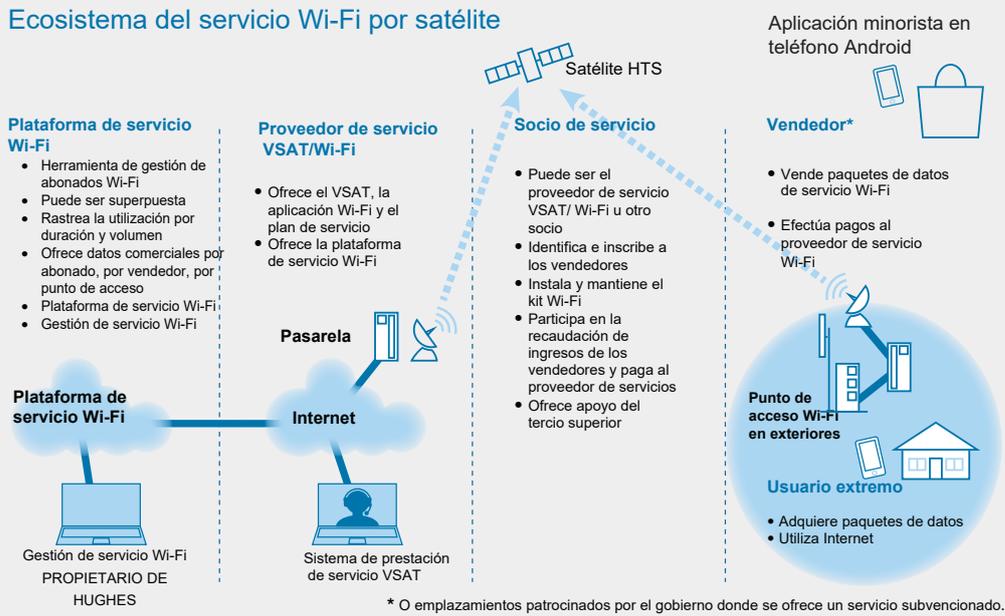
Recuadro 7. Ejemplo de red híbrida (Hughes Express Wi-Fi)

A lo largo de Brasil, Colombia y Perú, Hughes ha dado cuenta del despliegue de soluciones Wi-Fi comunitarias, conocidas como Hughes Express Wi-Fi, en asociación con Facebook. Cada punto de acceso Hughes Express Wi-Fi se conecta al núcleo mediante enlaces de satélite, lo que permite a los vendedores ofrecer acceso a Internet en régimen de pago por utilización a unas 500 personas en comunidades rurales donde el servicio terrenal es demasiado caro o simplemente se carece de él.

Este servicio permite a los usuarios extremos de comunidades rurales conectarse a Internet mediante conectividad de banda ancha multimedios para la navegación, la mensajería, el correo electrónico y los chats de voz y vídeo. Para aquéllos que no pueden costearse un abono mensual y necesitan pagar por la utilización, Hughes Express Wi-Fi ofrece paquetes de datos para todo tipo de dispositivos móviles con capacidad Wi-Fi (teléfonos/tabletas/portátiles) sea cual sea el sistema operativo utilizado (Android/IOS/Windows/Linux).

Este modelo de servicio comprende pequeños planes de utilización, por ejemplo, 100 megabytes por 0,50 USD o una hora de utilización. Las soluciones Hughes Community Wi-Fi comprenden un terminal de muy pequeña apertura y equipos Wi-Fi que amplían la señal hasta un radio de 50-80 metros con teléfonos móviles de bajo coste; con teléfonos más modernos, el alcance mejora hasta un 100 por cien. Una vez desplegado y configurado el punto de acceso, la comunidad local de usuarios podrá beneficiar de acceso a Internet de alta velocidad. El mercado objetivo son las comunidades de entre 500 y 1 000 personas con un servicio de conectividad limitado.

Ecosistema del servicio Wi-Fi por satélite



Ecosistema de servicio Wi-Fi por satélite de Hughes

Paquetes de datos			
Paquete	Datos (Megabytes)	Precio (Pesos)	Precio (aprox.)* (USD)
1 hora	100	10	0,5
1 día	250	30	1,5
3 días	500	60	3
1 semana	750	90	4,5
Mes	1 000	120	6
Mes	2 000	220	11
Mes	4 000	400	20

* Valores aproximados. Precios originales en pesos, convertidos a USD

Paquetes de datos de Hughes express Wi-Fi
 Estudio de caso presentado por Hughes¹. Información adicional: <https://www.hughes.com/expresswifi/mexico>

¹ La figura y el cuadro están adaptados del caso de estudio presentado.

2.10 Regímenes políticos y regulatorios

El entorno político y regulatorio global aplicable a la conectividad Internet en un determinado país facilitará y fomentará el despliegue de nuevos servicios para las comunidades no conectadas o lo obstaculizará. Para entender las posibles limitaciones impuestas por las políticas existentes e identificar las opciones posibles hay que seguir tres pasos.

- 1) *Identificar el entorno regulatorio de las TIC general examinando las distintas generaciones de reglamentación de las TIC de la UIT (véase el [Global ICT Regulatory Outlook 2020 de la UIT](#))*

Los datos más recientes del grupo de Entorno Reglamentario y de Mercado de la UIT⁵⁸ pueden ayudar a determinar el nivel de madurez de reglamentación de las TIC global que alcanza cada país.

- 2) *Identificar la política de acceso y cobertura universal del país*

Muchos países aplican políticas específicas diseñadas para fomentar y apoyar directamente iniciativas de ampliación del acceso a la conectividad en zonas mal abastecidas. Entre ellas se incluyen los planes nacionales de banda ancha y las políticas de servicio universal, aunque pueden incluirse también los fondos y obligaciones de servicio universal. Por ejemplo, la Comisión de la Banda Ancha para el Desarrollo Sostenible de la UIT/UNESCO hace un seguimiento del número de países⁵⁹ que han definido planes nacionales de banda ancha y que

⁵⁸ Véase <https://www.itu.int/en/ITU-D/Regulatory-Market/Pages/default.aspx>

⁵⁹ Comisión de la Banda Ancha para el Desarrollo Sostenible de la UIT/UNESCO, op. cit., nota 56.

incluyen la banda ancha en sus iniciativas de acceso universal, documentándolo con los datos y el seguimiento de la base de datos Observatorio de las TIC de la UIT⁶⁰. Estas iniciativas suelen estar lideradas por el organismo del poder ejecutivo responsable de las telecomunicaciones (agencias, departamentos, etc.), pero algunas dependen de los respectivos ministerios (educación, desarrollo social etc.).

3) *Investigar pormenorizadamente las opciones políticas existentes para:*

- *que nuevas entidades presten servicios nuevos en zonas mal abastecidas;*
- *las políticas que faciliten que los proveedores de servicio existentes amplíen su servicio a esas zonas;*
- *las políticas que instan a nuevas entidades o a proveedores de servicio existentes a establecer un servicio.*

Entre esas políticas se cuentan los procesos de concesión de licencias y aprobaciones en vigor para la creación de nuevos proveedores de servicio Internet; las políticas que permiten a los proveedores de servicio existentes ampliar su zona de servicio hasta zonas mal abastecidas, posiblemente previa subvención, y las políticas que exigen una ampliación de la cobertura, como las obligaciones de cobertura vinculadas a subastas de espectro o asignaciones de espectro de cobertura, generalmente a cabo de una reducción de las tasas. Por ejemplo, las licencias de operador suelen orientarse hacia los grandes operadores nacionales, por lo que puede resultar caro y administrativamente complejo para los nuevos operadores pequeños obtener una licencia. Sin embargo, en algunos países, como Brasil, Sudáfrica, Uganda y Argentina, hay exenciones que permiten a los operadores pequeños, sin ánimo de lucro o locales implantar y ofrecer servicios. Del mismo modo, el acceso al espectro inalámbrico varía de un país a otro. En el caso de las tecnologías sin licencia/exentas de licencia y las bandas de espectro (Wi-Fi), algunos países exigen el registro y el pago de una tasa anual por cada línea punto a punto (también pueden variar los niveles de potencia de salida permitida, limitando la eficacia de la tecnología). En el caso del espectro IMT, las licencias del espectro móvil celular son de ámbito nacional, pero México, Brasil, Estados Unidos y Reino Unido son pioneros en la creación de marcos de licencias que permiten la utilización del espectro IMT no utilizado en zonas rurales. La reglamentación dinámica del espectro de otros países, como Mozambique, Sudáfrica, Nigeria y Uganda, está empezando a permitir la utilización de la banda blanca de televisión. Del mismo modo, las políticas que garantizan el acceso abierto a la conexión al núcleo y la relación entre pares abierta y asequible (por ejemplo, en las centrales Internet), contribuyen a la realización de nuevos despliegues y ampliaciones.

La adecuación de una intervención depende en gran medida de la causa o causas de la brecha de acceso en un contexto dado. Como ya se ha expuesto, las intervenciones pueden clasificarse en función del problema que solucionan y de cómo lo hacen. En términos generales, el *qué* de una intervención indica lo que se hace para mejorar el acceso y puede clasificarse en función de tres efectos no exclusivos mutuamente (es decir, que una intervención puede tener más de un efecto), que son: facilitar la entrada de nuevas entidades para prestar nuevos servicios en zonas sin servicio o mal abastecidas; facilitar que los proveedores de servicio existentes amplíen su servicio a zonas sin servicio o mal abastecidas, o instarlos a ello, y permitir la utilización de la conectividad, en relación con los dispositivos, por ejemplo, o impartir capacitación.

⁶⁰ Véase <https://www.itu.int/net4/itu-d/icteye/FocusAreas.aspx?paramWorkArea=TREG>

Esos efectos palían la falta de acceso facilitando la conectividad desde el lado de la oferta o de la demanda. Allí donde la oferta (es decir, la disponibilidad de la conectividad) es la principal limitación para presencia de la gente en línea, las intervenciones más útiles serán las que animen a los proveedores a ampliar su huella o las que faciliten la entrada de nuevos proveedores. Por otra parte, propiciar la utilización reduciendo el coste de los dispositivos de acceso convendrá en las zonas que ya cuentan con redes.

Muchas intervenciones combinan dos de estos efectos, o todos ellos, para ofrecer a los usuarios una conectividad efectiva. Además, la combinación de intervenciones puede facilitar que se resuelvan muchas de las causas de la brecha de acceso, sobre todo cuando se trata de obstáculos estructurales que impiden el despliegue y el funcionamiento de las redes.

El cómo de las intervenciones se refiere a la tipología de intervenciones de la que ya se ha hablado. La tipología agrupa las intervenciones en función del modo en que se logran los efectos deseados: intervenciones de expansión y eficiencia del mercado; intervenciones de financiación puntual o subvenciones, e intervenciones de subvenciones recurrentes.

Ya se ha expuesto el contexto en que una intervención o grupo de intervenciones resultan más adecuadas. Cabe señalar, no obstante, que pueden darse al mismo tiempo múltiples contextos y brechas de acceso y que pueden utilizarse simultáneamente dos o más tipos de intervenciones para resolver las distintas causas de las brechas de acceso. En general, utilizar una intervención no impide utilizar cualquiera de las otras. En muchos casos el límite reside en la cantidad de recursos que pueden atribuirse a cada intervención o en las prioridades políticas de un gobierno u otro organismo participante.

En el Cuadro 26 se muestran las distintas intervenciones posibles, agrupadas por causa de la brecha de acceso y en función de si facilitan la entrada de nuevos proveedores, facilitan que los proveedores existentes amplíen las zonas de cobertura de servicio, o los insten a ello, y si propician la utilización de la conectividad resolviendo problemas de demanda, como la disponibilidad de dispositivos y la capacitación.

En el grupo de intervenciones de expansión y eficiencia del mercado, muchas de las intervenciones están diseñadas para eliminar obstáculos estructurales que impiden a los operadores nuevos o existentes prestar servicios en zonas sin servicio o mal abastecidas. Como ejemplo pueden citarse la utilización secundaria del espectro,⁶¹ que elimina las limitaciones a la propiedad y la inversión extranjeras para los PSI, y la autorización de usos innovadores de tecnologías de comunicación para el despliegue de servicios comerciales y no comerciales. Estas intervenciones permiten a los mercados responder a la demanda existente mediante la ampliación a nuevas zonas utilizando tecnologías nuevas o más adecuadas para ciertos lugares o financiando las redes en lugares que carecen de servicios.

Algunas intervenciones de esta categoría pueden tener múltiples efectos y ayudar a las entidades explotadoras a llevar la conectividad al lugar deseado y ayudar a los usuarios extremos a acceder a las redes. Un ejemplo sería autorizar la utilización comercial y no comercial de las bandas sin licencia. De este modo los operadores de red podrían desplegar redes en las bandas sin licencia y los usuarios podrían conectarse a esas redes utilizando los dispositivos de que ya disponen o que podrían obtener a un bajo precio. Con un sistema así se puede llevar

⁶¹ La utilización secundaria difiere de la atribución secundaria y se asocia más comúnmente con la posibilidad de compartir una licencia de espectro en vigor.

la conectividad a un lugar donde no hay redes u ofrecer un servicio alternativo al que ofrecen los operadores tradicionales o que compita con éste.

Por otra parte, la aplicación de una política de "excavación única" para construir los conductos necesarios para las redes de fibra óptica al tiempo que se construyen nuevas carreteras es una intervención de oferta. Permite a los operadores reducir el coste de despliegue de la red, facilitando que se alcance el umbral de rentabilidad en una localidad dada. Esas intervenciones sirven para animar a los proveedores nuevos y existentes a desplegar redes en zonas nuevas.

Una intervención que reduzca los impuestos aplicables a los dispositivos móviles y de conectividad será un tipo de subvención que ayudará a los operadores a reducir el coste de adquisición de equipos para sus redes, al tiempo que se aumenta la asequibilidad de los dispositivos para los usuarios extremos. En este caso, la brecha de acceso estará, al menos parcialmente, causada por un problema de financiación de la conectividad. Este tipo de intervenciones, que consisten en la financiación puntual o la subvención, podrán contribuir a reducir el obstáculo financiero del cierre de la brecha de acceso, mientras otras intervenciones podrán llevarse a cabo en paralelo para eliminar otros obstáculos de carácter estructural.

Por último, en los casos de brecha de acceso cuya rentabilidad no pueda alcanzarse incluso mediante intervenciones de eficiencia de mercado y subvenciones, los gobiernos y demás entidades podrán conceder subvenciones recurrentes para dar acceso en las localidades correspondientes. Allí donde la dificultad de las condiciones, la distancia o demás factores hagan improbable que se facilite un acceso comercial, los responsables de políticas podrán considerar la posibilidad de ofrecer acuerdos fiscales más flexibles y beneficiosos a las redes complementarias locales sin fines lucrativos para propiciar la conectividad. Esto puede considerarse un esfuerzo para animar a entidades nuevas sin ánimo de lucro a crear redes alternativas en zonas comercialmente inviables y a ocupar el espacio que en otras circunstancias ocuparía un proveedor comercial.

Cuadro 26. Comparación de intervenciones en función de su aplicabilidad a cada categoría de brecha de acceso

Brecha de acceso	Intervenciones	Facilita la entrada de nuevas entidades para prestar nuevos servicios en zonas sin servicio/mal abastecidas	Facilita que los proveedores existentes amplíen el servicio a zonas sin servicio/mal abastecidas (y/o se le insta a ello)	Propicia la utilización de la conectividad (por ejemplo, en relación con los dispositivos) o la capacitación
Intervenciones de expansión y eficiencia del mercado	Mejora de los datos sobre el mercado, por ejemplo, cobertura de red, activos infraestructurales, densidad y nivel de ingresos de la población y suministro eléctrico, para identificar las poblaciones sin servicio y las soluciones pertinentes	√	√	√
	Creación de licencias específicas para zonas rurales con requisitos simplificados	√		√
	Creación de licencias de operador comunitario a las que no se aplican las mismas tasas elevadas y obligaciones estrictas que a los operadores comerciales	√		√
	Licencias de espectro reducidas para zonas rurales y/o asignación directa con fines sociales	√		
	Autorización de la utilización secundaria del espectro	√	√	
	Autorización de la utilización comercial y no comercial de las bandas sin licencia	√	√	√
	Implementación y observancia de las obligaciones de cobertura (con requisitos de calidad de funcionamiento) para las asignaciones de licencias de espectro nacionales, por ejemplo, a cambio de tasas de licencia reducidas o subvenciones		√	
	Fomento de la utilización innovadora de tecnologías de la comunicación para el despliegue de servicios comerciales y no comerciales	√	√	√
	Soporte de la itinerancia nacional y la compartición de infraestructura (redes activas y pasivas)	√	√	

Cuadro 26. Comparación de intervenciones en función de su aplicabilidad a cada categoría de brecha de acceso (continuación)

Brecha de acceso	Intervenciones	Facilita la entrada de nuevas entidades para prestar nuevos servicios en zonas sin servicio/mal abastecidas	Facilita que los proveedores existentes amplíen el servicio a zonas sin servicio/mal abastecidas (y/o se le insta a ello)	Propicia la utilización de la conectividad (por ejemplo, en relación con los dispositivos) o la capacitación
	Regulación del precio de la capacidad de banda ancha al por mayor intermedia, garantizando unos términos equitativos para los pequeños PSI de acceso	√		
	Supresión de límites a la propiedad extranjera de PSI y de las restricciones a la inversión	√	√	
	Consideración de alternativas a la atribución del espectro mediante subastas elevadas	√	√	
	Fomento de la competencia de mercado	√	√	
	Reducción de la duración del proceso de concesión de licencias y de las tasas reglamentarias elevadas aplicables a los terminales y el espectro	√	√	
	Implementación de políticas de "excavación única" que garanticen la construcción de los conductos necesarios para el despliegue de fibra durante la construcción de nuevas carreteras	√	√	
	Reducción de los requisitos de derechos de paso y anexión a postes para el despliegue intermedio en zonas rurales y distantes	√	√	
	Establecimiento/revisión de las políticas del fondo de servicio universal tecnológicamente neutras	√	√	
	Autorizar la presencia en el mercado sin obligación de central de satélite o pasarela en el país cuando no sea técnicamente necesario	√		
	Introducción de licencias globales para los equipos terminales de usuario extremo	√	√	

Cuadro 26. Comparación de intervenciones en función de su aplicabilidad a cada categoría de brecha de acceso (continuación)

Brecha de acceso	Intervenciones	Facilita la entrada de nuevas entidades para prestar nuevos servicios en zonas sin servicio/mal abastecidas	Facilita que los proveedores existentes amplíen el servicio a zonas sin servicio/mal abastecidas (y/o se le insta a ello)	Propicia la utilización de la conectividad (por ejemplo, en relación con los dispositivos) o la capacitación
Intervenciones de financiación puntual o subvenciones	Obtención y distribución de fondos de servicio universal para subvenciones puntuales a despliegues con riesgo	√	√	
	Fomento de las asociaciones entre el sector público y el privado para reducir riesgos	√	√	
	Fomento de estructuras de inversión financiera mixtas, que aúnen capital comercial para la financiación de proyectos y capital público y/o privado subcomercial con fines lucrativos (denominado capital paciente)	√	√	
	Autorización de contribuciones en especie flexibles (hardware, software y capacidad técnica) de los sectores público y privado a entidades no comerciales	√	√	√
	Introducción de incentivos fiscales para los proveedores de servicio del último kilómetro	√	√	√
	Reducción de impuestos aplicables a los dispositivos móviles y de conectividad	√	√	√
	Reducción de los derechos de importación de equipos de red	√	√	
Intervenciones de subvención recurrente	Obtención y distribución de fondos de servicio universal como subvenciones recurrentes para despliegues de riesgo	√	√	
	Posibilidad de acuerdos fiscales más flexibles y beneficiosos para redes complementarias locales sin fines lucrativos	√		√

Recuadro 8. Ciberseguridad y ciberprotección para nuevos usuarios en despliegues de conectividad del último kilómetro

El número de incidentes de ciberseguridad seguirá aumentando a medida que más personas se conecten y realicen actividades cotidianas en línea. Desde 2010 las 10 principales fugas de datos han supuesto la divulgación de más de 20 000 millones de registros. Muchos usuarios de países con ingresos medios y bajos se conectan a Internet a través de sus teléfonos. Sin embargo, GSMA Intelligence ha descubierto que las inquietudes en materia de seguridad y protección se cuentan entre los principales obstáculos a la adopción de la Internet móvil en los países con ingresos medios y bajos. De acuerdo con el informe Threat Intelligence Report de Nokia la tasa media de infección mensual en redes móviles era del 0,31 por ciento en 2019 (uno de cada 300 dispositivos móviles tenía un alto nivel de amenaza de infección por malware). En 2019 se consideraba que para las multinacionales los incidentes de ciberseguridad eran un riesgo mayor que las interrupciones de la cadena de producción, los levantamientos políticos o las catástrofes naturales.

La conectividad ofrece oportunidades, pero también supone riesgos. La ciberseguridad se ha de considerar a un nivel estratégico para garantizar la adopción de un enfoque coherente frente a las amenazas que pueden superar los beneficios socioeconómicos de una conectividad mejorada. Es posible tomar una serie de medidas para reducir los riesgos de ciberseguridad y todas ellas exigen la implicación continua y activa de los gobiernos, el sector privado, la sociedad civil y los particulares, además de recursos.

