



El futuro digital
es de todos

MinTIC

MARZO DE 2020

PLAN DE TRANSICIÓN A NUEVAS TECNOLOGÍAS

+MásTIC
✓MejorPais



Plan de Transición a Nuevas Tecnologías



Sylvia Constaín

Ministra de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones



Iván Antonio Mantilla Gaviria

Viceministro de Conectividad y Digitalización



Germán Camilo Rueda Jiménez

Viceministro de Economía Digital



Luisa Fernanda Trujillo

Secretaria General



Jorge Guillermo Barrera Medina

Director de Industria de Comunicaciones



Asesores

Jimena Alejandra Dávila Barragán

Andrés Fernando Gómez Castrillón

Andrea Acevedo Guerrero

Alberto José Reyes Chaparro

Geuseppe González Cárdenas

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
Edificio Murillo Toro, Cra 8ª entre calles 12 y 13, Bogotá, Colombia.
Código Postal 111711



Contenido

Siglas y Acrónimos	5
1. Introducción	6
2. Justificación	7
3. Contexto: análisis de casos internacionales	9
3.1 Caracterización de la muestra.....	10
3.2 Hallazgos obtenidos a partir del análisis de contexto.....	13
4. Características principales del ecosistema del servicio móvil de Colombia bajo un contexto de transición a nuevas tecnologías.....	19
4.1 Metodología y variables del análisis realizado	20
4.2 Los terminales móviles.....	23
4.3 Análisis de características de eficiencia del espectro radioeléctrico IMT bajo un contexto de transición tecnológica.....	26
4.4 La cobertura del servicio móvil.....	34
4.5 Tráfico del servicio móvil.....	39
4.6 Acceso a internet móvil.....	42
5. Estrategia de Transición a Nuevas Tecnologías: comunicaciones modernas para un país conectado. 47	
5.1 Objetivo General	48
5.2 Objetivos específicos	49
5.3 Plan de acción.....	49
6. Horizonte de implementación:.....	54
7. Bibliografía.....	56
8. Anexos.....	60



Lista de Figuras

Figura 1 Descripción de las dimensiones que componen el Plan de Transición a Nuevas Tecnologías, fuente: elaboración propia.	6
Figura 2 Muestra de países estudiados en función de su índice de desarrollo de TIC, fuente: elaboración propia con datos de IDI2017, ITU.	11
Figura 3 Listado de países incluidos en el análisis internacional según su IDI2017, fuente: elaboración propia con datos de IDI2017	12
Figura 4 Año de acceso a espectro 4G vs Índice de Disponibilidad 4G de OpenSignal, elaboración propia con datos oficiales de los países y OpenSignal.	13
Figura 5 Servicios y frecuencias asociadas con el espectro electromagnético, fuente: (ANE,2018).	27
Figura 6 Distribución de pérdida de energía en un sitio TIC tradicional, fuente: Rec. UIT -L.1332.....	29
Figura 7 Distribución consumo energético sistema 3G típico, fuente: (Nokia Siemens Networks & Peng, 2011)	30
Figura 8 Potencia en estaciones base, fuente: (Seng, 2011 & Sabella, 2016).....	31
Figura 9 Comparación entre tecnologías para las velocidades pico teóricas y la latencia, fuente (ITU, 2018) & (Mishra, 2018)	33
Figura 10 Simulación de cobertura 2G/3G (azul) y 4G (rojo), fuente: elaboración propia con datos reportados por PRST, 2019.....	36
Figura 11 Simulación de la variación en cobertura resultante de emplear una banda baja (700 MHz) vs una banda alta (1900 MHz), fuente: elaboración propia con datos reportados por PRST, 2019.....	37
Figura 12 Evaluación coexistencia tecnologías y población a nivel cabecera municipal, fuente: elaboración propia con datos de MinTIC y DANE, 2019	38
Figura 13 Distribución de emplazamientos por objetivo de cobertura, fuente: elaboración propia con datos reportados por PRST, 2019.....	39
Figura 14 Líneas con tráfico por tecnología, fuente: elaboración propia con datos reportados por PRST, 2019	40
Figura 15 Comportamiento usuarios por máxima tecnología de acceso a internet móvil, 21 meses de estudio. fuente: elaboración propia con datos reportados por PRST, 2019.	42
Figura 16 Distribución usuarios por tipo de tecnología con la que acceden a internet móvil, fuente: elaboración propia con datos reportados por PRST, 2019.	43



Figura 17 Variación intermensual para 2G, fuente: elaboración propia con datos reportados por PRST, 2019.
..... 44

Figura 18 Variación intermensual para 3G, fuente: elaboración propia con datos reportados por PRST, 2019
..... 45