Los PSI desempeñan un papel particularmente importante a la hora de garantizar la suficiente ciberseguridad de sus redes. En enero de 2020, el Foro Económico Mundial y sus socios publicaron unos principios de alto nivel que los PSI han de tener en cuenta al desplegar servicios de red y que también pueden ser pertinentes para el despliegue de conectividad del último kilómetro. Estos cuatro principios son los siguientes:

- 1) proteger a los consumidores por defecto contra ciberataques masivos y colaborar con los pares en la identificación de las amenazas conocidas y en la respuesta a las mismas;
- 2) tomar medidas para concienciar y dar a conocer las amenazas y ayudar a los consumidores a protegerse y a proteger sus redes;
- 3) colaborar más estrechamente con los fabricantes y vendedores de hardware, software e infraestructura para aumentar los niveles de seguridad mínimos;
- 4) tomar medidas para afianzar la seguridad del encaminamiento y la señalización para reforzar la defensa efectiva contra los ataques.

¹ Information is beautiful, [World's Biggest Data Breaches & Hacks](#) (última actualización de 11 de mayo de 2020).

² J. Clement, [Share of mobile internet traffic in selected countries 2020](#) (artículo en línea, Statista, 20 de junio de 2020).

³ GSMA, op. cit., nota 14.

⁴ Nokia, *Threat Intelligence Report 2019*. Disponible en <https://networks.nokia.com/solutions/threat-intelligence/infographic>.

⁶ Foro Económico Mundial, [Cybercrime Prevention - Principles for Internet Service Providers](#) (Ginebra, 2020).

Capítulo 3. Seleccionar soluciones sostenibles según su viabilidad en función de las limitaciones (Fase 3)



La Fase 3 de esta Guía de soluciones se entra en el proceso de selección de soluciones sostenibles y asequibles que puedan funcionar dadas las limitaciones de cada caso concreto. En la Figura 29 se sitúa la Fase 3 dentro del proceso global y se exponen las actividades que la conforman.

Figura 29. Fase 3 de la Guía de soluciones para la conectividad a Internet del último kilómetro



Fase 3: Seleccionar soluciones sostenibles según su viabilidad en función de las limitaciones

3a - Seleccionar una solución de conectividad del último kilómetro asequible

3b - Identificar los componentes de una solución de conectividad del último kilómetro adecuada

3c - Formular una matriz de decisión para las soluciones viables

3d - Considerar herramientas adicionales para evaluar las soluciones

3.1 Seleccionar una solución de conectividad del último kilómetro asequible (Fase 3a)

Para seleccionar una solución de acceso del último kilómetro es necesario en primer lugar entender la naturaleza de la brecha de acceso en la localidad o localidades objetivo. La solución fracasará a menos que sea viable a pesar de las limitaciones. La "mejor" solución implica combinar las medidas técnicas, financieras y organizativas más adecuadas al contexto.

La identificación de soluciones para comunidades sin conexión es un ejercicio muy dependiente del contexto. Hay una serie de informes recientes sobre conectividad del último kilómetro que ofrecen orientaciones sobre posibles soluciones. Por ejemplo, en un informe se sugiere utilizar una relación basada en la "calidad percibida esperada y el coste de cada tecnología en función de su nivel de madurez tecnológica" para determinar en qué medida una tecnología o solución técnica es adecuada en relación con otras opciones.⁶²

Otras entidades, como el Banco Mundial, señalan que se han de tener en cuenta diversos factores, entre ellos el entorno comercial (competitividad del mercado), la eventual rentabilidad para el sector privado, las carencias de la infraestructura existente, la suficiente autoridad reglamentaria para controlar el dominio del mercado y la capacidad del gobierno para concluir asociaciones público-privadas, si procede.⁶³

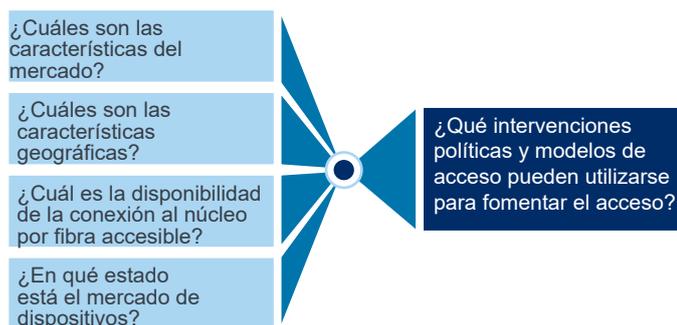
USAID propone una matriz de solución de problemas (véase la Figura 30) para identificar el modelo de acceso necesario para mejorar el acceso del último kilómetro en un contexto específico, señalando que "probablemente cada mercado necesite una serie de innovaciones de acceso que se ajusten a las necesidades de diversas comunidades".⁶⁴

⁶² Véase Instituto Fraunhofer de Tecnología de la Información Aplicada, *Connecting the Unconnected - Tackling the Challenge of Cost-effective Broadband Internet in Rural Areas* (Alemania, 2019).

⁶³ Véase Banco Mundial, *Innovative Business Models for Expanding Fiber-optic Networks and Closing the Access Gap* (Washington, Grupo del Banco Mundial, 2018).

⁶⁴ USAID, Caribou Digital and the Digital Impact Alliance, *Closing the Access Gap - Innovation to Accelerate Universal Internet Adoption* (2017), p. 31; véase también el Cuadro 2 del informe, "Key Considerations Unique to Each Community Scenario".

Figura 30. Modelos de acceso en función de los problemas (USAID)



Fuente: USAID *et al.*, nota 77

Para identificar las intervenciones de conectividad del último kilómetro convenientes, una vez seleccionada la localidad/lugar sin conexión correspondiente, es necesario en primer lugar determinar los cinco grandes aspectos que en función de los cuales se han de articular y que pueden dar orientaciones sobre las soluciones posibles. Estos aspectos se ilustran en la Figura 31 y demuestran que la identificación de la solución de conectividad a Internet del último kilómetro más viable y asequible es una cuestión de encaje de distintos factores y puede considerarse un proceso iterativo que implica la identificación y matización de las opciones y selecciones efectuadas en función de los siguientes elementos:

- 1) **Asequibilidad:** Garantizar que el precio del servicio de conectividad para el usuario se sitúa por debajo de un umbral de asequibilidad dado, por ejemplo, como ya se ha expuesto, el 2 por ciento del PNB mensual per cápita por 1 GB de datos móviles en banda ancha. La asequibilidad es fundamental para dar acceso a los usuarios objetivo de cualquier lugar. Las decisiones de orden técnico y financiero pueden influir en el coste final de la conectividad, por lo que es importante seleccionar las características que contribuyen a alcanzar el nivel de asequibilidad deseado.
- 2) **Utilización:** Identificar las aplicaciones y servicios que se han de facilitar a la localidad y el nivel de calidad de servicio necesario de esas aplicaciones y servicios. Entender para qué se utilizará la conectividad es importante, no sólo para garantizar la oferta de un acceso significativo, sino también para determinar qué tipo de red se adapta mejor al lugar escogido. Por ejemplo, una red de gran ancho de banda y alta velocidad puede no resultar la más práctica de desplegar en comunidades rurales con población dispersa donde probablemente sólo se utilice para aplicaciones de mensajería básicas.

Al mismo tiempo, no obstante, la red debe poder acomodar el crecimiento de la demanda y la evolución de los patrones de uso a fin de no convertirse en un freno para el desarrollo de competencias digitales y la adopción de servicios en línea útiles. La selección de una solución de acceso del último kilómetro adecuada implica lograr un equilibrio entre la utilización actual (o prevista) y dejar margen para el crecimiento futuro.

- 3) **Viabilidad financiera:** Comprende medir la viabilidad económica de la inversión privada en el servicio de conectividad sobre la base de la estimación del ARPU, la disponibilidad de conectividad intermedia/de conexión al núcleo, las distintas opciones tecnológicas para el acceso local y el nivel potencial de calidad del servicio. Este factor contribuye a determinar la naturaleza de la brecha de acceso en la localidad escogida y puede tener una gran influencia en el tipo de entidad explotadora adecuada a la intervención. Las zonas en las que podría implantarse una red financieramente viable quizá sólo necesiten una intervención de eficiencia del mercado o de subvención puntual, mientras que las que tienen pocas probabilidades de soportar un servicio comercial del tipo que sea necesitarán subvenciones recurrentes.

La viabilidad financiera también influye en otros aspectos de las soluciones de acceso del último kilómetro, pues algunas tecnologías se adaptan mejor al funcionamiento

comercial, mientras que es probable que las entidades sin fines lucrativos prefieran tecnologías de acceso de bajo coste. Como ocurre con los demás aspectos, la adecuada evaluación de las condiciones de la localidad escogida exige tener una visión integral de las características de esa zona, entender cómo cada factor influye en los demás y determinar qué soluciones son las más adecuadas.

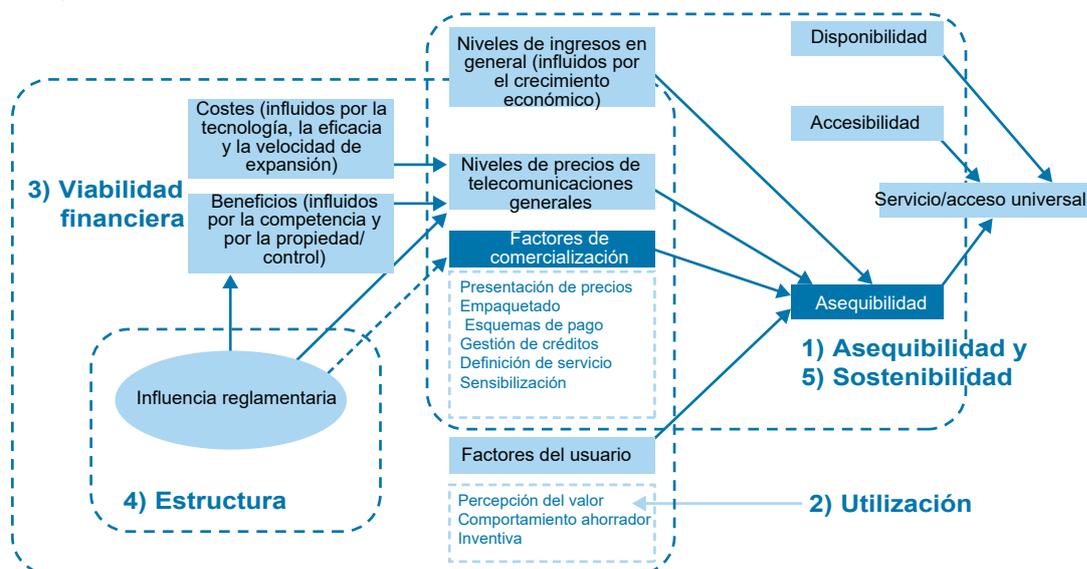
- 4) **Estructura:** Implica la articulación del modelo comercial de la prestación del servicio y la identificación de toda limitación reglamentaria al modelo y las tecnologías utilizadas. Aunque algunas tecnologías o modelos comerciales parezcan más adaptados a una localidad, es posible que las políticas o reglamentaciones existentes los hagan más difíciles, si no imposibles, de desplegar. En la mayoría de los casos, las políticas y reglamentos imponen limitaciones restrictivas que reducen las opciones de intervención, en particular las que son iniciativa de entidades no gubernamentales. La reducción del abanico de opciones a las que pueden llevarse a cabo en el entorno político vigente puede ser un ejercicio útil en la práctica. Por otra parte, entender qué políticas y reglamentos obstaculizan la adopción de una tecnología o modelo comercial adecuados puede orientar a los responsables de políticas y reguladores a la hora de realizar reformas y eliminar obstáculos estructurales.
- 5) **Sostenibilidad:** Exige entender el modelo de ingresos del servicio y toda posible subvención (puntual y/o recurrente). Este aspecto está estrechamente vinculado al de la viabilidad financiera, pues depende de la interacción entre el modelo de ingresos de la solución potencial, el nivel previsto de adopción (y de ingresos) en la localidad escogida y la adecuación de los ingresos previstos para cubrir (como mínimo) los gastos operativos de la red. En el caso de las entidades comerciales con fines lucrativos se plantea además la cuestión de si se puede alcanzar con la solución propuesta un nivel aceptable de rentabilidad dentro de un plazo razonable. Las entidades sin fines lucrativos, por su parte, pueden considerar la posibilidad de recurrir a algún tipo de subvención para soportar la red cuando esté disponible. El problema radica entonces en saber cuán fiables son las subvenciones, hasta qué punto son indispensables para la supervivencia de la solución propuesta y si, en caso de que desapareciese, habría alternativas a dicha subvención. Es fundamental responder a estas preguntas para determinar la sostenibilidad a largo plazo de la intervención.

Figura 31. Componente para seleccionar una solución de conectividad del último kilómetro sostenible y asequible



Los cinco factores para seleccionar una solución de conectividad del último kilómetro asequible tienen su correspondencia en otros marcos de componentes de acceso universal (véase, por ejemplo, la Figura 32). La influencia regulatoria es el punto de partida de la viabilidad económica y refleja el método de intervención por etapas que empieza con intervenciones de ampliación del mercado que aumentan la eficacia del mismo. Sin embargo, es posible que un gobierno desee ofrecer acceso universal aun cuando no se alcance el umbral de rentabilidad, como ocurre con las intervenciones políticas y regulatorias que se traducen en subvenciones, exenciones fiscales y licencias gratuitas o reducidas.

Figura 32. Componentes de una solución de conectividad del último kilómetro asequible en función de otros marcos



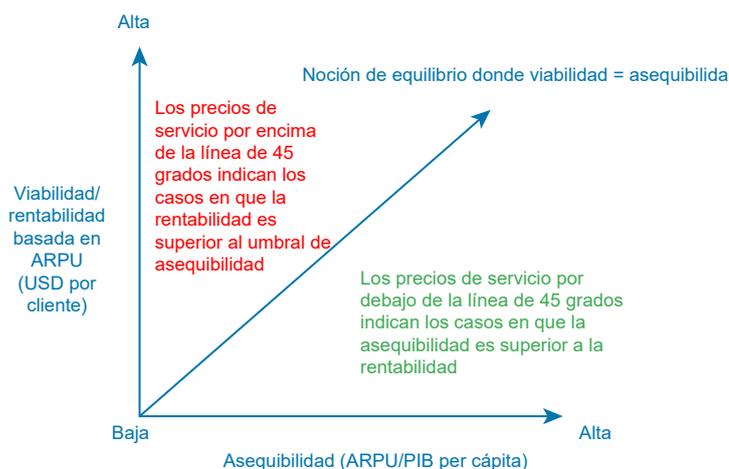
Fuente: Adaptado de C. Milne, Improving Affordability of Telecommunications: Cross-Fertilization between the Developed and the Developing World (15 de agosto de 2006), TPRC 2006. Disponible en SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2104397>

3.1.1 Viabilidad financiera y asequibilidad

Conviene resaltar que la viabilidad financiera del establecimiento del servicio (considerada desde el punto de vista del inversor, se trate de un proyecto de inversión comercial o de un despliegue subvencionado) difiere de la asequibilidad del servicio prestado (considerada desde la perspectiva de los usuarios en la localidad mal abastecida prevista). Si bien la viabilidad financiera depende de la generación de ingresos, presumiblemente a partir de los pagos efectuados por los consumidores, es irrelevante, en términos de esa viabilidad, si los clientes tienen ingresos altos o bajos, o si se trata de empresas y organizaciones en lugar de particulares. Lo que importa es que los ingresos generados cubran los costes del despliegue. La asequibilidad, en particular la asequibilidad de la banda ancha evaluada en función del 2 por ciento del PNB per cápita mensual, depende, por su parte, del perfil del consumidor. Así, aunque un despliegue pueda ser financieramente viable desde el punto de vista del proveedor, pues da conectividad a consumidores (o empresas) con ingresos altos, no estará contribuyendo a alcanzar un objetivo de asequibilidad.

La diferencia se ilustra en la Figura 33, que muestra que un servicio puede ser muy viable/rentable (a ojos del proveedor de servicio), pero poco asequible (para el consumidor medio).

Figura 33. Viabilidad financiera y asequibilidad



La diferencia entre viabilidad financiera y asequibilidad subraya la naturaleza de la relación entre los cinco aspectos anteriores. Para seleccionar la solución adecuada se deberá encontrar la intervención que mejores resultados obtenga en cada factor en función de los objetivos deseados. En la práctica es evidente que muy rara vez una intervención se ajusta perfectamente a la situación. Con frecuencia hará varias intervenciones que ofrezcan grados variables de adecuación en cada factor, de acuerdo con el equilibrio que se logre en relación con determinados objetivos. Lo más adecuado dependerá del equilibrio más adecuado con respecto a los objetivos del organismo que interviene para cerrar la brecha de acceso. Dicho de otra manera, una situación dada puede justificar la realización de múltiples intervenciones complementarias en paralelo.

3.2 Identificar los componentes de una solución de conectividad del último kilómetro adecuada (Fase 3b)

3.2.1 Asequibilidad

Dado que el objetivo de esta Guía de soluciones es fomentar las soluciones de conectividad del último kilómetro que ofrezcan Internet asequible a las comunidades sin servicio y mal abastecidas, el diseño de las eventuales soluciones empezará con la identificación del nivel de precios que se considera asequible.

Una posibilidad es identificar el umbral de asequibilidad del 2 por ciento del PIB per cápita mensual, así como el del 5 por ciento para el análisis de sensibilidad, a partir de las medias nacionales. También puede hacerse un análisis más detallado de los niveles medios de ingresos locales o regionales, que pueden obtenerse de las oficinas nacionales de estadística.

Estas cifras de asequibilidad servirán de orientación para determinar qué tipos de servicios se considerarán asequibles, habida cuenta de que el 2 por ciento del PIB per cápita mensual se considera para 1 GB de datos móviles. (Los umbrales de asequibilidad se tratan en la cláusula 5 de la Introducción - Antecedentes, motivación y objetivos).

El objetivo de la asequibilidad (y de otros componentes esenciales destacados en el modelo de selección, en particular la sostenibilidad) pone de manifiesto la importancia que reviste garantizar que los miembros de una localidad o comunidad - los clientes potenciales del nuevo

servicio - intervienen a la hora de determinar cómo se establece el nuevo servicio. El proceso de diseño de la solución de conectividad del último kilómetro debe incluir mecanismos multipartitos participativos para dar a conocer y tomar en consideración una amplia gama de perspectivas.

En último término, la cuestión de la asequibilidad es subjetiva, pues depende del valor que los usuarios otorgan a la conectividad en relación con el precio monetario que abonan por el servicio. Así, para identificar el nivel de precios que se considera asequible es necesario entender qué servicios utilizarán o se prevé que utilicen los usuarios y hasta qué punto son valiosos para los habitantes de la localidad. Para ello nuevamente es necesario un mecanismo participativo que ayude a entender las necesidades y preferencias de los usuarios.

La asequibilidad es fundamental para el éxito de una intervención, pues determina si la conectividad tendrá efecto en la localidad escogida. Por tanto, las tasas de mercado generales no significan gran cosa - que todo el mundo pague un cierto precio por la conectividad no implica que los usuarios de la localidad escogida estén dispuestos a pagarlo también. Esto deberá tenerse en cuenta en las intervenciones personalizadas capaces de fijar niveles de precios específicamente para las localidades objetivo. A la hora de escoger una solución debe tenerse en cuenta que tal ajuste de los precios puede resultar más difícil para las entidades comerciales que ofrecen sus propios servicios.

3.2.2 Utilización

Determinar previamente la utilización del servicio de conectividad del último kilómetro tendrá grandes consecuencias para el cálculo del tipo de servicio que podría establecerse y cuáles serán su coste y su precio. Puede optarse por determinar la calidad de servicio (y, por ende, la utilización en general) en función de lo que puede soportar el mercado; o puede determinarse más prescriptivamente la utilización de acuerdo con las actividades específicas que deberá proporcionar el servicio de conectividad del último kilómetro, por ejemplo, conectividad a servicios sanitarios (telemedicina), enseñanza a distancia o servicios gubernamentales.

Como se señala en la cláusula 2.3.1), el servicio de conectividad general ofrece una serie de niveles de utilización generalmente limitados por la calidad de servicio y el precio de la conectividad. Si las aplicaciones sectoriales específicas son el objetivo del servicio de conectividad, la calidad de servicio que la red deberá ofrecer estará determinada por los umbrales de calidad de servicio necesaria para esas aplicaciones y servicios. En particular en el caso de las localidades sin servicio alguno, las consideraciones de red, como el ancho de banda por usuario y la calidad de servicio global, serán más o menos idénticas a las del mercado en general. En este ámbito también puede resultar útil un mecanismo participativo en el que participen, si no todos, muchos de los interesados.

En el caso de las comunidades mal abastecidas, los usuarios serán más conscientes de la brecha de acceso en su localidad en términos de lo que pueden o no pueden hacer con la conectividad existente. Uno de los problemas con las comunidades sin servicio alguno es que pueden carecer de patrones de uso y, por tanto, no tener mucho interés en saber qué nivel de conectividad es más adecuado para ellos. Por este motivo, entre otros, la utilización prescriptiva puede ser una medida más útil en esas localidades, por lo menos en lo que respecta a servicios digitales esenciales como la telemedicina y la educación.

Dicho esto, el método participativo puede resultar útil en todos los casos y no hay reglas estrictas para determinar los niveles de utilización reales o potenciales en un lugar dado. Determinar el uso es importante para escoger el modelo comercial y la solución técnica adecuados y es un factor que debe tenerse en cuenta durante el proceso de selección.

3.2.3 Viabilidad financiera

La viabilidad financiera de las distintas formas de prestación de servicio depende de una serie de factores. Los umbrales de asequibilidad (de utilizarse) y los requisitos de utilización (de utilizarse) de las secciones anteriores pueden utilizarse para calcular la viabilidad financiera. También es posible no tener en cuenta esos umbrales, en función de cuál sea el objetivo último de la intervención. La viabilidad financiera depende de una serie de factores propicios y limitaciones restrictivas, algunos de los cuales se articulan aquí.

Es fundamental estimar la demanda potencial del servicio de conectividad para determinar si el servicio generará ingresos suficientes para cubrir las inversiones de capital y los gastos operativos corrientes. Desde el lado de la oferta, las opciones de servicio estarán determinadas por las limitaciones geográficas/medioambientales, las consideraciones técnicas, los precios (de la conexión al núcleo) y los requisitos y limitaciones reglamentarias.

Los componentes clave para estimar la viabilidad financiera incluyen la estimación de la demanda, que conlleva determinar el ingreso per cápita local (o ARPU), el nivel de población y el entorno comercial; el conocimiento del coste del diseño y las tecnologías de red de acceso adecuados, que implica una evaluación de la zona de cobertura geográfica, de la densidad de población de clientes, de la disponibilidad de suministro eléctrico, de las consideraciones reglamentarias y políticas (en particular en lo que respecta a las licencias de PSI y la utilización del espectro) y de las opciones financieras (incluido el gasto de capital), y las limitaciones de la conexión al núcleo, entre ellas la distancia al PdP, la capacidad disponible y el coste del ancho de banda (véase el Cuadro 27).

Sumados, estos factores ayudan a definir una imagen más clara del tipo de gastos de capital y operativo que puede prever la entidad explotadora y del nivel de ingresos necesario para garantizar la viabilidad de la empresa. Las entidades sin ánimo de lucro que funcionan con un nivel de financiación limitado también pueden determinar el tipo de solución de red de acceso financieramente viable con la premisa de que no es necesario obtener beneficios.

La red y las tecnologías de acceso mismas entran dentro de la categoría de inversión de capital y probablemente se determinen en función del precio de los equipos, del despliegue y de las licencias, determinado en gran parte por el mercado. Por otra parte, las limitaciones de conexión al núcleo y la demanda de servicio son dos términos de la ecuación de gastos operativos y pueden depender del modelo de ingresos concreto escogido por la entidad. Dicho de otro modo, la inversión de capital representa el coste mínimo del despliegue del servicio, mientras que los gastos operativos influyen en la capacidad de la entidad para mantener la red en funcionamiento.

Cuadro 27. Componentes de la evaluación de la viabilidad financiera

Consideraciones de viabilidad financiera	Estimación de la demanda	Diseño y tecnologías de red de acceso	Limitaciones de conexión al núcleo
Datos	Ingreso per cápita (o ARPU) Población de la comunidad (o abonos activos) Censo de empresas (privadas, públicas, organizaciones sin ánimo de lucro, etc.)	Zona geográfica que cubrir Densidad de población cliente Disponibilidad de suministro eléctrico Consideraciones políticas y reglamentarias (licencias de PSI, utilización del espectro) Opciones de financiación (incluido el gasto de capital)	Distancia al PdP de conexión al núcleo en algunos casos Capacidad disponible Coste del ancho de banda

3.2.3.1 Estimación de la demanda

La estimación de la demanda de un servicio de conectividad es una función del tamaño de la población y del ingreso per cápita (o ARPU). El número estimado de clientes comerciales potenciales (por encima o por debajo de un tamaño de población dado) también influirá en las opciones de servicio, al igual que la existencia de otras posibles fuentes de ingresos (como las subvenciones directas recurrentes).

En el Cuadro 28 se dan orientaciones sobre el tipo de servicio que con más probabilidad resulte financieramente viable en un lugar dado, con un tamaño de población y un ARPU dados. Las condiciones reales en la práctica pueden, no obstante, diferir en cada caso, dependiendo del objetivo concreto de la intervención: si un gobierno desea ofrecer servicio alámbrico en una zona poco poblada y con bajos ingresos, no se verá afectado por las consideraciones comerciales que influyen el resumen de opciones siguiente.

Para la mayoría de entidades (en particular los proveedores comerciales), el servicio alámbrico fijo se adecúa sobre todo a las zonas muy pobladas, incluso zonas con un ARPU bajo, a causa del coste de despliegue de nuevas redes alámbricas y de su necesidad de escala para que los servicios alámbricos sean financieramente viables. En el otro extremo del espectro, un servicio de punto de acceso Wi-Fi es una solución de bajo coste con grandes probabilidades de viabilidad, sobre todo como servicio complementario de otras formas de acceso, pero necesita una solución de conexión al núcleo viable.

En el caso de las entidades sin fines lucrativos o las entidades susceptibles de recibir financiación o subvenciones, la financiación adicional puede ayudar a cubrir los elevados gastos de capital de una solución concreta, permitiendo su despliegue en zonas donde la rentabilidad es baja. Por ejemplo, si bien una tecnología inalámbrica fija terrenal, como las microondas, normalmente se desplegará en zonas con un ARPU alto donde se puedan recuperar los gastos de capital, gracias a una subvención una entidad podría desplegar esa tecnología incluso en zonas con ARPU medio o bajo. Esto demuestra que la viabilidad financiera depende de las

circunstancias concretas del despliegue y que las soluciones técnicas adecuadas exigen una buena combinación de financiación y diseño de red.

Cuadro 28. Estimación de la demanda por tamaño de población e ingresos

	Población muy pequeña (< 3 000 habitantes)	Población pequeña (3 000 a 10 000 habitantes)	Población más grande (> 10 000 habitantes)
Ingresos más bajos (ARPU < 3 USD/mes)	Datos celulares limitados (2G, 3G); servicio de datos punto de acceso Wi-Fi limitado (posiblemente por satélite)	Datos celulares limitados (2G, 3G); servicio de datos punto de acceso Wi-Fi limitado (posiblemente por satélite)	Datos celulares (2G, 3G, 4G); servicio de datos punto de acceso Wi-Fi (posiblemente por satélite) o inalámbrico fijo (terrenal o por satélite); servicio alámbrico fijo (FTTH, cable, cobre)
Ingresos bajos (ARPU entre 3 y 10 USD/mes)	Datos celulares limitados (2G, 3G); servicio de datos punto de acceso Wi-Fi limitado (posiblemente por satélite)	Datos celulares (2G, 3G, 4G); servicio de datos punto de acceso Wi-Fi (posiblemente por satélite) o inalámbrico fijo (terrenal o por satélite)	Datos celulares (2G, 3G, 4G); servicio de datos punto de acceso Wi-Fi (posiblemente por satélite) o inalámbrico fijo (terrenal o por satélite); servicio alámbrico fijo (FTTH, cable, cobre)
Ingresos más altos (ARPU superior a 10 USD/mes)	Datos celulares (2G, 3G, 4G); servicio de datos punto de acceso Wi-Fi (posiblemente por satélite) o inalámbrico fijo (terrenal o por satélite)	Datos celulares (2G, 3G, 4G); servicio de datos punto de acceso Wi-Fi (posiblemente por satélite) o inalámbrico fijo (terrenal o por satélite); posibles servicios fijos alámbricos	Datos celulares (2G, 3G, 4G); servicio de datos punto de acceso Wi-Fi (posiblemente por satélite) o inalámbrico fijo (terrenal o por satélite); servicio alámbrico fijo (FTTH, cable, cobre)

3.2.3.2 Diseño y tecnologías de red de acceso

Las opciones tecnológicas viables para la red de acceso están determinadas por el tamaño de la población, la zona geográfica y las características topográficas. Las zonas pequeñas con una alta densidad de población pueden recibir servicio con tecnologías de corto alcance, como el Wi-Fi. Las zonas más amplias, no obstante, pueden necesitar una cobertura de red celular o conectividad de satélite directa a los locales. Del mismo modo, los terrenos montañosos con visibilidad directa limitada entre equipos pueden necesitar un diseño de red más complejo y/o la utilización de tecnologías que no necesitan la visibilidad directa.

En el Cuadro 29 se resumen brevemente las opciones tecnológicas y de servicio para determinadas combinaciones de tamaño de población y topografía. Las zonas llanas con las más versátiles en términos de soluciones tecnológicas disponibles para su despliegue, dado que algunas tecnologías dependen de la visibilidad directa. Además, hay tecnologías, como las redes Wi-Fi en malla, que se adaptan mejor a zonas pequeñas y llanas, dada la dificultad de implantar el Wi-Fi en zonas grandes causada por el coste de los equipos de red.

De las distintas tecnologías de acceso, la celular es viable sean cuales sean el terreno y la densidad de población, aunque el aspecto financiero del despliegue puede verse muy influido por factores como el terreno, la disponibilidad de PdP y la densidad de población. Para todas las tecnologías inalámbricas, se ha de tener en cuenta el coste de utilización de recursos de espectro sujetos a licencia, a excepción de las que sólo utilizan bandas sin licencia, como Wi-Fi.

Cuadro 29. Opciones de red de acceso en función de la zona y las características geográficas*

	Zona geográfica pequeña, terreno llano	Zona geográfica pequeña, terreno montañoso	Zona geográfica grande, terreno llano	Zona geográfica grande, terreno montañoso
Umbrales relativos	< 10 km ² ; visibilidad directa posible en la mayor parte del terreno	< 10 km ² ; sin visibilidad directa en la mayor parte del terreno	> 10 km ² ; visibilidad directa posible en la mayor parte del terreno	> 10 km ² ; sin visibilidad directa en la mayor parte del terreno
Posibles opciones de servicio	Red de puntos de acceso Wi-Fi en malla con enlaces punto a punto o punto a multipunto; celular	Celular, satélite	Celular de área extensa o soluciones de satélite; enlaces de microondas punto a punto o punto a multipunto en malla inalámbrica	Celular de área extensa o soluciones de satélite

* El Cuadro 29 se centra en las tecnologías inalámbricas comunes. Pueden considerarse también otras tecnologías emergentes en casos concretos, como el de países que han empezado a conceder licencias a las tecnologías emergentes descritas anteriormente.

3.2.3.3 Limitaciones de conexión al núcleo

Las opciones de calidad de servicio (caudal de ancho de banda medido en términos de descarga, telecarga y latencia) de la red de acceso están limitadas por la conexión al núcleo disponible para interconectar la red de acceso con la infraestructura de red dorsal del país. Así, resulta fundamental identificar las opciones de conexión al núcleo antes de elegir una tecnología. Sin una fuente de conexión al núcleo adecuada, el caudal potencial de toda red de acceso se verá reducido.

En términos de tecnología de acceso, las entidades deben considerar qué tipo de utilización es posible con el ancho de banda que ofrece la conexión al núcleo y diseñar la red con las tecnologías más adecuadas. Aunque algunas intervenciones optan por desplegar redes alámbricas de gran capacidad en previsión del futuro crecimiento de la disponibilidad de conexión al núcleo, esos despliegues con miras al futuro suelen ser obra de los gobiernos u otras entidades que disponen de amplios recursos.

En la mayoría de los casos en que la financiación es una limitación, utilizar de manera óptima los recursos escasos implica escoger la tecnología de red de acceso en función de la conexión al núcleo disponible, habida cuenta moderadamente del futuro crecimiento, según proceda. Por ejemplo, en zonas donde el ancho de banda es escaso se puede optar por desplegar un servicio celular limitado (por ejemplo, 2G y SMS básico), teniendo en cuenta que la conexión al núcleo sólo permitirá una utilización limitada. Esto también influye en lo que la entidad cobrará a los usuarios por acceder a la red, por lo que afecta a la viabilidad financiera global de la empresa.

La disponibilidad de conexión al núcleo también afecta a la elección de los modelos comercial y de ingresos y ayuda a determinar si se necesitan fondos (o subvenciones) adicionales. El

coste del ancho de banda es un gasto operativo recurrente importante y es fundamental para la viabilidad saber si los ingresos previstos por la utilización estimada bastarán para cubrir los costes. En el Cuadro 30 se describen las limitaciones que plantean las diversas combinaciones de disponibilidad de ancho de banda y coste de la conexión al núcleo para las redes de acceso.

Las limitaciones de conexión al núcleo pueden determinar en gran medida la viabilidad de los modelos técnicos y comerciales y se han de tener en cuenta a la luz de los objetivos de la red de acceso. Cuando la conexión al núcleo sólo ofrezca poco ancho de banda a un precio elevado, la viabilidad comercial sólo será posible si el servicio está dirigido a usuarios con altos ingresos, como las empresas y otras organizaciones. Si el objetivo es ofrecer un servicio asequible a toda la población, tal objetivo no podrá alcanzarse, dadas las limitaciones de la conexión al núcleo, o se deberá recurrir a subvenciones para reducir el coste del ancho de banda por usuario a niveles aceptables.

En una situación ideal, la conexión al núcleo ofrece grandes cantidades de ancho de banda a un bajo precio, dando así toda flexibilidad al diseño de la red y la utilización potencial (y, por consiguiente, a los modelos de ingresos). Es importante señalar, no obstante, que para despliegues rurales con conectividad escasa o inexistente, sobre todo en zonas remotas, esa situación será la excepción. La escasez suele aumentar los precios y, en mercados más maduros, los proveedores de conexión al núcleo con frecuencia facilitarán poca capacidad en zonas donde no esperen que la demanda sea importante. Esto plantea un problema a la hora de conectar zonas remotas y con población dispersa a un precio asequible y podrá ser necesario recurrir a las subvenciones para cerrar una verdadera brecha de acceso.

En otros casos, la mejora de la eficiencia del mercado puede animar a los proveedores de conexión al núcleo a ampliar sus redes y ofrecer capacidad a nuevas zonas. Para las redes de acceso es una oportunidad de obtener ancho de banda para su entrega a nuevas localidades. Una vez más, el problema reside en garantizar la asequibilidad de los precios de la conexión al núcleo desde el lado de la oferta (con rebajas fiscales y otros incentivos para reducir el precio del ancho de banda) o de la demanda (con subvenciones).

Cuadro 30. Limitaciones de conexión al núcleo por capacidad (ancho de banda y límites de datos) y precio

	Baja capacidad de conexión al núcleo (ancho de banda y límite de datos)	Alta capacidad de conexión al núcleo (ancho de banda y límite de datos)
Precio bajo	Hay pocas situaciones en las que tanto la capacidad como los precios son bajos, pues una capacidad escasa generalmente aumenta los precios. No obstante, esto puede ocurrir si la capacidad de conexión al núcleo se está dedicando a titulares clave o servicios gubernamentales a tasas reguladas y hay disponible una capacidad adicional mínima para acuerdos comerciales. En este caso siguen pudiéndose soportar servicios de conectividad básicos.	Con una gran capacidad y bajos precios se logra la mayor flexibilidad para el diseño del despliegue de redes de acceso y se limita al mínimo la utilización potencial por los consumidores extremos
Precio alto	Lo normal en las zonas rurales y remotas es que haya poca capacidad a un precio elevado cuando en las inmediaciones la conexión al núcleo disponible es limitada. En tales casos el despliegue de redes de acceso está más limitado, por ejemplo, a usuarios con gran poder adquisitivo, o necesitará estar subvencionado	Una alta capacidad a un precio elevado puede dar lugar a situaciones en que sólo los consumidores con mayores ingresos puedan costearse los servicios, o sea necesario contar con subvenciones públicas, a menos que los modelos comerciales y de ingresos de la red de acceso puedan discriminar efectivamente los precios y segmentar a los consumidores para maximizar la eficiencia

3.2.4 Estructura

La estructura de la entidad que entrega el servicio estará determinada por las opciones disponibles dentro del entorno político y reglamentario del mercado (véase la cláusula 2.10). El entorno político y reglamentario global para la conectividad a Internet en un determinado país contribuirá significativamente a propiciar y fomentar nuevos despliegues de servicios para comunidades no conectadas o será un firme impedimento. En función del tipo de intervención de conectividad del último kilómetro seleccionado, y del entorno político global, cada tipo de intervención de conectividad del último kilómetro afrontará distintos problemas reglamentarios.

En términos generales, las entidades comerciales han de cumplir requisitos reglamentarios más estrictos que las que no tienen fines lucrativos, y los operadores de servicio completo (MNO) han de satisfacer más requisitos que los PSI. Dicho esto, los entornos políticos pueden variar mucho de una jurisdicción a otra y los reglamentos que rigen la entidad dependen del contexto específico. Por ejemplo, los entornos reglamentarios vigentes en algunos países avanzados, como Japón, apenas exigen un proceso de registro para las entidades que sólo ofrecen Internet, mientras que en Filipinas un operador de servicio completo necesita el aval del Congreso, además de adquirir otras licencias, incluso para el espectro.

En el caso de las entidades sin fines lucrativos, un obstáculo habitual a su entrada en el mercado es la concesión de una licencia de utilización del espectro, que en algunos países sólo está disponible para entidades comerciales. En otros, se prevé la utilización del espectro con fines no comerciales. Por consiguiente, las tecnologías que una entidad pretende utilizar pueden influir en el tipo de estructura que mejor se adapta a sus fines.

Una entidad cuyo objetivo es redistribuir el ancho de banda celular disponible con carácter comercial mediante una red en malla Wi-Fi normalmente no necesita solicitar licencias de espectro, pues Wi-Fi utiliza frecuencias radioeléctricas sin licencia. Por otra parte, la utilización de frecuencias celulares normalmente exige una licencia MNO, además de la licencia específica de la frecuencia utilizada. Para las entidades sin ánimo de lucro una manera de evitar tener que solicitar una licencia de espectro es asociarse con un MNO existente para utilizar sus frecuencias (y, generalmente, acceder también a su red). Sin embargo, tal asociación suele enmarcarse en un acuerdo comercial con el MNO.

Dependiendo del entorno político específico, la estructura escogida también puede afectar a las frecuencias (y tecnologías) a las que tiene acceso y al coste a que se pueden obtener los recursos de espectro. En algunos países hay en vigor políticas que facilitan la obtención de recursos de espectro por las entidades sin fines lucrativos o las entidades comerciales de menor tamaño en subastas, por ejemplo, mediante créditos de subasta.

En último término, la opción estructural no sólo atañe al aspecto reglamentario de una entidad explotadora, sino también a sus modelos técnico y comercial. Como ocurre con otros factores, la estructura más adecuada se escoge a la luz del contexto y de los objetivos de la intervención, habida cuenta de las limitaciones que conlleva cada estructura específica, sobre todo en lo que respecta a la utilización de tecnologías inalámbricas. En el Cuadro 31 se destacan algunos de los problemas reglamentarios que pueden afrontar los distintos tipos de intervenciones de conectividad del último kilómetro.

Cuadro 31. Problemas reglamentarios por estructura orgánica

	MNO comercial	PSI comercial	Red móvil local sin ánimo de lucro	Red PSI local sin ánimo de lucro
Problemas reglamentarios	Requisitos de licencias para la explotación comercial de telecomunicaciones; requisitos de derechos de espectro con licencia	Requisitos de licencia PSI comercial	Requisitos de derechos de espectro con licencia (excepto en asociaciones con MNO); posible requisito de licencia de telecomunicaciones	Posible requisito de licencia PSI

3.2.5 Sostenibilidad

En este contexto, la sostenibilidad va más allá de la modelización de los ingresos para evaluar la viabilidad a largo plazo de una intervención, garantizando que se tienen en cuenta los gastos operativos, el crecimiento futuro y las mejoras. Para las entidades comerciales existentes suele ser indispensable para determinar si un nuevo despliegue es factible. Por otra parte, para los nuevos operadores o entidades sin ánimo de lucro, puede resultar problemático garantizar la financiación (a partir de los ingresos y de otras fuentes) necesaria para soportar el funcionamiento a largo plazo y el crecimiento.

Son en particular las entidades sin ánimo de lucro que dependen de subvenciones recurrentes las que tienen que prever la posibilidad de que las subvenciones se acaben o se reduzcan drásticamente. Se conocen muchos casos de pequeñas redes de acceso que ofrecen acceso gratuito que han dejado de funcionar al acabarse las subvenciones. Para estas entidades se

recomienda recurrir a algún tipo de tasa por utilización para garantizar la viabilidad de la intervención.