Figura 19 Variación intermensual para 4G, fuente: elaboración propia con datos reportados por PRST, 2019
..... 45

Figura 20 Tráfico total (MB), fuente: elaboración propia con datos reportados por PRST, 2019..... 46

Figura 21 GMEI 2017, países en rápida transición hacia un mayor uso de datos móviles, fuente: (GSMA
Intelligence, 2017) 48

Figura 22 Comparación de área de cobertura entre distintas bandas IMT, fuente: (4G Americas, 2015) 61

Figura 23 Pérdida de propagación para distintas bandas IMT usadas en 4G, fuente: (ZTE, 2014) 62

Figura 24 Población cubierta por el espectro del dividendo digital, fuente: (4G Americas, 2015) 64

Figura 25 Relación entre eficiencia espectral y energética, fuente: (Sabella y otros, 2016)..... 66

Figura 26 Eficiencia espectral vs eficiencia energética en función de distintos tipos de modulación bajo la
consideración del teorema de Shannon, fuente: Wozencraft y Jacobs, 1993. 67





Siglas y Acrónimos

2G	Segunda Generación
3G	Tercera Generación
3GPP	Third Generation Partnersip Project
4G	Cuarta Generación
5G	Quinta Generación
AC	Corriente Alterna
ACMA	Australian Communications and Media Authority
ANE	Agencia Nacional del Espectro
ARPU	Average Revenue Per User
BS	Base Station
CAPEX	Inversiones en bienes de capital
CRC	Comisión de Regulación de Comunicaciones
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DC	Corriente Directa
DCMS	Departamento de Cultura, Medios y Deportes (Reino Unido)
DNP	Departamento Nacional de Planeación
ERE	Espectro Radioeléctrico
GMEI	Global Mobile Engagement Index
GSM	Global System for Mobile communications (sistema global para las comunicaciones móviles)
GSMA	Organización de operadores móviles y compañías relacionadas
IDI	Índice de Desarrollo de las TIC
IMT	International Mobile Telecommunications
IMEI	International Mobile Equipment Identifier
IoT	Internet de las Cosas
LTE	Long Term Evolution
Mbps	Megabit por segundo
MHz	Mega Hertz
MINTIC	Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
OPEX	Gastos en operación
PIB	producto interno bruto
PRST	Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones
PRSTM	Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones Móviles
RAN	Roaming Automático Nacional
RAT	Radio Access Technology
SIM	Subscriber Identification Module
SMS	Mensaje Corto de Texto
TAC	Type Allocation Code
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
VoLTE	Voz sobre LTE

1. Introducción

El presente plan detalla la estrategia mediante la cual el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones promoverá la modernización de las tecnologías asociadas con el servicio móvil de telecomunicaciones en el país. Dicha estrategia busca beneficiar a todos los colombianos con comunicaciones móviles de vanguardia internacional que permitan masificar los beneficios de las TIC en la sociedad.

Este plan es el resultado de realizar distintos análisis y que comprendieron diversos casos de estudio a nivel internacional que permitieron identificar algunos de los elementos que revestían una mayor importancia en un proceso de modernización tecnológica, así como a necesidades sectoriales identificadas previamente. Con base en ello, se adelantó un estudio detallado sobre el estado actual del ecosistema del servicio móvil en el país, con énfasis en el internet móvil. Como resultado se definieron cinco dimensiones de estudio en los que se concentran los mayores niveles de influencia, tanto en la operación como en la transición a nuevas tecnologías: (1) los terminales móviles mediante los cuales los usuarios acceden al servicio móvil de telecomunicaciones; (2) el espectro radioeléctrico usado para el servicio de telecomunicaciones móviles; (3) la cobertura del servicio móvil en el territorio nacional; (4) el tráfico del servicio móvil en función de la cantidad de líneas; y (5) el acceso a Internet móvil.



Figura 1 Descripción de las dimensiones que componen el Plan de Transición a Nuevas Tecnologías, fuente: elaboración propia.

Por lo anterior, el presente plan concibe una modernización de las comunicaciones móviles que involucra, a su vez, la modernización de los distintos elementos que componen tal ecosistema, dadas las relaciones que se establecen entre los distintos ámbitos y su interdependencia.



La estrategia de transición está estructurada en función de un objetivo general de política que a su vez involucra cuatro objetivos específicos. Dicha estrategia está compuesta por once líneas de acción, a través de las cuales se detallan las actividades a desarrollar desde el ámbito institucional público, en el corto, mediano y largo plazo, de tal modo que como resultado se obtenga un ecosistema de comunicaciones móviles moderno y plenamente conectado, que contribuya a disminuir la brecha digital existente.