Como mínimo, tanto las entidades comerciales como las que no tienen ánimo de lucro, deben contar con fuentes de financiación suficientes para cubrir los gastos operativos recurrentes, entre ellos, sobre todo, el ancho de banda, la electricidad y la modernización y el mantenimiento periódico de los equipos de red. Algunas entidades comerciales pueden justificar la prestación continua de servicio en una zona como una pérdida al considerarla una forma de responsabilidad social de la empresa o para cumplir requisitos de obligación de cobertura. Las entidades sin ánimo de lucro, que no pueden permitirse operar a pérdida y cuyas tasas por utilización no son suficientes para lograr un equilibrio, pueden considerar la posibilidad de aceptar contribuciones en especie (equipos de red y trabajo de instalación y mantenimiento de la red) o subvenciones constantes de la localidad o el gobierno.

Una vez que la red ha alcanzado la sostenibilidad de sus operaciones corrientes, surge la cuestión del crecimiento y la expansión de la red. Para las entidades comerciales esto suele responder a un crecimiento de la demanda en la localidad en cuestión y la expansión de la red es una decisión de inversión con sus propios méritos. Para las entidades sin ánimo de lucro que ofrecen conectividad por motivos humanitarios o similares, la ampliación del alcance de la red puede exigir una financiación adicional importante, que no pueden cubrir directamente las tasas por utilización y las subvenciones.

Esto puede resolverse con contribuciones de equipos de socios o miembros de la localidad. Se supone entonces que las tasas por utilización en la nueva zona objetivo bastarán para costear el ancho de banda adicional necesario o que también se recibirán subvenciones para la expansión. La misma lógica se aplica a la modernización de los equipos de red o al incremento del ancho de banda, que pueden costearse subiendo las tasas por utilización o recibiendo más subvenciones. En el Cuadro 32 se destacan los diversos problemas de sostenibilidad que afrontan los distintos tipos de intervención de conectividad del último kilómetro.

Cuadro 32. Consideraciones de sostenibilidad por estructura orgánica

	MNO comercial	PSI comercial	Red móvil local sin ánimo de lucro	Red PSI local sin ánimo de lucro
Consideraciones de sostenibilidad	El funcionamiento comercial debe cubrir gastos (o dar cobertura como responsabilidad social de la empresa o para cumplir requisitos de obligación de cobertura)	El funcionamiento comercial debe cubrir gastos (o dar cobertura como responsabilidad social de la empresa o para cumplir requisitos de obligación de cobertura)	Las tasas por utilización deben suplementarse con contribuciones en especie (instalación y funcionamiento de la red) o subvenciones comunitarias o estatales constantes	Las tasas por utilización deben suplementarse con contribuciones en especie (instalación y funcionamiento de la red) o subvenciones comunitarias o estatales constantes

3.3 Formular una matriz de decisión para las soluciones viables (Fase 3c)

El abanico de opciones que se abre ante una única intervención es muy amplio y el proceso de filtrado de las características de las limitaciones puede ser lineal (por ejemplo, un árbol de decisión) o iterativo (determina el equilibrio básico de todas las particularidades y limitaciones propias de cada situación).

En el Cuadro 33 siguiente se presenta una matriz de decisión que puede contribuir a filtrar las opciones de intervención pertinentes a partir de las características y limitaciones presentadas anteriormente. Los criterios de asequibilidad y uso pueden aplicarse *ex-ante* al proceso de selección sobre la base de las decisiones adoptadas para limitar las intervenciones a aquéllas que alcanzan ciertos umbrales de precio de servicio para niveles de servicio predeterminados.

En el caso de los criterios de viabilidad financiera, estructura de las entidades potenciales y sostenibilidad, las distintas características de los cuatro tipos de intervención determinarán cuál puede ser la solución más viable.

Sin embargo, para cualquiera de los tipos de intervención enumerados (MNO comercial, PSI comercial, red móvil local sin ánimo de lucro o red PSI local sin ánimo de lucro) pueden utilizarse distintas tecnologías y, en la mayoría de los casos, pueden desplegarse múltiples tecnologías en distintas partes de la cadena de valor de las telecomunicaciones, así como en diferentes partes de la red. Estas redes híbridas basadas en la tecnología (también conocidas como redes heterogéneas) también pueden contar con diversos modelos comerciales. Un tipo de matriz de soluciones para identificar las posibles intervenciones es el árbol de decisión (véase el Anexo 3).

Cuadro 33. Matriz de decisiones para identificar las soluciones adecuadas

		MNO comercial	PSI comercial	Red móvil local sin ánimo de lucro	Red PSI local sin ánimo de lucro
Asequibilidad		Medida <i>ex-ante</i> del umbral de asequibilidad (como el 2 por ciento del PNB per cápita mensual por 1 GB de datos en banda ancha móvil) aplicada a nivel nacional o local; determinación de si esto regirá el proceso de selección o se utilizará sólo como medida externa del progreso			
Utilización		Determinación <i>ex-ante</i> del requisito de utilización: ¿la utilización estará determinada por lo que soporta el mercado (y la viabilidad financiera) o hay servicios y aplicaciones específicos (como cibergobierno, ciber salud o cibereducación) que exigen el cumplimiento de umbrales de calidad de servicio específicos?			
Viabilidad financiera	Estimación de la demanda y la viabilidad financiera	Población pequeña/ingresos bajos Población pequeña/ingresos más altos población más grande/ingresos bajos Población más grande/ingresos más altos	Población pequeña/ingresos bajos Población pequeña/ingresos más altos población más grande/ingresos bajos Población más grande/ingresos más altos	Población pequeña/ingresos bajos	Población pequeña/ingresos bajos Población pequeña/ingresos más altos población más grande/ingresos bajos
	Opciones de calidad de servicio (conexión al núcleo)	Alta capacidad y precios competitivos Baja capacidad y precios elevados	Alta capacidad y precios competitivos	Baja capacidad y precios elevados	Baja capacidad y precios elevados
	Características de la red de acceso	Zona pequeña/terreno llano Zona más grande/terreno llano	Zona pequeña/terreno llano Zona pequeña/terreno montañoso Zona más grande/terreno llano Zona más grande/terreno montañoso	Zona pequeña/terreno llano; Zona pequeña/terreno montañoso; Zona más grande/terreno llano	Zona pequeña/terreno llano Zona pequeña/terreno montañoso Zona más grande/terreno llano Zona más grande/terreno montañoso
Estructura		Requisitos de licencia de explotación comercial de telecomunicaciones; requisitos de derechos de espectro con licencia	Requisitos de licencia PSI comercial	Requisitos de derechos de espectro con licencia (excepto asociación con MNO); puede necesitarse una licencia de telecomunicaciones	Puede necesitarse una licencia PSI

Cuadro 33. Matriz de decisiones para identificar las soluciones adecuadas (continuación)

	MNO comercial	PSI comercial	Red móvil local sin ánimo de lucro	Red PSI local sin ánimo de lucro
Sostenibilidad	El funcionamiento comercial debe cubrir gastos (o dar cobertura como responsabilidad social de la empresa o para cumplir requisitos de obligación de cobertura)	El funcionamiento comercial debe cubrir gastos (o dar cobertura como responsabilidad social de la empresa o para cumplir requisitos de obligación de cobertura)	Las tasas por utilización deben suplementarse con contribuciones en especie (instalación y funcionamiento de la red) o subvenciones comunitarias o estatales constantes	Las tasas por utilización deben suplementarse con contribuciones en especie (instalación y funcionamiento de la red) o subvenciones comunitarias o estatales constantes

3.4 Considerar herramientas adicionales para evaluar las soluciones (Fase 3d)

Existe toda una gama de herramientas adicionales para dimensionar adecuadamente los despliegues de redes y estimar las necesidades de inversión. La Comisión Europea, por ejemplo, utiliza un árbol de decisión que va desde la definición de un plan de banda ancha inicial hasta el establecimiento de un plan de acción de ejecución, pasando por la elección de tipos de infraestructura, modelos de inversión, modelos comerciales y herramientas de financiación.⁶⁵ Del mismo modo, el Banco Mundial dispone de un árbol de decisión para distintas hipótesis, o niveles de implicación, de la intervención estatal en el despliegue de la infraestructura.⁶⁶

En el Cuadro 34 se presentan otros árboles de decisión, además de las herramientas de modelización de la inversión (informes y hojas de cálculo) que ayudan a estimar el coste del despliegue, los ingresos potenciales y la viabilidad económica. En la herramienta *ICT Infrastructure business planning toolkit* de la UIT, en particular, se presenta una gama de análisis económicos para estimar los principales parámetros financieros de toda inversión en infraestructura posible, como la demanda, los ingresos, los gastos de capital, los gastos operativos, los costes medios ponderados y el valor presente neto.⁶⁷

⁶⁵ Comisión Europea, [Modelos de negocio básicos](#) (página web, última actualización del 3 de julio de 2020).

⁶⁶ Banco Mundial, op. cit., nota 76.

⁶⁷ UIT, *ICT Infrastructure business planning toolkit* (Ginebra, 2019).

Cuadro 34. Herramientas adicionales para evaluar las soluciones (soporte de decisiones y modelización de inversiones)

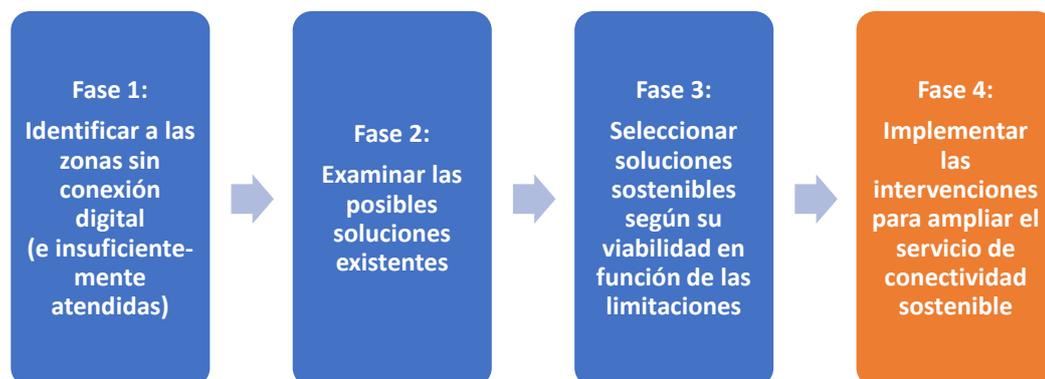
Tipo de herramienta	Nombre de la herramienta	URL	Aplicabilidad
Soporte de decisiones	Modelización de inversiones de la Comisión Europea	https://ec.europa.eu/digital-single-market/node/77755	Proceso de selección del modelo comercial
	Innovative Business Models del Banco Mundial	http://documents.worldbank.org/curated/en/674601544534500678/pdf/132845-7-12-2018-17-20-11-InnovativeBusinessModels.pdf	Determinación del soporte público a la infraestructura de red núcleo
	Selección de infraestructura de telecomunicaciones rurales	https://pdfs.semanticscholar.org/1b90/b5db52b035292c06d35f95d13cb4ba1e9e5e.pdf	Diversos criterios para la conectividad del último kilómetro rural
	Informe "Closing the Access Gap" con consideraciones clave y modelos de acceso	https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/15396/Closing-the-Access-Gap.pdf	Identificación de modelos de acceso de conectividad del último kilómetro
Modelización de inversiones	ICT Infrastructure business planning toolkit de la UIT	https://www.itu.int/en/ITU-D/Technology/Documents/Publications/ICT%20Infrastructure-business-toolkit.pdf	Requisitos de inversión de red
	Modelo del Informe "Connecting Africa Through Broadband"	https://www.broadbandcommission.org/Documents/working-groups/DigitalMoonshotforAfrica_Report.pdf	Modelización de las inversiones en acceso universal nacional
	Internet for All Investment Tool (Foro Económico Mundial)	http://www3.weforum.org/docs/IFA_models_for_year.xlsx	Expone una herramienta de modelización de inversiones utilizada en África Oriental
	Last-mile Connectivity Business Modelling Tool (USAID)	http://inclusion.digitaldevelopment.org/resources/last-mile-connectivity-business-modeling-tool	Modelización financiera de las intervenciones de conectividad del último kilómetro

Capítulo 4. Implementar las intervenciones para ampliar el servicio de conectividad sostenible (Fase 4)



Una vez identificadas las soluciones viables, la siguiente fase del proceso consiste en determinar qué medidas adicionales pueden necesitarse para su implementación. La Fase 4 se centra en esas medidas de apoyo. En la Figura 34 se ilustra la situación de esta fase en el proceso global y se indican las actividades que la componen.

Figura 34. Fase 4 en la Guía de soluciones para la conectividad a Internet del último kilómetro



Actividades de la Fase 4 para implementar las intervenciones para ampliar el servicio de conectividad sostenible

- 4a - Opciones de intervención - Introducción
- 4b - Opciones de intervención - Medidas para la eficacia del mercado
- 4c - Opciones de intervención - Financiación única (subvenciones inteligentes)
- 4d - Opciones de intervención - Financiación/subvenciones recurrentes
- 4e - Ejemplos de opciones (extraídos de los estudios de caso presentados)

4.1 Opciones de intervención - Introducción (Fase 4a)

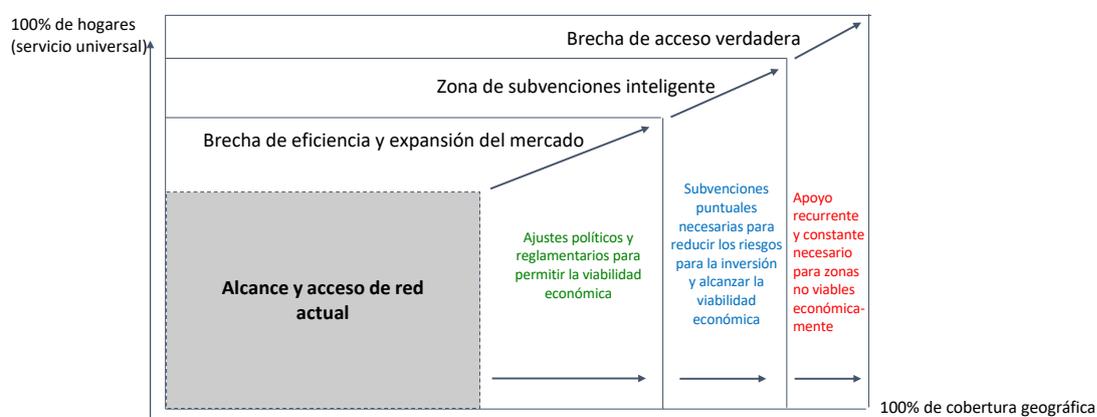
Como se señala en la cláusula 2.3.3.1, hay tres grandes tipos de intervención para aumentar la cobertura y el servicio universales para la conectividad a Internet. Estas tres categorías de intervención también se utilizan en esta Guía de soluciones para agrupar las intervenciones que fomentan el despliegue del servicio de conectividad del último kilómetro (véase la Figura 35).

La primera categoría engloba las intervenciones políticas y reglamentarias que amplían la prestación de servicios económicamente viable (denominada aquí eficiencia del mercado e intervenciones de expansión). Comprende las medidas que resuelven los fallos del mercado y limitan el potencial de inversión del sector privado en la prestación del servicio.

La segunda categoría se refiere a la financiación puntual o la subvención limitada que eliminan riesgos para la inversión privada (también denominadas subvenciones inteligentes). Comprende una gama de medidas de financiación pública (e incentivos fiscales) puntuales y se describe en la cláusula 4.3.

La última categoría se centra en la financiación pública recurrente cuando la prestación del servicio no es económicamente viable, pues el mercado ofrece una rentabilidad insuficiente a la inversión de capital privado y se necesitan subvenciones constantes y recurrentes para prestar el servicio. En la cláusula 4.4 se describen las opciones de intervención disponibles.

Figura 35. Distintas intervenciones para las diversas brechas de acceso



Fuente: Herramienta de reglamentación de las TIC de la UIT, nota 42

4.2 Opciones de intervención - Medidas para la eficacia del mercado (Fase 4b)

En el Cuadro 35 se resumen algunas de las medidas políticas y reglamentarias que amplían la prestación rentable del servicio fomentando la expansión del mercado y el despliegue, y solucionando fallos del mercado, junto con su aplicabilidad a las distintas intervenciones de conectividad del último kilómetro.

Mejorar los recursos de información del mercado sobre, por ejemplo, cobertura de red, activos infraestructurales, densidad e ingresos de la población y suministro eléctrico para poder identificar con exactitud las poblaciones sin cobertura y las soluciones que necesitan, es un paso fundamental para mejorar la eficacia del mercado. Cuando se desconocen zonas sin servicio o mal abastecidas, los acuerdos comerciales existentes pueden resultar en un fallo del mercado. Garantizar que las entidades comerciales disponen libremente de suficiente información para tomar decisiones sobre la expansión de la red con conocimiento de causa puede contribuir a mejorar la cobertura y llevar la conectividad hasta el último kilómetro.

La autorización de licencias específicas para zonas rurales con requisitos simplificados facilita la entrada de entidades comerciales y sin ánimo de lucro en localidades sin servicio o mal abastecidas. La licencia de microoperador de red móvil de Tanzania, por ejemplo, fomenta el despliegue del servicio celular en pequeñas poblaciones de zonas rurales. Es modelo se revela de particular utilidad cuando los requisitos reglamentarios impuestos a un operador de servicio completo suponen un obstáculo a la aparición de nuevas entidades.

En la misma línea, la autorización de licencias de operador sin fines de lucro, no sujetas a las mismas tasas elevadas y obligaciones estrictas impuestas a los operadores comerciales, reduce los obstáculos a la entrada reconociendo que esas entidades no tienen los mismos modelos de ingresos que los operadores comerciales. Esos incentivos pueden también ofrecerse a los operadores existentes para que amplíen sus redes y servicios.

Al reducir el coste de las licencias de espectro para zonas rurales y/o otorgar una atribución directa con fines sociales se reconoce que las tasas de licencias de espectro pueden representar un obstáculo importante al despliegue de la conectividad inalámbrica en el último kilómetro por entidades de pequeño tamaño. Sobre todo, en el caso de las frecuencias celulares cuya asignación se subasta, puede resultar difícil recuperar el coste de las licencias en zonas rurales escasamente pobladas, sobre todo cuando ese coste se suma al del despliegue. Reducir el coste de las licencias, conceder créditos de subasta para las frecuencias o atribuir frecuencias con fines sociales reduce los obstáculos financieros al despliegue de la tecnología celular en zonas donde puede ser conveniente a nivel técnico, pero financieramente inviable a causa del coste de las licencias de espectro.

De manera semejante puede autorizarse la utilización secundaria del espectro. En zonas donde una entidad con licencia para utilizar ciertas bandas de frecuencias no utiliza esas frecuencias o no dispone de una red para ello, autorizar la utilización secundaria del espectro fomenta la utilización eficiente de los escasos recursos de espectro. La compartición del espectro previene la ineficacia del mercado que conlleva un régimen de licencias. En tal caso es necesario reconocer que las entidades de pequeño tamaño (en particular, los MNO sin ánimo de lucro) pueden utilizar frecuencias ya asignadas a otro operador, cuando éste no ha encontrado una manera comercialmente viable de llevar la conectividad a la localidad deseada.

La autorización de la utilización comercial y no comercial de las bandas sin licencia y/o exentas de licencia abre el abanico de opciones tecnológicas para el despliegue de tecnologías inalámbricas. En el caso de Brasil, la autorización concedida a CELCOM, una red celular comunitaria, para utilizar la Licencia especial para fines científicos y experimentales a fin de acomodar servicios y aplicaciones de banda ancha ayudó a cerrar la brecha de acceso en las localidades interesadas. Allí donde se disponga de la tecnología necesaria para utilizar las bandas sin licencia y/o exentas de licencia para llevar la conectividad, autorizar a los operadores a utilizarlas abre el abanico de opciones para las entidades que desean ofrecer acceso del último kilómetro.

En muchos países las licencias de espectro se conceden a nivel nacional, de manera que las entidades pueden ser titulares de una licencia de una banda de frecuencias particular incluso en zonas donde no se utilizan esas frecuencias. Una manera de garantizar la eficacia en el uso de los escasos recursos de espectro es implementar y exigir obligaciones de cobertura (con requisitos de calidad de servicio) al asignar licencias de espectro. Al obligar a los operadores a ofrecer una calidad de servicio determinada en una zona de cobertura concreta, los usuarios podrán beneficiar más ampliamente de los recursos de espectro asignados a los MNO. Esa política podría complementarse con tasas de espectro más bajas, subvenciones u otros incentivos financieros,⁶⁸ siendo particularmente útil en países donde los MNO concentran la construcción de sus redes (centros metropolitanos).

En términos generales, autorizar la utilización innovadora de tecnologías de la comunicación para el despliegue de servicios comerciales y no comerciales crea un entorno político tecnológicamente neutro que alienta la utilización creativa de la tecnología disponible para el despliegue en las zonas necesitadas. En muchos casos hay soluciones para los problemas técnicos (como el terreno) que impiden el acceso a una localidad. Permitir a las entidades utilizar tecnologías como las HAPS para superar esos problemas puede contribuir a cerrar la brecha de acceso, sobre todo cuando las tecnologías tradicionales se revelan insuficientes o no son financieramente viables.

En zonas donde los mercados son relativamente maduros, la itinerancia nacional y la compartición de infraestructura (de redes pasiva y activa) puede ayudar a superar problemas de competencia que impiden el acceso del último kilómetro asequible. Por ejemplo, cuando los operadores tradicionales fuertes disponen de redes independientes que dan cobertura a distintas zonas geográficas, un plan de itinerancia nacional y compartición de infraestructura puede ayudar a llevar servicios competitivos a nuevas localidades, lo que reducirá los precios al consumo.

En los países con pocos operadores intermedios, sobre todo cuando los proveedores intermedios son entidades integradas verticalmente que también ofrecen servicios propios competitivos a los usuarios extremos, una manera de mejorar la competencia es implementar una regulación de precios a la capacidad de banda ancha al por mayor intermedia, garantizando unas condiciones equitativas para los PSI de acceso de menor tamaño. Al igualar las condiciones en el último kilómetro, los pequeños PSI de acceso pueden repercutir los ahorros realizados en el ancho de banda a los consumidores ofreciendo la conectividad a precios más asequibles.

⁶⁸ En 2018, Arcep y los operadores móviles anunciaron un plan denominado "New Deal Mobile" para mejorar la conectividad en zonas rurales de Francia.

La supresión de las limitaciones a la propiedad extranjera de PSI y las restricciones a la inversión reporta beneficios varios que repercuten todos ellos en una mayor eficacia del mercado. Más concretamente, la apertura del mercado a los operadores extranjeros mejora la competencia y contribuye a reducir los costes de acceso para los usuarios extremos. La autorización de PSI de propiedad íntegramente extranjera también alienta la entrada de talentos extranjeros, que traen consigo la experiencia de mercados más maduros, lo que puede traducirse en decisiones de despliegue más inteligentes. La eliminación de los límites a la inversión también contribuye a la integración en el mercado de operadores deseosos de utilizar tecnologías menos maduras y más arriesgadas que los operadores tradicionales, fomentando así la innovación en la prestación de acceso.

Un problema habitual para los pequeños operadores que quieren utilizar frecuencias celulares es el elevado coste del espectro en las subastas. Las alternativas a la atribución de espectro mediante elevadas subastas permiten a los operadores con menos recursos acceder a las frecuencias celulares, permitiéndoles desplegar sus propias redes y mejorar el acceso a la conectividad. Del mismo modo, reducir el precio del espectro para los operadores nacionales existentes podría permitirles invertir más en el despliegue de redes, ampliando así su cobertura.

En términos más generales, fomentar la competencia en el mercado es una gran manera de mejorar la eficacia del mismo. Ya sea con más operadores, con competencia, reglamentos antimonopolio u otros mecanismos, el aumento de la competencia permite reducir el coste del acceso para los usuarios extremos. Un mercado más competitivo también opone menos obstáculos a los eventuales nuevos operadores, que pueden optar por desplegar sus redes en zonas mal abastecidas por los operadores tradicionales, aumentando directamente la cobertura de acceso.

La reducción de los dilatados procesos de concesión de licencias y las elevadas tasas reglamentarias impuestas a los terminales de satélite y el espectro no sólo mejora la viabilidad financiera de las entidades inalámbricas, sino que también acelera el despliegue y lleva más rápidamente la conectividad a las localidades que más la necesitan. Los procesos largos y las tasas elevadas son un obstáculo a la prestación eficiente de servicios, por lo que los reguladores deberían procurar racionalizarlos cuando sea posible a fin de mejorar la eficacia del mercado.

La implementación de reglamentos de "excavación única" para garantizar el despliegue simultáneo de conductos de fibra óptica durante la construcción de nuevas carreteras tiene un efecto similar para las redes de acceso inalámbricas o para la conexión al núcleo. Gran parte del coste que supone desplegar redes alámbricas subterráneas corresponde a las obras necesarias para desplegar la fibra (u otras tecnologías alámbricas). Además, la excavación de carreteras conlleva un largo proceso burocrático en el que intervienen permisos de construcción, derechos de paso y otros requisitos semejantes, y puede obstaculizar indebidamente zonas con mucho tráfico. La aplicación de una política de "excavación única" contribuye a eliminar esos obstáculos y hace que el despliegue de redes alámbricas sea más atractivo, ya sea en zonas urbanas o rurales.

Del mismo modo, relajar los requisitos de derechos de paso y anexión a postes para el despliegue intermedio en zonas rurales y remotas aumenta la viabilidad financiera de la conexión al núcleo en esas localidades. Concretamente, cuando el coste y la disponibilidad de la conexión al núcleo son una limitación estricta, esta intervención puede aumentar la asequibilidad y disponibilidad del acceso del último kilómetro.

Cuadro 35. Intervenciones de eficiencia del mercado y su aplicabilidad a los distintos modelos de conectividad del último kilómetro

Intervenciones de eficiencia y expansión del mercado (no financieras)	Ejemplos	MNO comercial	PSI comercial	Red móvil local sin ánimo de lucro	Red PSI local sin ánimo de lucro
Mejorar los recursos de información del mercado sobre, por ejemplo, cobertura de red, activos infraestructurales, densidad e ingresos de la población y suministro eléctrico para poder identificar con exactitud las poblaciones sin cobertura y las soluciones que necesitan	Los Mapas de cobertura móvil de la GSMA pueden mejorar la eficacia de la inversión en infraestructura de MNO y ayudar a otros interesados a orientar estratégicamente sus actividades; el atlas de infraestructura de Alemania, herramienta central de información y planificación para la expansión de la banda ancha en Alemania, contiene datos de más de 1 500 operadores de red y de las autoridades federales, estatales, de distrito y locales; el decreto de California para crear una base de datos/censo compartido de postes y conductos de servicios públicos; pueden consultarse otros ejemplos de datos de telecomunicaciones en Open Telecom Data	√	√	√	√
Autorizar licencias específicas para zonas rurales con requisitos simplificados	La autorización de Tanzania de una prueba para la concesión de licencias en zonas rurales a un modelo de microMNO (véase el estudio de caso de CUK); la experiencia de India con Bluetown y la concesión de permiso a los PSI inalámbricos para ejercer de proveedores de servicio de punto de acceso gestionado en comunidades con bajos ingresos (véase el estudio de caso de CUK); el ejemplo de Perú con una licencia de operador de infraestructura móvil rural (véase el estudio de caso de CUK)	√	√	√	√
Autorizar licencias de operador comunitario que no aplican las mismas tasas elevadas y obligaciones estrictas que a los operadores comerciales	La Resolución reglamentaria 4958 de 2018 de Argentina, que otorga una dispensa especial a los pequeños operadores; la experiencia de India con AirJaldi, que empezó como un pequeño operador comunitario local y acabó ampliando sus operaciones comerciales hasta alcanzar cientos de miles de usuarios (véase el estudio de caso de CUK)			√	√

Cuadro 35. Intervenciones de eficiencia del mercado y su aplicabilidad a los distintos modelos de conectividad del último kilómetro (continuación)

Intervenciones de eficiencia y expansión del mercado (no financieras)	Ejemplos	MNO comercial	PSI comercial	Red móvil local sin ánimo de lucro	Red PSI local sin ánimo de lucro
Licencias de espectro reducidas para zonas rurales y/o atribución directa para fines sociales	La Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión de 2014 de México, <u>que introduce una concesión de "uso social" en las asignaciones de espectro, reservada para fines de comunitarios, educativos, culturales o científicos</u>	√		√	
Regular los precios de la capacidad de banda ancha al por mayor intermedia, garantizando condiciones equitativas para los pequeños PSI de acceso	Norma obligatoria sobre los precios de acceso de Malasia; ejemplo de establecimiento de tasas de conexión asimétricas en Perú (véase el estudio de caso de CUK)	√	√	√	√
Eliminar las limitaciones a la propiedad extranjera de PSI y las restricciones a la inversión	Experiencia de Camboya de fomento de la competencia en el mercado PSI	√	√		
Considerar alternativas a la atribución de espectro en subastas onerosas	Experiencia de Camboya de reducción de los costes operativos en el mercado PSI	√		√	
Fomentar la competencia en el mercado	Experiencia de Ghana con la concesión de licencias adicionales para garantizar la ausencia de monopolios en la prestación de servicios	√	√	√	√
Reducir la duración del proceso de concesión de licencias y las elevadas tasas reglamentarias aplicadas a terminales de satélite y espectro	Community Connect Best Practices de Geeks Without Frontiers para operadores de redes de satélites, reguladores, y proveedores e integradores de servicio	√	√	√	√
Aplicación de reglamentos de "excavación única" que garantizan el despliegue simultáneo de conductos para fibra durante la construcción de nuevas carreteras	United States Federal Communications Commission Broadband Deployment Advisory Committee State Model Code for Accelerating Broadband Infrastructure Deployment and Investment; CTC Net's Technical Guide to Dig Once Policies y White Paper	√	√	√	√

Cuadro 35. Intervenciones de eficiencia del mercado y su aplicabilidad a los distintos modelos de conectividad del último kilómetro (continuación)

Intervenciones de eficiencia y expansión del mercado (no financieras)	Ejemplos	MNO comercial	PSI comercial	Red móvil local sin ánimo de lucro	Red PSI local sin ánimo de lucro
Relajar los requisitos de derechos de paso y anexión a postes para el despliegue intermedio en zonas rurales y remotas	One Touch Make Ready (también conocido como One Touch y cuya abreviatura es OTMR) es un elemento de un decreto de la Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos (FCC 18-111) cuyo objetivo es acelerar el proceso de anexión de nuevas instalaciones de red a los postes de servicios públicos, y reducir su coste, permitiendo que una sola entidad prepare rápidamente el poste, en lugar de repartir el trabajo entre múltiples entidades.	√	√	√	√
Autorizar la utilización secundaria del espectro		√		√	
Autorizar la utilización comercial y no comercial de bandas sin licencia y/o exentas de licencia	Experiencia de Brasil con la autorización a CELCOM, red celular comunitaria, a utilizar la Licencia especial para fines científicos y experimentales como define el regulador, Anatel (véase el estudio de caso de CUK); experiencia de Brasil permitiendo a Anatel definir la gama de frecuencias 225-270 MHz como alternativa para acomodar servicios y aplicaciones de banda ancha (véase el estudio de caso de CUK)	√	√		√
Implementar e imponer obligaciones de cobertura (con requisitos de calidad de servicio) en la asignación de licencias de espectro nacionales	Las licencias 5G de Austria en la banda de 700 MHz incluirán la cobertura de 900 comunidades mal abastecidas; obligación de cobertura en Suecia para la banda de 700 MHz; Experiencia de Brasil garantizando obligaciones de cobertura en el régimen de licencias de espectro	√			

Cuadro 35. Intervenciones de eficiencia del mercado y su aplicabilidad a los distintos modelos de conectividad del último kilómetro (continuación)

Intervenciones de eficiencia y expansión del mercado (no financieras)	Ejemplos	MNO comercial	PSI comercial	Red móvil local sin ánimo de lucro	Red PSI local sin ánimo de lucro
Fomentar la utilización innovadora de las tecnologías de comunicación para el despliegue de servicios comerciales y no comerciales	Experiencia de Perú con la política reglamentaria que permite a los MNO concluir acuerdos de compartición y establecer asociaciones mayoristas (Internet para Todos) (véase el caso de estudio de CUK); Experiencia de Brasil al permitir a Viasat ofrecer servicios comerciales por la red gubernamental Telebras (véase el caso de estudio de CUK)	√	√	√	√
Soporte de la itinerancia nacional y la compartición de infraestructura (redes activas y pasivas)	Infraestructura rural compartida en Reino Unido; Experiencia de Brasil con la compartición del espectro	√	√	√	√
Soporte de licencias globales para equipos terminales de usuario	The Satellite Communications Applications Handbook; Decisión CEE(03)04	√	√	√	√

4.3 Opciones de intervención - Financiación única (subvenciones inteligentes) (Fase 4c)

La concesión de una ayuda financiera limitada puede servir para eliminar riesgos para la inversión privada. En el Cuadro 36 se resumen las medidas concretas que pueden tomarse a este respecto.

En los mercados con operadores establecidos, la recaudación y distribución de fondos de servicio universal para subvenciones puntuales destinadas a eliminar los riesgos del despliegue anima a los operadores tradicionales a llevar sus redes hasta zonas rurales y remotas. El coste de construcción de redes en zonas con una demanda potencial inferior a la que ya posee la red existente no suele ser atractivo para los operadores, cuya motivación comercial será escasa o nula al nivel de costes vigente. Una subvención puntual que reduzca el coste del despliegue podrá mejorar las perspectivas para esas entidades y hará que el despliegue a las localidades objetivo sea financieramente viable.

En mercados menos maduros con más riesgos sistémicos, permitir y fomentar el establecimiento de asociaciones público-privadas para reducir los riesgos animará a los nuevos operadores a entrar en el mercado y a los existentes a ampliar sus redes. Limitando la exposición a los riesgos a través de esas asociaciones, las entidades privadas se mostrarán más proclives a invertir sus recursos en zonas, a menudo rurales, cuya rentabilidad puede no ser tan buena como la de la zona de cobertura existente.

De manera semejante, permitir y fomentar estructuras de inversión financiera mixtas, que aúnen el capital comercial para la financiación de proyectos con capital público y/o privado con expectativas de rentabilidad subcomercial (también denominado capital paciente) reduce

los riesgos del despliegue o la expansión de redes en zonas de baja rentabilidad. La creación de estrategias de financiación destinadas a paliar los riesgos puede ayudar a cerrar la brecha de acceso causada por la incertidumbre de la demanda o por un crecimiento de la demanda lento en las zonas rurales.

Para las entidades sin fines lucrativos una importante manera de reducir el coste del despliegue es autorizar las contribuciones en especie flexibles (hardware, software y capacidad técnica) de los sectores público y privado. Estas entidades con frecuencias esperan, como mucho, equilibrar los gastos operativos y no un rendimiento del capital invertido. Esto implica que las zonas que normalmente no serían atractivas para los operadores comerciales serán viables para las entidades sin fines lucrativos. El principal obstáculo en su caso será el coste de adquisición y despliegue de equipos de red para dar acceso. La autorización de las contribuciones en especie reduce los costes y fomenta la entrada de operadores no comerciales.

Allí donde se dispone de conexión al núcleo, pero donde las redes de acceso del último kilómetro no están operativas por motivos de viabilidad financiera, la concesión de incentivos fiscales a los proveedores de servicio del último kilómetro puede alentar a los operadores a integrarse en el segmento y ofrecer conectividad. Mediante la concesión efectiva de una subvención para el despliegue de redes, intervenciones como el incentivo fiscal a la inversión en capital para proveedores de servicio del último kilómetro de banda ancha de Malasia incentiva la expansión a zonas que de otro modo no serían comercialmente viables.

En otros contextos un obstáculo importante al acceso puede ser el elevado precio de los dispositivos de acceso. La reducción de las tasas impuestas a los dispositivos móviles y de conectividad mejora directamente el acceso en zonas donde esas redes ya existen. Además, intervenciones de este tipo contribuyen a aumentar la demanda potencial en zonas sin servicio o mal abastecidas, pues más personas dispondrán de los dispositivos necesarios cuando la conectividad esté disponible. De este modo puede aumentarse el atractivo comercial de la introducción o la ampliación de una red a nuevas zonas.

Cuadro 36. Financiación única u opciones de subvención limitada y su aplicabilidad a los distintos modelos de conectividad del último kilómetro

Financiación única o subvención	Ejemplos	MNO comercial	PSI comercial	Red móvil local sin ánimo de lucro	Red PSI local sin ánimo de lucro
Recaudación y distribución de fondos de servicio universal para subvenciones puntuales a fin de eliminar los riesgos del despliegue	Fondo de servicio y acceso universal de Rwanda, que se centra en reducir el coste de la banda ancha en las comunidades rurales y urbanas pobres y en dar conectividad a servicios esenciales; Fondo de acceso universal para las telecomunicaciones (FONATEL) de Costa Rica, que ha logrado grandes avances en el acceso universal; Fondo de servicio universal de Marruecos, que soporta su programa de acceso universal para conectar lugares remotos fuera del alcance de las redes terrenales (inicialmente 8 000 localidades) utilizando la tecnología de satélite según un modelo comercial de pre-pago comercialmente viable (véase el estudio de caso de CUK)	√	√	√	√
Permitir y fomentar asociaciones público-privadas que reducen riesgos	Infraestructura rural compartida en Reino Unido; Despliegue de fibra para acceso abierto en Georgia; La red de cable Interchange 1 (ICN1), que conecta Vanuatu a la red de cable de la Cruz del Sur; Ejemplo de Perú al conceder financiación para subastas mediante subvenciones mínimas a partir de su fondo de servicio universal a asociaciones público-privadas (véase el caso de estudio de CUK)	√	√	√	√
Permitir y fomentar estructuras de inversión financiera mixtas, que aúnen el capital comercial para la financiación de proyectos con capital público y/o privado con expectativas de rentabilidad subcomercial (también denominado capital paciente)	Experiencia de China con la concesión de préstamos a proyectos de despliegue de la banda ancha en zonas en desarrollo estatales de la región occidental (véase el estudio de caso de CUK); Experiencia de Burkina Faso con la autorización de asociaciones entre Lux Dev, el gobierno y SES Telecom Services para el despliegue rural (véase el caso de estudio de CUK); Iniciativa Giga cuyo objetivo es conectar todas las escuelas a Internet	√	√	√	√

Cuadro 36. Financiación única u opciones de subvención limitada y su aplicabilidad a los distintos modelos de conectividad del último kilómetro (continuación)

Financiación única o subvención	Ejemplos	MNO comercial	PSI comercial	Red móvil local sin ánimo de lucro	Red PSI local sin ánimo de lucro
Autorizar las contribuciones en especie flexibles (hardware, software y capacidad técnica) a entidades no comerciales del sector público y del sector privado				√	√
Introducir incentivos fiscales para los proveedores de servicio del último kilómetro	Incentivo a la inversión en capital para proveedores de servicio del último kilómetro en banda ancha de Malasia; Experiencia de Brasil con la concesión de créditos fiscales estatales a los proveedores de servicios móviles para incentivar la expansión a zonas que no son comercialmente viables	√	√	√	√
Reducir las tasas impuestas a los dispositivos móviles y los de conectividad	En Kenya la exención del impuesto sobre el valor añadido del 16 por ciento aplicada a los dispositivos móviles ha resultado en un aumento drástico de las adquisiciones y la propiedad	√	√	√	√

4.4 Opciones de intervención - Financiación/subvenciones recurrentes (Fase 4d)

Como se resumen en el Cuadro 37, algunos despliegues pueden necesitar un aporte financiero recurrente.

En las localidades donde la sostenibilidad de la red es un problema a causa de las condiciones del mercado y de los costes vigentes, la recaudación y distribución de fondos de servicio universal para subvenciones recurrentes a fin de eliminar los riesgos de los despliegues contribuye a dar acceso a zonas que de otro modo no obtendrían conectividad. Estas zonas representan una verdadera brecha de acceso, pues su baja densidad de población y difícil topografía generalmente se combinan para que la explotación por operadores comerciales sea inviable, incluso aunque se subvencione el despliegue de la red. En estos casos, una subvención recurrente contribuye a cubrir los gastos operativos en esas zonas.

Concretamente, en el caso de las redes sin fines lucrativos, la concesión de acuerdos fiscales más flexibles y beneficiosos a las redes complementarias locales sin fines lucrativos anima y ayuda a las entidades con redes operativas en zonas rurales y remotas. En estos casos la conectividad se facilita por motivos humanitarios (no comerciales), pues se reconoce el bien público que esas redes aportan al lugar donde operan. En términos materiales, esos acuerdos

fiscales reducen el coste de explotación de la red y ayudan a subvencionar la prestación de servicios a los usuarios.

Cuadro 37. Subvenciones recurrentes y su aplicabilidad a los distintos modelos de conectividad del último kilómetro

Subvenciones recurrentes	Ejemplos	MNO comercial	PSI comercial	Red móvil local sin ánimo de lucro	Red PSI local sin ánimo de lucro
Recaudación y distribución de fondos de servicio universal para subvenciones recurrentes que eliminan los riesgos del despliegue	Fondo de servicio y acceso universal de Malasia que presta apoyo al despliegue de seis grandes iniciativas en el marco de la Iniciativa nacional de banda ancha; Experiencia de Gabón en utilizar el fondo de servicio universal para financiar la expansión y el funcionamiento de la red en 2 700 aldeas remotas en zonas consideradas demasiado poco rentables por los operadores de telefonía privados (véase el caso de estudio de CUK); Experiencia de Sudáfrica en utilizar subvenciones recurrentes del fondo de servicio universal de Sudáfrica para ofrecer Wi-Fi gratuito a escuelas y clínicas rurales (véase el caso de estudio de CUK)	√	√	√	√
Considerar la posibilidad de otorgar acuerdos fiscales más flexibles y beneficiosos a las redes complementarias locales sin ánimo de lucro				√	√

4.5 Ejemplos de opciones extraídos de los estudios de caso presentados (Fase 4e)

La Base de datos de estudios de caso de conectividad del último kilómetro contiene un amplio abanico de ejemplos de soluciones, muchas de las cuales integran uno o más de las opciones descritas en los cuadros anteriores. Algunos de estos estudios de caso se presentan en el Cuadro 38 con indicación de las distintas intervenciones realizadas.