2. Justificación

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) son un habilitador transversal para el desarrollo de todos los sectores de la economía y un instrumento efectivo para la reducción de la pobreza. El Gobierno colombiano ha entendido la importancia de las TIC para el país y se ha encaminado en una ruta de modernización sectorial en la cual la conectividad tiene un rol protagónico.

Para el año 2018, cifras oficiales reportadas por los operadores móviles al SIUST¹ muestran que el país cuenta con una tasa de penetración móvil de alrededor del 126% en la cual coexisten tecnologías de segunda (2G), tercera (3G) y cuarta generación (4G²), a través de las cuales se comunican alrededor de 58 millones de usuarios del servicio móvil a través de los principales operadores móviles de red.

No obstante, si bien el país ha presentado claros avances en sus niveles de conectividad, distintos indicadores tales como el tráfico, máxima tecnología de acceso, inventario de elementos de red, cantidad de usuarios del servicio, entre otros, dan muestra de que hay un rezago significativo en términos de la cantidad de usuarios del servicio de telecomunicaciones móviles que hacen uso del internet móvil, lo cual genera una brecha digital que puede aumentar y que tiene un impacto directo en la calidad de vida de los habitantes, por ejemplo, limitando la inclusión financiera, el relacionamiento con el estado o el acceso a la salud y la educación.

Dicho rezago se evidencia notoriamente al comparar la cantidad de usuarios que acceden a internet móvil por tecnología, encontrando que, para el primer trimestre de 2019, la máxima tecnología con la que cerca de 1,5 millones de usuarios accedieron a internet móvil fue 2G, y 8,6 millones a través de 3G, es decir, cerca de 10 millones, los cuales representan el 40% de todos los usuarios que accedieron a internet móvil lo hicieron por

¹ SIUST, Sistema de Información Unificado del Sector de TIC

² 4G entendido como redes de cuarta generación LTE (Long Term Evolution, por sus siglas en inglés)



las dos tecnologías más antiguas y de peor desempeño comparativo en aspectos como la velocidad de transferencia de datos o las prestaciones tecnológicas de los terminales de acceso; un dato no menor al contrastarlo con los casi 16 millones que ya acceden a través de 4G y que representan el 60% restante.

Dicha situación no puede ser desconocida por el Ministerio, toda vez que, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) encontró que tanto la penetración como la velocidad de navegación ejercen una clara influencia en el nivel de calidad de vida de la población, así como en la economía en general, afirmando por un lado que *“incrementos de 50 puntos porcentuales en la penetración de Internet para los quintiles de ingresos 1 y 2, pueden generar reducciones en el índice de desigualdad de ingresos (GINI) entre 0,30% y 1,26%”*, así como que, *“un aumento en un megabit por segundo (Mbps) puede generar aumentos en el PIB per cápita de hasta 1,6%”* (Departamento Nacional de Planeación, 2018).

Los anteriores datos resultan dicentes para evidenciar no sólo la urgencia de conectar a los quintiles de ingresos más bajos sino también lo apremiante que resulta conectarlos bien, es decir, a tasas de navegación más altas, que sólo se logran a través de tecnologías modernas, y que redunden en mayores beneficios para todos los usuarios y así contribuir al aumento del PIB per cápita.

En este sentido, el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 (PND 2018-2022) *“PACTO POR COLOMBIA, PACTO POR LA EQUIDAD”* definió como uno de sus objetivos prioritarios, el cierre de la brecha digital en Colombia. Para este fin resulta apremiante para el MinTIC plantear lineamientos de política dirigidos a lograr que toda la población, tanto la que no está conectada como aquellos que ya están conectados, puedan acceder a tecnologías de última generación, masificando la conectividad del país y los beneficios que esto representa.

Siguiendo la misma motivación, resulta necesario resaltar que el artículo 310 de la Ley 1955 de 2019 indica que el Ministerio “diseñará e implementará planes, programas y proyectos que promuevan en forma prioritaria el acceso y el servicio universal a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones - TIC” priorizando el acceso público a internet a aquella población pobre, vulnerable, o en zonas apartadas.

Como consecuencia, resulta evidente que el cumplimiento de una de las metas sectoriales del PND 2018-2022, alcanzar **27 millones de conexiones a Internet móvil 4G suscritas**, está fuertemente condicionado en función de la efectiva migración de los cerca de 10 millones de usuarios que actualmente acceden a internet



a través de las tecnologías 2G y 3G, así como, la reducción de la cantidad de usuarios que actualmente no están accediendo a internet móvil. En este sentido, una mayor cantidad de usuarios conectados a 4G tiene una relación directa con el cierre de la brecha digital, el aprovechamiento productivo de las TIC y por tanto en la maximización del bienestar social.