Cuadro 38. Ejemplos de opciones extraídos de los estudios de caso presentados

Ejemplos de la Base de datos de estudios de caso de CUK (contribuciones)	Opción de intervención	Detalles
Marruecos - World Telecom Labs	Subvención puntual (fondo de servicio universal).	Programa de acceso universal ejecutado por la Autoridad Nacional de Reglamentación de las Telecomunicaciones de Marruecos para conectar emplazamientos remotos fuera del alcance de las redes terrenales (inicialmente 8 000 localidades) con tecnología de satélite mediante un modelo comercial de prepago comercialmente viable.
Tanzanía - Amotel (& WTL)	Eficiencia y expansión del mercado (régimen de licencias adecuado; apoyo del regulador a métodos innovadores experimentales). Subvención puntual (fondo de servicio universal).	Financiación a través del fondo de servicio universal de un ensayo pionero para demostrar que, gracias a la asociación de MNO, una combinación de microMNO y aprobación reglamentaria puede funcionar como MVNO y también puede construir su propia infraestructura de red.
Gabón - World Telecom Labs	Subvención recurrente (fondo de servicio universal).	Los impuestos recaudados a todos los operadores de telecomunicaciones en el marco de la política de servicio universal (fondo de servicio universal) se utilizan para financiar la expansión de la red y su funcionamiento en 2 700 aldeas remotas en zonas consideradas demasiado poco rentables para los operadores de telefonía privados.
India - AirJaldi	Eficiencia y expansión del mercado (autorización de redes comunitarias y conversión a redes comerciales); subvención puntual (financiación por donación).	AirJaldi empezó como una red comunitaria a la que se permitió funcionar dentro del entorno político y reglamentario. Tras alcanzar un tamaño considerable, pudo convertirse en una operación comercial para dar un mejor servicio a sus miembros/clientes. También ha recibido donaciones de diversas entidades, entre ellas la APNIC Foundation y Microsoft.
Kenya - Mawingu	Eficiencia y expansión del mercado (licencia de prueba para la utilización comercial de la banda blanca de televisión); subvención puntual (financiación por donación).	Mawingu recibió una dispensa especial del regulador para probar la tecnología de la banda blanca de televisión y también recibió donaciones de distintas entidades, incluidas USAID y Microsoft.
India - Bluetown	Eficiencia y expansión del mercado (modelo no regulado donde un agregador (agregador de oficinas de datos públicas) ofrece la infraestructura Wi-Fi del último kilómetro y pequeños emprendedores crean oficinas de datos públicas en zonas locales para el acceso de los clientes utilizando la infraestructura pasiva (torres) existente. Subvención recurrente (conexión al núcleo subvencionada por el Gobierno).	Un PSI inalámbrico ejerce de proveedor de servicio de puntos de acceso gestionado en comunidades rurales con bajos ingresos.

Cuadro 38. Ejemplos de opciones extraídos de los estudios de caso presentados (continuación)

Ejemplos de la Base de datos de estudios de caso de CUK (contribuciones)	Opción de intervención	Detalles
Sudáfrica - Brightwave	<p>Subvención puntual (iniciativa Microsoft Airband).</p> <p>Subvención recurrente del Fondo de servicio universal de Sudáfrica de la Agencia de Servicio y Acceso Universales de Sudáfrica (USAASA).</p>	<p>PSI comercial ofrece Wi-Fi gratuito a escuelas y clínicas rurales gracias a las subvenciones.</p>
Perú - Opciones políticas del Gobierno	<p>Eficiencia y expansión del mercado (cambios en la política y la reglamentación, incluidas las obligaciones por licencia, la licencia de operador de infraestructura móvil rural y tasas de interconexión asimétricas)</p> <p>Subvención recurrente (fondos de servicio universal concedidos mediante subasta de subvención mínima dentro de un modelo de asociación público-privada).</p>	<p>Opciones políticas adoptadas por el Gobierno de Perú para llevar la conectividad a las zonas mal abastecidas. Los obstáculos geográficos que son los Andes y el Amazonas, el alto nivel de pobreza, la limitada alfabetización, el escaso acceso a internet y una competencia insuficiente son los obstáculos más importantes que hacen del acceso a Internet en banda ancha de Perú uno de los más lentos y más caros de la región. Mejorar la conectividad rural siempre ha sido un objetivo de los reguladores y responsables políticos. El Fondo de inversión en Telecomunicaciones de Perú es un ejemplo, muy copiado, del éxito cosechado cuando un fondo de acceso universal adopta un enfoque innovador para lograr el acceso en zonas rurales: la subasta de subvención mínima. Gracias a este esquema financiero, además de políticas reglamentarias flexibles y tecnologías baratas, se puede alcanzar ese objetivo.</p>
Brasil - Red celular comunitaria CELCOM	<p>Eficiencia y expansión del mercado (CELCOM utiliza la licencia especial para fines científicos y experimentales concedida por Anatel con respecto a cuestiones de orden jurídico).</p> <p>Subvenciones recurrentes (financiadas por las instituciones implicadas).</p>	<p>Este estudio de caso trata de redes celulares comunitarias en regiones aisladas y escasamente pobladas de Brasil, en particular comunidades de muy bajos ingresos y la Amazonía brasileña. Se describen las tecnologías escogidas para tres proyectos piloto en comunidades situadas en la región del Amazonas, además de otros aspectos tecnoeconómicos.</p>
Brasil - Opciones políticas del Gobierno	<p>Eficiencia y expansión del mercado (obligaciones de subasta de espectro).</p> <p>Subvenciones recurrentes (transferencia de fondos de los estados mediante la concesión de créditos fiscales estatales a los proveedores de servicios móviles, previa demostración de la inversión realizada por la empresa)</p>	<p>Experiencia de Brasil en la aplicación de políticas públicas para incentivar a los proveedores de servicio a desplegar redes en zonas que no pueden considerarse comercialmente viables, incluidas zonas rurales y remotas.</p>

Cuadro 38. Ejemplos de opciones extraídos de los estudios de caso presentados (continuación)

Ejemplos de la Base de datos de estudios de caso de CUK (contribuciones)	Opción de intervención	Detalles
Perú - Internet para Todos	<p>Eficiencia y expansión del mercado (política reglamentaria que permite a los MNO asociados disfrutar de exclusividad comercial en las zonas objetivo, derechos de utilización de espectro, licencias, etc. y participar en las relaciones mayoristas existentes).</p> <p>Subvención puntual (con parte de inversión extranjera directa (Banco Interamericano de Desarrollo, Banco de Desarrollo de América Latina) de manera que algunas subvenciones puntuales se consideran concesiones financieras)</p>	<p>Internet para Todos conecta a los MNO a zonas financieramente menos atractivas dentro de un modelo comercial abierto. Ofrece su infraestructura a los MNO a fin de que puedan llegar a zonas de baja densidad. Se invita a las comunidades locales, empresarios y demás operadores de telecomunicaciones a sumarse a la iniciativa y construir conjuntamente la red. Cualquier MNO puede ampliar sus servicios a zonas de baja densidad gracias a la infraestructura de Internet para Todos o desplegar y explotar redes de transporte de telecomunicaciones y celulares de la próxima generación. Los MNO asociados pueden disfrutar de exclusividad comercial en las zonas objetivo, derechos de utilización de espectro, licencias, etc. y participar en las relaciones mayoristas existentes.</p>
Brasil - GESAC (Telebras y Viasat)	<p>Eficiencia y expansión del mercado (un acuerdo innovador permite a Viasat ofrecer servicios comerciales por la red de Telebras y comercializar la capacidad, pues Telebras es la parte contratante en programas del Gobierno federal, como GESAC, y la asociación abona a Telebras una parte de los ingresos generados por la comercialización de la capacidad por Viasat).</p> <p>Subvenciones recurrentes (financiación pública de la conectividad en escuelas).</p>	<p>Frente a más de 15 000 escuelas públicas sin banda ancha de alta calidad, el Gobierno brasileño optó por la tecnología de satélite y lanzó el Programa Governo Eletrônico - Serviço de Atendimento ao Cidadão para conectar sus escuelas. El programa, conocido como GESAC, ha sido un éxito rotundo al haber dado conexión a 2 millones de escolares en apenas 9 meses.</p>
México -Wi-Fi comunitario (Viasat)	<p>No se trata de medidas políticas o subvenciones directas, pues el objetivo es el servicio comercial sostenible, pero se ha mejorado la infraestructura de suministro eléctrico y puede considerarse la posibilidad de conceder subvenciones para eliminar los riesgos del despliegue.</p>	<p>El modelo "Wi-Fi comunitario" adopta una metodología de éxito comercial para conectar a los que no lo están, en articular en zonas consideradas desde siempre no rentables por los operadores terrenales. El programa ha realizado pruebas dentro de la cobertura de Viasat-2 y se está ampliando a muchos países de América Central y el Caribe a lo largo de los años 2020 y 2021. El Wi-Fi comunitario se ampliará y desplegará globalmente gracias a la constelación ViaSat-3 a partir de 2021.</p>

Cuadro 38. Ejemplos de opciones extraídos de los estudios de caso presentados (continuación)

Ejemplos de la Base de datos de estudios de caso de CUK (contribuciones)	Opción de intervención	Detalles
China – Opciones políticas del Gobierno	<p>Eficiencia y expansión del mercado (las autoridades públicas pueden pedir a los promotores inmobiliarios que desplieguen cables de fibra óptica en los inmuebles residenciales de nueva construcción como conectividad del último kilómetro; el Gobierno negoció la construcción conjunta y la compartición con los operadores y formó una nueva empresa para llevarlo a cabo).</p> <p>Subvenciones recurrentes (fondos de servicio universal y programa de subvenciones para mejorar la conectividad en banda ancha).</p> <p>Subvenciones – El Gobierno dispone de un programa de subvenciones para operadores que desplieguen infraestructura de fibra óptica y 4G en las zonas escogidas.</p> <p>Concesión de préstamos y financiación – Los proyectos de desarrollo de la banda ancha en zonas en desarrollo estatales de la región occidental que cumplan los requisitos podrán obtener préstamos.</p> <p>Incentivos fiscales – Hay incentivos fiscales para la construcción y explotación de redes de banda ancha.</p>	<p>Para aumentar el desarrollo de las TIC, en agosto de 2013 el Consejo de Estado adoptó la estrategia "Broadband China" (banda ancha en China) para el avance integral de la banda ancha, la aceleración de la construcción de la banda ancha y la construcción de una infraestructura nacional de información de la próxima generación segura y universal. En pro del desarrollo a largo plazo de la banda ancha, la estrategia "Broadband China" está vinculada al Duodécimo Plan Quinquenal de la industria de la información y las telecomunicaciones.</p>
Brasil – Redes LTE privadas a 250 MHz para IoT/agricultura	<p>Eficiencia y expansión del mercado (ANATEL ha regulado la gama de frecuencias 225-270 MHz (denominada banda de 250 MHz) como alternativa para acomodar servicios y aplicaciones de banda ancha y explotar las excelentes características de propagación de las bandas de frecuencias inferiores para aumentar la cobertura celular, que es fundamental para la prestación de servicios en zonas rurales y escasamente pobladas.</p>	<p>CPQD ha desarrollado la tecnología LTE 250 MHz en el marco del proyecto AgroTICS, basado en la asociación de São Martinho S/A y Tropic, financiado por BNDES y cuyo objetivo es aumentar la eficacia en la producción de azúcar y etanol gracias a las TIC. La tecnología LTE 250 MHz está diseñada para aplicaciones agrocomerciales. Ofrece un medio para aumentar la cobertura con una solución de bajo coste interoperable que puede aplicarse a redes de acceso y de transporte gracias a un nuevo perfil de 3GPP que aplica la tecnología LTE en la banda de 250 MHz para una producción a gran escala y de largo alcance. La solución puede aplicarse en otros lugares de Brasil y en otros países en función de las normas y decisiones adoptadas por cada regulador de las telecomunicaciones.</p>

Cuadro 38. Ejemplos de opciones extraídos de los estudios de caso presentados (continuación)

Ejemplos de la Base de datos de estudios de caso de CUK (contribuciones)	Opción de intervención	Detalles
Ghana - Ruralstar (Huawei)	Eficiencia y expansión del mercado (introducción de mejoras tecnológicas y mejora de la información de mercado).	RuralStar de Huawei es una solución de cobertura de red rural ligera que soporta conectividad 2G, 3G y 4G. Alberga el potencial de una infraestructura rural ligera para ampliar la cobertura rural de manera comercialmente sostenible. El desarrollo de una cartografía mejorada (GSMA Mobile Coverage Maps) permite analizar cómo llegar hasta millones de personas sin cobertura de manera comercialmente viable gracias a innovaciones tecnológicas como Ruralstar.
SES Telecom Services en Burkina Faso	Intervención financiera (asociación público-privada en la que participan Lux Dev, agencia de desarrollo de Luxemburgo, para la financiación, el Gobierno de Burkina Faso, para la financiación y la propiedad del proyecto en el terreno, y SES Telecom Services para el despliegue).	Integra las redes de fibra óptica e inalámbricas terrenales existentes del país con el sistema de satélite O3b MEO para crear una red de comunicaciones híbrida de extremo a extremo. El ecosistema híbrido comprende cinco terminales O3b MEO, 65 torres y 114 estaciones base radioeléctricas punto a multipunto para crear una red de comunicaciones notablemente más rápida, amplia y fiable que da servicio a 43 provincias y 19 millones de usuarios potenciales a través de la Administración de Burkina Faso. Los servicios prestados son, entre otros, aplicaciones de cibergobierno, ciberseguridad y cibereducación; conexión a Internet en banda ancha para funcionarios; intercambio de datos públicos; creación de un centro de datos; oficina local de SES, mantenimiento por ANSIP, gestión de datos y capacitación (formación del personal de ANSIP y de los proveedores de servicio locales).
Wi-Fi comunitario de Intelsat para un campo de refugiados	Intervención financiera (subvenciones totales recurrentes de Intelsat y el ACNUR, financiando Intelsat el programa piloto en Ampain hasta que el ACNUR pueda garantizar una financiación alternativa).	En 2016 el ACNUR e Intelsat definieron conjuntamente un programa piloto de acceso a Internet para el campo de refugiados de Ampain en Ghana. El campo alberga a unas 3 500 personas. El centro de TIC de Ampain ofrece a los habitantes del campo ordenadores para acceder a los cursos en línea de Coursera. A lo largo del último año 220 habitantes completaron 280 cursos en línea. Un amplio despliegue del acceso a Internet en 100 campos podría hacer que 2 400 refugiados adquiriesen nuevas competencias cada mes, es decir, 28 800 al año.

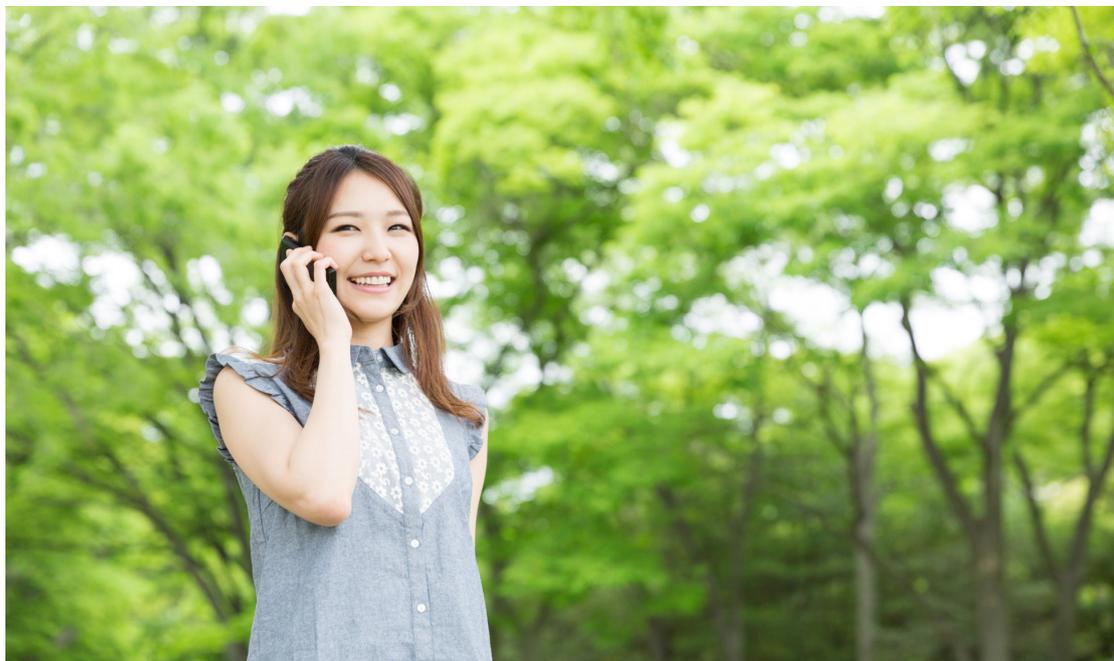
Cuadro 38. Ejemplos de opciones extraídos de los estudios de caso presentados (continuación)

Ejemplos de la Base de datos de estudios de caso de CUK (contribuciones)	Opción de intervención	Detalles
South Africa Internet for All (Intelsat)	Intervención financiera (asociación público-privada en el marco de South African Internet for All como proyecto piloto del Departamento de Telecomunicaciones y Servicios Postales, sus socios sociales y el Foro Económico Mundial, incluida una asociación estratégica con Intelsat y proveedores de servicio locales).	<p>Intelsat ha preparado un programa piloto destinado a probar las diversas hipótesis comerciales y sociales que podrían influir en el despliegue del programa Internet for All en zonas rurales de países en desarrollo.</p> <p>El proyecto piloto se ejecuta en cinco emplazamientos del país durante unos seis meses, recopilando información en cada uno de ellos. Esta información se refleja en el informe del proyecto, que da cuenta del resultado del piloto. Intelsat invirtió el capital para el proyecto piloto. Cuando el programa se despliegue más ampliamente, la inversión de capital será financiada por el Gobierno o por inversiones extranjeras directas. Los pagos realizados por los usuarios extremos deberían bastar para cubrir los gastos operativos y ofrecer unos ingresos modestos a las empresas pequeñas, medianas y microempresas que tienen inquietudes ecológicas.</p>
Teleglobal-Bakti Project (SES)	Intervención financiera (subvención del fondo de servicio universal, pues la cooperación de SES y Teleglobal forma parte de la iniciativa multipartita de BAKTI para la conectividad universal mediante el Anillo Palapa de cables submarinos para conectar las principales islas de Indonesia, el arrendamiento temporal de 50 Mbit/s de capacidad de satélite (entre ellos SES-12) y la construcción y lanzamiento de un nuevo satélite multifuncional para ofrecer 150 Gbit/s de conectividad a lo largo del país).	<p>En el marco de un nuevo acuerdo firmado en 2019, Teleglobal y SES Networks participarán en el proyecto de obligación de servicio universal del Ministerio de Tecnología de la Información y la Comunicación, a través de su agencia de servicio universal (Badan Aksesibilitas Telekomunikasi dan Informasi (BAKTI)), para dar acceso a Internet en banda ancha y servicios de conexión al núcleo móviles en hasta 150 000 emplazamientos en zonas remotas del país utilizando la capacidad de 1,3 GHz del nuevo satélite HTS GEO de SES, SES-12.</p>

Cuadro 38. Ejemplos de opciones extraídos de los estudios de caso presentados (continuación)

Ejemplos de la Base de datos de estudios de caso de CUK (contribuciones)	Opción de intervención	Detalles
Hughes Express Wi-Fi en México	No se trata de medidas políticas o subvenciones directas, pues el objetivo es el servicio comercial sostenible, pero entre las innovaciones se cuenta una estrategia para facilitar a los nuevos vendedores de Wi-Fi una guía del usuario, formación <i>in situ</i> y un servicio técnico. Se han adoptado nuevas estrategias con el socio Facebook Connectivity para mejorar la experiencia del usuario con nuevas aplicaciones de consumo y una mejor aplicación de venta; asistencia y soporte al consumidor prestado por el minorista local, y otros factores de éxito (elección prudente del mercado objetivo, consideración de los clientes con ARPU bajo).	Hughes Express Wi-Fi ayuda a conectar a las personas que no pueden costearse un abono mensual y necesitan planes de pago por utilización, ofreciéndoles paquetes de datos a un precio asequible a través de sus propios dispositivos móviles Wi-Fi (teléfono/tableta/portátil) equipados con cualquier sistema operativo (Android/IOS/Windows/Linux). El precio del servicio es bajo gracias a la utilización de planes de utilización individual a partir de 0,50 USD por 100 megabytes o hasta una hora de utilización. La solución Hughes Community Wi-Fi comprende un terminal de muy pequeña apertura y equipos Wi-Fi que amplían la señal hasta un radio de 50-80 metros con teléfonos móviles de bajo coste; con un teléfono más sofisticado el alcance mejora en un 100 por ciento. Una vez desplegado y configurado el punto de acceso, la comunidad local de usuarios disfruta de acceso a Internet de alta velocidad.

Conclusión y fases siguientes



El objetivo de esta Guía de soluciones es documentar el diseño y la implementación de futuras intervenciones destinadas a cerrar rechas de servicio Internet sostenible. Se presenta un corpus de experiencia en el Capítulo 1 (Identificar las zonas sin conexión digital (e insuficientemente atendidas)) y se exponen estudios de caso de conectividad del último kilómetro en el Capítulo 2 (Examinar las posibles soluciones existentes). En el Capítulo 3 se destaca cómo las distintas limitaciones y consideraciones determinarán el tipo de intervención que mejor se adecúa a una situación. En el Capítulo 4 se describen las diversas intervenciones directas y políticas que pueden implementarse. Sin bien la información aquí presentada no es exhaustiva, pues muchas situaciones exigen soluciones híbridas que combinan tecnologías y modelos comerciales, el objetivo es iniciar el proceso de eliminación de carencias de servicio sostenible y asequible.

En los Anexos siguientes se presentan recursos adicionales en apoyo de cada intervención. En el futuro podrán utilizarse para tomar decisiones herramientas de software más sofisticadas, como las que se están preparando en el marco del programa Herramienta de conectividad del último kilómetro.

Anexo 1: Ejemplos de cartografía de red

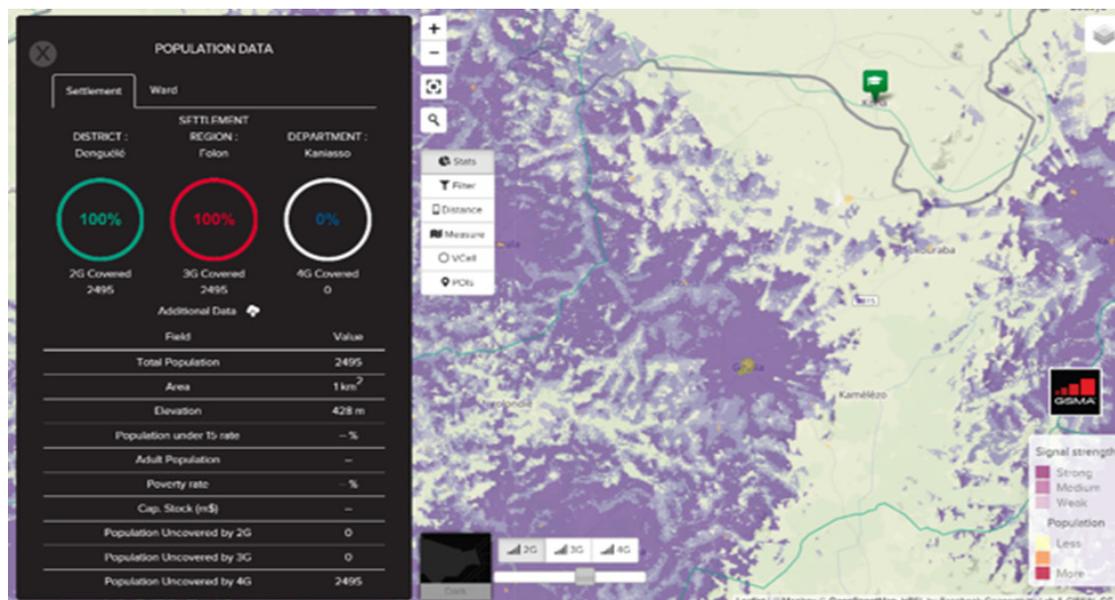
A continuación, se describen las diferentes plataformas cartográficas y su utilización en el despliegue y análisis de redes.

GSMA Mobile Coverage Maps

GSMA creó la [plataforma Mobile Coverage Maps](http://www.mobilecoveragemaps.com/) (<http://www.mobilecoveragemaps.com/>, véase un ejemplo de mapa en la Figura A1.1) para paliar la falta de datos fiables y precisos de la cobertura en mercados emergentes. Los mapas interactivos permiten a los usuarios:

- obtener una imagen precisa y completa de la cobertura móvil en un determinado país, por generaciones de tecnología móvil (2G, 3G y 4G);
- evaluar la situación de cobertura de cada asentamiento humano del país, independientemente de su tamaño o situación geográfica;
- simular el despliegue de nuevos emplazamientos móviles y estimar la población cubierta.

Figura A1.1. GSMA Mobile Coverage Map: ejemplo



Por mor de pertinencia y precisión, y para ofrecer información útil, los mapas de cobertura se basan en datos muy precisos de primera mano. Para ello, GSMA obtiene la información sobre las redes (como la ubicación de las antenas y la altura de las torres) directamente de los operadores móviles y estima la cobertura combinada de todos los operadores móviles del mercado gracias a un modelo de propagación normalizado. Los datos de la cobertura se solapan entonces con datos censales de alta resolución elaborados por Facebook Connectivity Lab y CIESIN. Estos datos estiman la distribución de la población a nivel hiperlocal a partir de censos y de imágenes de satélite de alta resolución. Por último, los mapas integran otros indicadores socioeconómicos e inmuebles destacados, como escuelas, hospitales y centros médicos. En la actualidad la plataforma en línea contiene ocho mañas, los de Ghana, Côte d'Ivoire, Liberia, Nigeria, Rwanda, Tanzania, Uganda y Zambia, a los que se sumarán los de otros países en los próximos meses.

Los mapas de cobertura pueden tener diversos usos, pero el principal es la planificación de la infraestructura rural. Para ello GSMA ha definido algoritmos que utilizan los datos subyacentes

de los mapas para generar despliegues óptimos que maximicen la cobertura de la población, minimizando los costes al mismo tiempo. Así, la GSMA ayuda a los operadores móviles a identificar las zonas rurales donde pueden ampliar la cobertura de manera comercialmente viable. También ayuda a las autoridades públicas a priorizar sus esfuerzos de conectividad identificando las zonas que necesitan algún tipo de subvención o ayuda para disminuir el coste del despliegue (por ejemplo, reducción de los derechos de importación).

Además de para optimizar la inversión en infraestructura, hay quien utiliza Mobile Coverage Maps a través de la plataforma abierta y gratuita en línea de GSMA. Por ejemplo, hay empresas privadas que identifican las zonas donde pueden utilizar canales digitales para llegar a los clientes rurales; hay investigadores que miden la influencia de la conectividad en la economía rural, y hay organizaciones humanitarias que cuentan con la conectividad en sus planes de intervención.

Masae Analytics

<https://www.masae-analytics.com/>

Contexto: los operadores de telecomunicaciones necesitan identificar las zonas económicamente rentables para instalar nuevas estaciones base a fin de ampliar su alcance. A medida que se expanden por zonas rurales con menor densidad de población, es necesario escoger con precisión quirúrgica los emplazamientos a fin de maximizar tanto el tamaño de la población cubierta como la rentabilidad.

Metodología: Masae Analytics ha creado un algoritmo que combina datos abiertos de densidad de población detallados e información sobre la cobertura para detectar las zonas más prometedoras ("puntos blancos") donde instalar las nuevas estaciones base (véase la Figura A1.2). El algoritmo simula, para todos los puntos del país, cuantas personas adicionales quedarían cubiertas por una hipotética estación base nueva empleando técnicas convolutivas. A continuación, se seleccionan las zonas donde ese número es más elevado y las clasifica para establecer prioridades.

Resultados:

Plataforma en línea segura interactiva que muestra todas las capas y funcionalidades pertinentes:

- mapa de cobertura del operador (2G/3G/4G);
- mapa de cobertura estimada de los competidores (si se dispone de datos públicos);
- capa de población detallada (generalmente capa de asentamientos de alta resolución de CIESIN y Facebook o datos de WorldPop);
- puntos blancos identificados por Masae Analytics, junto con el número de nuevas personas cubiertas e información sociodemográfica, en función de los datos disponibles;
- herramientas de filtrado;
- funcionalidad de exportación de ficheros Excel, destacando, por ejemplo, los puntos blancos detectados en regiones concretas, clasificándolos de mayor a menor potencial ofrecido.

Consecuencias: Los MNO con los que ha trabajado Masae Analytics han logrado aumentar la rentabilidad de sus inversiones y gastos de capital relacionados con el despliegue.

Figura A1.2. Algoritmo de Masae Analytics con datos de densidad de población públicos e información de cobertura para detectar las zonas más prometedoras ("puntos blancos") para la instalación de nuevas estaciones base



Un segundo ejemplo de Masae Analytics comprende los casos en que Masae colabora cada vez más intensamente con los inversores, las nuevas empresas tecnológicas y las empresas de servicios públicos para anexionar el acceso a la electricidad y el acceso a la conectividad.

Metodología: superponiendo los mapas de cobertura, los datos de la red eléctrica, las capas de población y los datos sociodemográficos de un determinado país (véase la Figura A1.3), los algoritmos de Masae Analytics pueden detectar y agrupar distintas zonas de interés, dependiendo del objetivo que cada interesado quiere conseguir. La industria solar de pago por utilización, por ejemplo, necesita dirigirse a la población de zonas sin suministro eléctrico ofreciendo una conectividad digna que permita efectuar pagos con dinero móvil a través de los MNO, priorizando así las zonas sin cobertura con acceso a la electricidad para desplegar nuevas estaciones base. Los miniproveedores de electricidad se centrarán en las zonas sin suministro eléctrico dotadas de una estación base (que podría ejercer de posible cliente principal) y una importante población, densamente distribuida.

Resultados:

Plataforma en línea segura interactiva que muestra todas las capas y funcionalidades pertinentes:

- mapas de cobertura estimada y de emplazamientos de estaciones base (si se dispone de datos públicos);
- mapas de redes eléctricas existentes o estimadas gracias a imágenes de satélite nocturnas (por ejemplo, VIIRS DNB Nighttime Lights y el algoritmo de código abierto Pathfinder de Facebook para modelizar la huella de acceso a la red eléctrica);
- capa de población detallada (generalmente la capa de asentamientos de alta resolución de CIESIN y Facebook o datos de WorldPop);
- zonas de interés identificadas por Masae Analytics, junto con su información pertinente (población adicional servida, distancia hasta la red eléctrica, distancia hasta la cobertura, etc.);
- herramientas de filtrado, ficheros Excel.

Consecuencias: los proveedores de electricidad utilizan la herramienta de Masae Analytics para priorizar las zonas en función de su atractivo comercial y para identificar las ciudades prioritarias donde situar los centros de mantenimiento/piezas de recambio.

Figura A1.3. Superposición de mapas de cobertura, datos de la red eléctrica, capas de población y datos sociodemográficos de un determinado país para detectar y agrupar las diversas zonas de interés



HIP Consult

<https://www.hipconsult.com/>

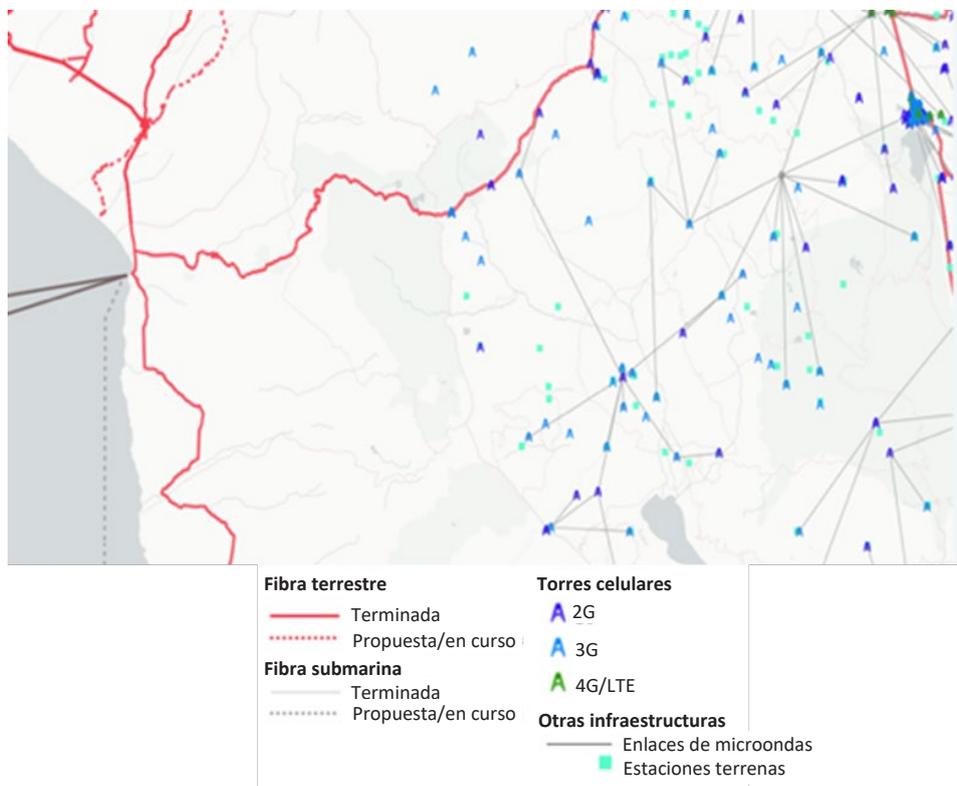
Aunque están aumentando los esfuerzos por digitalizar las economías y acelerar el ritmo a escala mundial, la conectividad de banda ancha necesaria para ellos dista mucho de ser ubicua en casi todos los países en desarrollo y en muchos de los desarrollados. Para identificar las brechas de cobertura y priorizar dónde han de desplegarse la fibra óptica y demás activos de conectividad, en un primer momento se ha de tener una imagen global de las zonas que ya están dotadas. Por este motivo, HIP Consult, asesoría especializada en infraestructura y servicios digitales en mercados emergentes, creó InfraNav, una plataforma de visualización y análisis diseñada para cartografiar, contextualizar y optimizar los activos de red (véase la Figura A1.4).

InfraNav se ha creado para cartografiar y analizar la infraestructura a escala. Tras varios años de investigación, análisis y validación de redes de fibra, centros de datos, centrales Internet y demás activos de TIC, la base de datos GIS de infraestructura digital de InfraNav comprende más de 100 países de África, Asia y América Latina, entre otros, y sigue alimentándose. Uno de los problemas clave en muchos países es que la información sobre redes está incompleta o no está disponible al público. El proceso de cartografiado de InfraNav comprende etapas para obtener y consolidar datos y aplicar técnicas de control de calidad.

Para contextualizar la infraestructura, InfraNav tiene en cuenta datos sobre densidad de población, actividad económica, presencia institucional e indicadores de desarrollo de las zonas donde ya existen o se prevé implantar redes. De este modo se pueden conocer detalladamente, a un nivel muy concreto, los posibles puntos de congestión. Además de las redes de banda ancha, InfraNav contiene también datos de los proveedores, como la potencia

de transmisión y demás derechos de paso, para documentar las eventuales y, a menudo, más baratas opciones de expansión de redes.

Figura A1.4. Muestra de datos de infraestructura de TIC de InfraNav, incluidas rutas de fibra óptica, torres celulares, enlaces de microondas y estaciones terrenas



Además de facilitar la transparencia y el conocimiento del panorama de infraestructura digital, InfraNav también soporta la planificación de red y ofrece datos para medir los indicadores fundamentales de rendimiento. Ejemplo de lo primero es un algoritmo para identificar y priorizar las intervenciones que más rápidamente permitirán alcanzar a las poblaciones sin servicio y mal abastecidas (véase la Figura A1.5). Ejemplo de lo segundo es una imagen de la situación de base que permite rastrear los progresos a lo largo del tiempo.

Los datos normalizados y análisis propios realizados por InfraNav ofrecen a los interesados del ecosistema digital, por ejemplo, responsables de políticas, reguladores, inversores y proveedores de servicio, la capacidad de entender mejor el entorno operativo, fijar objetivos y optimizar las inversiones.

Figura A1.5. La superposición de la red de fibra y de la red eléctrica permite identificar rutas para la expansión



Optimización de la evolución de la banda ancha

Una atribución más eficiente del capital lleva, en el mejor de los casos, a una estructura de costes del sector globalmente inferior y amplía los márgenes de la viabilidad financiera. Los proveedores se benefician de la liberación de recursos que hasta entonces se habrían invertido en despliegues muy parecidos a los de sus competidores. Esos recursos pueden emplearse mejor en desarrollar servicios de valor añadido con mayores márgenes, y las iniciativas de desarrollo nacional avanzan cuando mejoran la cobertura de banda ancha y la asequibilidad. Los clientes de todos los segmentos reciben propuestas más concretas y pertinentes a medida que se refuerza el ecosistema.

Una mayor transparencia puede también hacer desaparecer a los intermediarios de la cadena de valor, llegando a un mercado mayorista más sano. Muchos mercados han experimentado ciclos de adquisiciones y derivaciones a medida que los operadores intentan alcanzar una posición dominante y se dan cuenta que puede no ser posible arrastrar un balance elevado con demasiados servicios de red. Ejemplo reciente de ello son los centros de datos: operadores globales han construido su propio centro de datos antes de intentar asociarse con especialistas o inversores.

Del mismo modo, la analítica GIS agregada de los operadores de red permite a los proveedores de servicio saber en qué circunstancias será más conveniente arrendar la capacidad a otros y realizar la "economía del silicio" que supone una mayor utilización de los activos. Los operadores pueden así centrarse en invertir su capital en las brechas más importantes para su posicionamiento competitivo. En circunstancias ideales esta planificación de red mejorada conduce a una serie de tecnologías y propuestas de valor adaptadas a las condiciones en el terreno.

Identificar las brechas de infraestructura digital y las oportunidades de inversión

La iniciativa International Finance Corporation Digital Infrastructure, empresa global presente en más de 50 países de África, Asia y América Latina, tiene por objetivo aumentar el acceso a

Internet en banda ancha y otros servicios digitales en los mercados mal abastecidos, así como su adopción.

Para apoyar esta iniciativa, HIP Consult ha empleado InfraNav, además de análisis de mercado, de la competencia y de la reglamentación, para identificar las brechas de infraestructura de TIC y las oportunidades de inversión en más de 20 países de África y Asia. Este método ha demostrado ser esclarecedor y eficiente al priorizar la inversión potencial en las capas infraestructurales y minimizar el despliegue de infraestructura redundante tanto en zonas urbanas como rurales.

Por ejemplo, la penetración de la banda ancha en Etiopía es bastante baja, pues se estima que menos de un tercio de la población reside en un radio de cinco kilómetros de una red de fibra. Dada la numerosa población del país (más de 100 millones de personas) y la capacidad de adopción de servicios digitales, se adivinan la imperiosa necesidad de infraestructura de conectividad adicional y el atractivo potencial de las oportunidades de inversión, cuyos riesgos podrían reducirse considerablemente de conocerse los factores de la oferta y la demanda locales.

Aun así, muchos inversores potenciales, ya sean empresas privadas, instituciones de financiación para el desarrollo u organismos estatales, tienen desde siempre grandes dificultades para detectar las carencias del mercado sin mapas u otras herramientas para evaluar la infraestructura subyacente existente. Por este motivo los diagnósticos del mercado ofrecen una información valiosa para la planificación de las inversiones, pues permite considerar cómo la infraestructura existente se armoniza con la demanda potencial y donde se necesita y justifica una mayor expansión. Del mismo modo, esta información sobre despliegues ya efectuados puede combinarse con análisis del entorno reglamentario y competitivo para adivinar otros obstáculos subyacentes que sea necesario superar para acelerar la adopción y la demanda.

Geoanalítica para conectar escuelas y hospitales en Paraguay

HIP Consult utilizó InfraNav para ayudar al Banco Interamericano de Desarrollo a reforzar la disponibilidad, calidad y asequibilidad del acceso a Internet en banda ancha en Paraguay, haciendo especial hincapié en las zonas rurales.

Mediante la visualización y contextualización de los datos socioeconómicos y de conectividad de todo el país, InfraNav identificó y dio prioridad a determinadas zonas geográficas para la posible expansión de la fibra nacional. En paralelo, también se utilizó InfraNav para identificar numerosas posibilidades de conexión transfronteriza y documentar las decisiones sobre si convendría desplegar otro enlace internacional y dónde hacerlo. En el proyecto también se empleó el agrupamiento espacial, la planificación vial y la optimización de algoritmos para dar prioridad a la inversión en infraestructura para hospitales, escuelas y edificios públicos. Por último, se aplicaron varios métodos de agrupación para calificar las zonas adecuadas a la inversión privada por oposición a las que podrían necesitar la intervención del sector público. Dentro de esta "zona de intervención" se identificaron grupos de escuelas, hospitales y demás infraestructuras de gran calado.

Fraym

<https://fraym.io/>

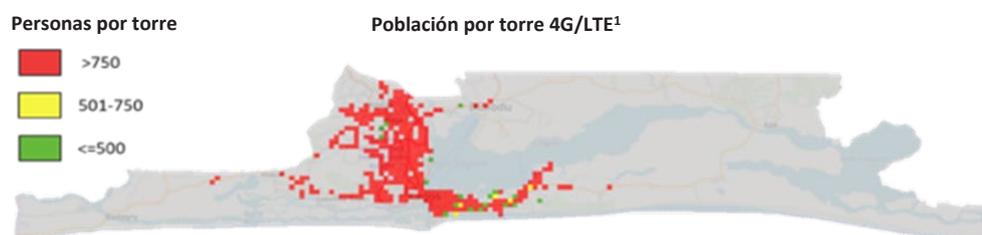
A medida que más empresas, gobiernos y organizaciones multilaterales invierten en infraestructura de comunicaciones y desbloquean valor en el mercado se revela la creciente importancia de ubicar la demanda y optimizar la atribución de los recursos. Los datos geoespaciales hiperlocales ofrecen un medio innovador de responder a estas preguntas y de guiar la actualización y expansión de los servicios de red.

Las soluciones geoespaciales pueden revelar fácilmente las zonas donde no hay conectividad o su calidad es escasa. En un informe sobre el mercado móvil publicado por Bain & Company, Fraym reunió imágenes de satélite y datos geoespaciales para obtener una imagen detallada de la cobertura y la calidad de la red en el estado de Lagos, Nigeria. Fraym cartografió el emplazamiento de las torres 4G y calculó el número de personas por torre dentro de una cuadrícula de un kilómetro cuadrado (véase la Figura A1.6). El mapa hiperlocal muestra que los servicios de red 4G son de baja calidad en la mayor parte de Lagos, lo que deja pensar que hay una gran brecha de servicio que habrán de colmar las inversiones e intervenciones.

Gracias a la información geoespacial detallada los sectores público y privado pueden identificar las zonas mal abastecidas y elaborar planes estratégicos con conocimiento de causa. Por un lado, las empresas pueden concentrarse en zonas donde la inversión encuentra una alta demanda y ofrece un rendimiento financiero sólido. Por otra parte, los gobiernos y organizaciones multilaterales pueden conceder préstamos, subvenciones y demás incentivos para el desarrollo de redes de comunicaciones en comunidades menos aventajadas, garantizando que la población en la base de la pirámide puede acceder a una conexión de calidad asequible.

Los datos geoespaciales hiperlocales ofrecen información fiable sobre la que trabajar a las entidades públicas y privadas, permitiéndoles elaborar las estrategias adecuadas para cubrir las necesidades. Cuando los sectores público y privado saben mejor dónde invertir e intervenir, disponen de mejores herramientas para reducir las brechas de conectividad y ofrecer un beneficio efectivo a las comunidades locales.

Figura A1.6. Emplazamiento de torres 4G y número de personas por torre en una cuadrícula de un kilómetro cuadrado



Nota 1: Las zonas grises del mapa indican la ausencia de torres 4G/LTE en la cuadrícula de un kilómetro cuadrado

Los datos geoespaciales detallados ayudan a supervisar y evaluar los proyectos mostrando el impacto de las inversiones en el acceso a las tecnologías de comunicación. En colaboración con Harith General Partners, Fraym llevó a cabo encuestas a los hogares geolocalizadas para analizar el acceso a Internet y su utilización antes y después del despliegue del cable Main One, un cable submarino de 7 000 km que conecta los países del África Occidental con el resto del mundo. El análisis de los datos geolocalizados muestra una mejora importante de la

tasa de acceso a Internet y de la utilización de servicios en línea en las ciudades con acceso a Main One, lo que revela que la inversión estratégica ha redundado en una mejora.

VanuMaps™

<https://www.vanu.com/solutions/coverage-mapping/>

VanuMaps es un elemento esencial de la estrategia de Vanu para cubrir los mercados aislados. VanuMaps utiliza una combinación de datos de distintas fuentes para cartografiar la cobertura de red existente, evaluar el potencial comercial de las zonas sin cobertura y planificar eficazmente nuevas redes para dar cobertura a esas zonas.

VanuMaps empieza con los datos de localización del emplazamiento. Estos datos pueden proceder de diversas fuentes pero los mejores suelen ser los de los operadores, pues pueden ofrecer datos sobre la altura de la antena, su inclinación, acimut, potencia de salida y demás elementos que de otro modo serían difíciles de verificar. A continuación, se utilizan esos datos, junto con otros datos y una combinación de modelos de propagación, para generar predicciones de cobertura. Esas predicciones tienen en cuenta la información topográfica, fundamental para entender con precisión la cobertura.

Una vez generado el modelo de cobertura, VanuMaps analiza las zonas sin cobertura y determina su población. El resultado de este análisis se emplea para generar una evaluación preliminar de la población que puede quedar cubierta por una red operativa en la zona, incluida una estimación preliminar de los abonados con cobertura. Se procede entonces a perfilar la cobertura de red adicional propuesta para aprovechar las características topográficas y evaluar la conectividad entre emplazamientos con fines de conexión al núcleo. Hecho esto, VanuMaps utiliza los datos de cobertura del emplazamiento propuestos para generar predicciones de ingresos en función del ARPU existente, de factores locales y regionales, de la cuota de mercado y de otras variables.

Este método de evaluación de la cobertura permite a Vanu proyectar el rendimiento económico de los emplazamientos antes de realizar sondeos. Al centrarse en los emplazamientos más prometedores, se puede aumentar la rentabilidad de las inversiones del operador y reducir el tiempo y los riesgos que supone la introducción en nuevos mercados.

Vanu utilizó ampliamente VanuMaps en sus despliegues con MTN en Sudáfrica. En noviembre de 2019, MTN y Vanu anunciaron que Vanu ganó la solicitud de propuestas MTN Rural. En el marco de esa solicitud, MTN tiene previsto desplegar hasta 5 000 emplazamientos en mercados rurales. Vanu ha colaborado estrechamente con los equipos de MTN para identificar los emplazamientos prospectivos y maximizar los efectos de esta importante iniciativa de MTN.

Vanu también ha utilizado recientemente VanuMaps para ayudar a un integrador de sistemas a evaluar los emplazamientos seleccionados por un MNO y proponer nuevos emplazamientos cuya probabilidad de generar ingresos es significativamente más alta, lo que reviste una gran importancia para el integrador de sistemas al estar financiando la construcción, pues la probabilidad de recuperar la inversión será más alta cuanto mayor sea el valor de los emplazamientos.

Por último, Vanu ha trabajado últimamente con un MNO para evaluar una serie de emplazamientos planificados. Tras evaluar la distribución de la población y el terreno con VanuMaps, recomendó un plan de construcción de red distinto. Al modificar la localización y

construcción de diversos emplazamientos, el operador pudo dar cobertura a más gente en la misma zona y en las zonas circundantes con un menor gasto de capital y menores gastos operativos.

Los mercados aislados plantean numerosos problemas pues suelen ofrecer un menor potencial de ingresos con coste más elevado. Sin embargo, también ofrecen la oportunidad de aumentar la base de abonados y, potencialmente, mejorar drásticamente la vida de aquellos que no pueden acceder a las comunicaciones y servicios digitales. VanuMaps ayuda a los MNO a dar un mejor servicio a los mercados aislados, que son los más necesitados de conectividad.

Anexo 2: Documentos de referencia y recursos adicionales

Cartografía de la infraestructura de red

Fibra (submarina y terrenal)

[UIT - Mapas de banda ancha](#)

[Telegeography - Submarine Cable Map](#)

[African Terrestrial Fibre Optic Cable Mapping Project](#)

[The Connected Pacific](#)

Cobertura de satélites

[SatBeams coverage maps and charts](#)

[LyngSat Maps](#)

[IntelSat Coverage Map](#)

[Iridium Coverage Map](#)

[Inmarsat Coverage Map](#)

Situación y cobertura de estaciones base

[GSMA - Mobile Coverage Maps](#)

[Open Telecom Data - Tower location \(varios países\)](#)

[OpenCellID](#)

[OpenSignal](#)

Cobertura Wi-Fi

[Mozilla Location Service \(MLS\)](#)

Espectro

[Open Telecom Data - Spectrum allocations \(África\)](#)

Datos sociodemográficos, medioambientales y geográficos

Densidad de población

[Global Human Settlement Layer population de JRC](#)

[WorldPop - Universidad de Southampton](#)

[Landscan - Oak Ridge](#)

[Gridded Population of the World \(GPW\) de CIESIN](#)

[High Resolution Settlement Layer \(HRSL\) Map de CIESIN/Facebook](#)

Suministro eléctrico

[Gridfinder](#)

[Modelo de Banco Mundial / Facebook](#)

Otros recursos de cartografía

Referencias/procedimientos

[Banco Mundial - Broadband Mapping](#)

[Jon Brewer - Using GIS to Deliver Universal Broadband](#)

[UNICEF - Project Connect](#)

Modelación de propagación de frecuencias radioeléctricas

[SPLAT](#)

[CloudRF](#)

Referencias técnicas

Redes

[Telecom Network Planning for evolving Network Architectures - Reference Manual](#)

[Wireless Networking in the Developing World](#)

[Building a Wireless Community Network in the Netherlands](#)

[Planning of Wireless Community Networks](#)

[Portal de Infraestructura de la UIT](#)

[How to work with MNOs \(ACNUR\)](#)

[Community Networks through comics](#)

[Ericsson FWA Handbook](#)

[EU Comparison of wired and wireless broadband technologies](#)

Financiación

[ICT Infrastructure business planning Solutions Guide 2019](#)

[EU Broadband Investment Guide](#)

Cuestiones relacionadas con la demanda

[NTIA Considerations for Digital Inclusion Efforts](#)

Recomendaciones políticas y reglamentarias

[Herramienta de regulación de las TIC](#)

[Alliance for Affordable Internet Good Practices Database](#)

[Redes comunitarias en América Latina](#)

[Telecom Topics Reports de la OCDE](#)

[Dynamic Spectrum Alliance Regulations](#)

Estudios de caso

[Base de datos de estudios de caso de CUK](#)

[School Connectivity Projects Database](#)

[1WorldConnected](#)

[Informe APC](#)

[Iniciativa Microsoft Airband](#)

[Collaboration for Connectivity - ACNUR](#)

[EU Broadband Handbook](#)

[Satellite Impact Around the World \(Global Satellite Coalition\)](#)

Otros recursos

[World Bank Broadband Strategies Solutions Guide](#)

[Digital Interoperable Building Blocks Contenido, aplicaciones y servicios\)](#)

[BCG Economics of Bringing Broadband to Rural US](#)

[US NTIA Resources](#)

[US NTIA Webinars](#)

[World Bank Cross-Sector Infrastructure Sharing Solutions Guide](#)

[World Bank Cloud Readiness Assessment Solutions Guide](#)

[The Solar Energy Handbook \(Iniciativa Moving Energy\)](#)

[NGO Guide to Energy Solutions \(NetHope\)](#)

[UNHCR Connectivity for Refugees](#)

[The Digital Transformation of Education \(Comisión de la Banda Ancha\)](#)

Informes adicionales referenciados y consultados

[Collaborating for Connectivity \(ACNUR, 2020\)](#)

[Digital Access in Africa \(Caribou Digital, 2019\)](#)

- Connecting the Unconnected – Tackling the Challenge of Cost-Effective Broadband Internet in Rural Areas (Fraunhofer FIT, 2019)
- Closing the Coverage Gap: How Innovation Can Drive Rural Connectivity (GSMA, 2019)
- Becoming Broadband Ready – A Toolkit for Communities (Next Century Cities, 2019)
- The Mobile Economy 2019 (GSMA, 2019)
- Bottom up Connectivity Strategies (APC, 2019) Digital Dividend: Insights for Spectrum Decisions (UIT, 2018)
- State of Mobile Internet Connectivity 2018 (GSMA, 2018)
- Innovative Business Models for Expanding Fibre-Optic Networks and Closing the Access Gaps (Banco Mundial, 2018)
- Rural Connectivity Innovation Case Study: Using light sites to drive rural coverage – Huawei RuralStar and MTN Ghana (GSMA, 2018)
- Community Networks in Latin America: Challenges, Regulations, and Solutions (Internet Society, 2018)
- Global Information Society Watch 2018: Community Networks (APC e IDRC, 2018)
- Rural Connectivity Innovation Case Study: Cellcard Cambodia (GSMA, 2018)
- Powering Last-Mile Connectivity (Facebook / Bloomberg New Energy Finance, 2018)
- Principios, retos y problemas de la gestión del espectro relacionados con el acceso dinámico a las bandas de frecuencias mediante sistemas de radiocomunicaciones con capacidades cognitivas (UIT, 2017)
- Evolución de las herramientas de gestión del espectro para abordar las necesidades de desarrollo (UIT, 2017)
- A Wireless Network Infrastructure Architecture for Rural Communities (Osahon & Emmanuel, 2017)
- Closing the Access Gap: Innovation to Accelerate Universal Internet Adoption (USAID, 2017)
- Last Mile Connectivity in Emerging Markets (Developing Telecoms, 2016)
- Unlocking Rural Coverage (GSMA, 2016)
- Business Models for the Last Billion: Market Approaches to Increasing Internet Connectivity (USAID, 2016)
- Harnessing the Internet of Things for Global Development (UIT & Cisco, 2015)
- Rural Coverage: Strategies for Sustainability (GSMA, 2015)
- Benefits and Costs of the Infrastructure Targets for the Post-2015 Development Agenda Post-2015 Consensus (Copenhagen Consensus Center, 2014)
- Computing for Rural Empowerment: Enabled by Last-Mile Telecommunications (varios, 2013)
- Rural Telecommunications Infrastructure Selection Using the Analytic Network Process (varios, 2010)
- Connectivity in Emerging Regions: The Need for Improved Technology and Business Models (CMU, 2007)
- Improving affordability of telecommunications: cross-fertilization between the developed and the developing world (Claire Milne, 2006)
- Community-Based Networks and Innovative Technologies: New Models to Serve and Empower the Poor (PNUD, 2005)

Anexo 3: Aplicación de la Guía de soluciones a despliegues multiemplazamiento simultáneos (diseño de red)

Si bien esta Guía de soluciones se centra principalmente en el diseño de despliegues de conectividad para un único emplazamiento, las fases de que se compone (véase la Figura A3.1), junto con la información de referencia y la matriz de decisiones, pueden emplearse para despliegues de red multiemplazamiento.

Figura A3.1. Las cuatro fases presentadas en la Guía de soluciones para la conectividad a Internet del último kilómetro



Fase 1 - La Fase 1 permanece idéntica.

Fases 2 y 3 - Cuando sea necesario conectar múltiples emplazamientos no habrá una única solución de conectividad adecuada para todos, por lo que será necesario hallar una solución híbrida cuyas soluciones componentes se adapten a las diversas necesidades. Para definir esta solución híbrida será necesario explorar diversos factores de peso además del emplazamiento, entre ellos, el número de emplazamientos que se han de conectar, los requisitos de utilización (y necesidades de ancho de banda) de cada uno de ellos, la topología y las condiciones medioambientales, las distintas características socioeconómicas de cada emplazamiento y cómo todo ello puede afectar a la asequibilidad y la sostenibilidad. El diseño de red deberá tener en cuenta el trayecto más corto para conectar los distintos nodos.

Fase 4 - En este caso, el conjunto de opciones de implementación sigue siendo idéntico, pero deberá contemplar el despliegue múltiple posiblemente con distintos tipos de tecnologías.

Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT)
Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones (BDT)
Oficina del Director
Place des Nations
CH-1211 Ginebra 20
Suiza
Correo-e: bdtdirector@itu.int
Tel.: +41 22 730 5035/5435
Fax: +41 22 730 5484

Departamento de Redes y Sociedad Digitales (DNS)
Correo-e: bdt-dns@itu.int
Tel.: +41 22 730 5421
Fax: +41 22 730 5484

Departamento del Centro de Conocimientos Digitales (DKH)
Correo-e: bdt-dkh@itu.int
Tel.: +41 22 730 5900
Fax: +41 22 730 5484

Director Adjunto y Jefe del Departamento de Administración y Coordinación de las Operaciones (DDR)
Place des Nations
CH-1211 Ginebra 20
Suiza
Correo-e: bdtdeputydir@itu.int
Tel.: +41 22 730 5131
Fax: +41 22 730 5484

Departamento de Asociaciones para el Desarrollo Digital (PDD)
Correo-e: bdt-pdd@itu.int
Tel.: +41 22 730 5447
Fax: +41 22 730 5484

África

Etiopía
International Telecommunication Union (ITU)
Oficina Regional
Gambia Road
Leghar Ethio Telecom Bldg. 3rd floor
P.O. Box 60 005
Adis Abeba
Ethiopia
Correo-e: itu-ro-africa@itu.int
Tel.: +251 11 551 4977
Tel.: +251 11 551 4855
Tel.: +251 11 551 8328
Fax: +251 11 551 7299

Camerún
Union internationale des télécommunications (UIT)
Oficina de Zona
Immeuble CAMPOST, 3^e étage
Boulevard du 20 mai
Boîte postale 11017
Yaoundé
Camerún
Correo-e: itu-yaounde@itu.int
Tel.: +237 22 22 9292
Tel.: +237 22 22 9291
Fax: +237 22 22 9297

Senegal
Union internationale des télécommunications (UIT)
Oficina de Zona
8, Route des Almadies
Immeuble Rokhaya, 3^e étage
Boîte postale 29471
Dakar – Yoff
Senegal
Correo-e: itu-dakar@itu.int
Tel.: +221 33 859 7010
Tel.: +221 33 859 7021
Fax: +221 33 868 6386

Zimbabwe
International Telecommunication Union (ITU)
Oficina de Zona
TelOne Centre for Learning
Corner Samora Machel and Hampton Road
P.O. Box BE 792
Belvedere Harare
Zimbabwe
Correo-e: itu-harare@itu.int
Tel.: +263 4 77 5939
Tel.: +263 4 77 5941
Fax: +263 4 77 1257

Américas

Brasil
União Internacional de Telecomunicações (UIT)
Oficina Regional
SAUS Quadra 6
Ed. Luis Eduardo Magalhães,
Bloco "E", 10^o andar, Ala Sul
(Anatel)
CEP 70070-940 Brasília – DF
Brasil
Correo-e: itubrasilia@itu.int
Tel.: +55 61 2312 2730-1
Tel.: +55 61 2312 2733-5
Fax: +55 61 2312 2738

Barbados
International Telecommunication Union (ITU)
Oficina de Zona
United Nations House
Marine Gardens
Hastings, Christ Church
P.O. Box 1047
Bridgetown
Barbados
Correo-e: itubridgetown@itu.int
Tel.: +1 246 431 0343
Fax: +1 246 437 7403

Chile
Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)
Oficina de Representación de Área
Merced 753, Piso 4
Santiago de Chile
Chile
Correo-e: itusantiago@itu.int
Tel.: +56 2 632 6134/6147
Fax: +56 2 632 6154

Honduras
Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)
Oficina de Representación de Área
Colonia Altos de Miramontes
Calle principal, Edificio No. 1583
Frente a Santos y Cia
Apartado Postal 976
Tegucigalpa
Honduras
Correo-e: itutegucigalpa@itu.int
Tel.: +504 2235 5470
Fax: +504 2235 5471

Estados Árabes

Egipto
International Telecommunication Union (ITU)
Oficina Regional
Smart Village,
Building B 147, 3rd floor
Km 28 Cairo
Alexandria Desert Road
Giza Governorate
El Cairo
Egipto
Correo-e: itu-ro-arabstates@itu.int
Tel.: +202 3537 1777
Fax: +202 3537 1888

Asia-Pacífico
Tailandia
International Telecommunication Union (ITU)
Oficina Regional
Thailand Post Training Center, 5th floor
111 Chaengwattana Road
Laksi
Bangkok 10210
Tailandia
Dirección postal:
P.O. Box 178, Laksi Post Office
Laksi, Bangkok 10210, Tailandia
Correo-e: ituasiapacificregion@itu.int
Tel.: +66 2 575 0055
Fax: +66 2 575 3507

Indonesia
International Telecommunication Union (ITU)
Oficina de Zona
Sapta Pesona Building, 13th floor
Jl. Merdan Merdeka Barat No. 17
Jakarta 10110
Indonesia
Dirección postal:
c/o UNDP – P.O. Box 2338
Jakarta 10110, Indonesia
Correo-e: ituasiapacificregion@itu.int
Tel.: +62 21 381 3572
Tel.: +62 21 380 2322/2324
Fax: +62 21 389 55521

Países de la CEI

Federación de Rusia
International Telecommunication Union (ITU)
Oficina Regional
4, Building 1
Sergiy Radonezhsky Str.
Moscú 105120
Federación de Rusia
Correo-e: itumoscow@itu.int
Tel.: +7 495 926 6070

Europa

Suiza
Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT)
Oficina Regional
Place des Nations
CH-1211 Ginebra 20
Suiza
Correo-e: eurregion@itu.int
Tel.: +41 22 730 5467
Fax: +41 22 730 5484

Unión Internacional de
Telecomunicaciones
Place des Nations
CH-1211 Ginebra 20
Suiza

ISBN: 978-92-61-32143-7



9 789261 321437

Publicado en Suiza
Ginebra, 2020

Derechos de las fotografías: Shutterstock