Del mismo modo, distintos actores del sector han manifestado en repetidas ocasiones la urgencia que reviste para la industria definir una ruta clara que conlleve no solo la migración de usuarios sino la modernización del ecosistema móvil, enfatizando en que los futuros incrementos de penetración del servicio se lograrán principalmente a través de conexiones móviles bajo un entorno de mercado orientado a los servicios digitales basados en internet.

En función de lo anterior, el Ministerio TIC adelantó el análisis desde distintas dimensiones, con el fin de identificar, definir y caracterizar los lineamientos que determinarán la hoja de ruta para la migración de dichos usuarios, así como la modernización de las redes de 2G y 3G hacia nuevas tecnologías y que en últimas define la estructura del presente plan. Así mismo, se incluyen acciones pertinentes que incentiven la potencial migración hacia redes de quinta generación (5G) en el mediano y largo plazo teniendo en cuenta que, como se menciona en la sección 3 del Plan 5G Colombia, debido a su naturaleza orientada hacia los datos móviles, las tecnologías 4G y 5G en la etapa temprana de adopción de 5G están diseñadas para coexistir en un entorno de transferencia de datos de alta velocidad, algo que contrasta enérgicamente con la convivencia que se da actualmente entre 2G y 3G con 4G.

Así las cosas, el presente plan se desarrolla bajo los mandatos que dicta la ley, así como dentro del Programa de última milla para el servicio universal, el cual a su vez hace parte del eje de Inclusión Social Digital del Plan TIC 2018-2022 del Ministerio TIC para promover la modernización de la conectividad móvil en Colombia desde una perspectiva multidimensional, sustentada en un enfoque adaptativo de la política pública de tecnología, que interpreta el sector como dinámico, reconociendo la importancia que tienen todos los actores del ecosistema, para con esto beneficiar tanto a la industria como al país.

3. Contexto: análisis de casos internacionales



Con el fin de identificar las mejores prácticas sectoriales y definir criterios fundamentales para el diseño del Plan, el Ministerio TIC realizó distintos análisis a casos de estudio a nivel internacional centrados principalmente en aquellos con procesos similares de migración o modernización de redes. Es de resaltar que, con base en este análisis de contexto, se definieron los componentes principales que estructuraron el desarrollo de la investigación sobre el estado actual del servicio móvil en Colombia, cuyos hallazgos se presentan en una sección posterior del presente Plan.

3.1 Caracterización de la muestra

La primera etapa de investigación consistió en recopilar, analizar y comparar evidencia internacional relacionada con la transición de redes móviles de segunda y tercera generación (2G y 3G) a redes de nuevas generaciones, (4G y tentativamente 5G). Para este fin se adoptó una metodología de análisis exploratorio y comparativo con información de una muestra de 14 países, agrupados por regiones y con al menos un caso de estudio por continente, los cuales o exhibían algunas características de comparabilidad con Colombia o eran casos de éxito que aportaban información relevante y por ende resultaban pertinentes para el estudio.

Para lo anterior, previamente se identificaron países donde se hayan presentado casos de modernización y donde se pudiera tener acceso a información confiable, ya sea oficial o con soporte institucional. Posteriormente, a la lista depurada se incorporó el Índice de Desarrollo de TIC³ (IDI) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) como medida para definir cuáles países podrían ser considerados como líderes mundiales y cuáles países podrían ser comparables a nivel regional, toda vez que dicho indicador refleja elementos tan importantes como el nivel y evolución en el tiempo de las TIC en los países miembros de la ITU, el nivel de desarrollo de infraestructura o el nivel de uso de las TIC en la sociedad.

En la muestra de 14 países se incluyen 4 países que se ubican dentro de los primeros 10 en el mundo, 5 que se ubican dentro del rango del 10 al 20 primeros, 1 dentro del rango de los 50 primeros y finalmente, 4 países que se ubican dentro del rango de 50 a 100, teniendo un IDI2017 promedio de 7.48, distribuidos de la siguiente manera:

³ El IDI más reciente al momento de estudio corresponde al año 2017 (IDI2017).

América:



País	Posición (IDI2017)
<i>Estados Unidos</i>	16
<i>Argentina</i>	51
<i>Chile</i>	56
<i>México</i>	87
<i>Ecuador</i>	97

Europa:



País	Posición (IDI2017)
<i>Reino Unido</i>	5
<i>Holanda</i>	7
<i>Suecia</i>	11
<i>Alemania</i>	12
<i>España</i>	27

Asia:



País	Posición (IDI2017)
<i>Corea del Sur</i>	2
<i>Japón</i>	10
<i>Singapur</i>	18

Oceanía:



País	Posición (IDI2017)
<i>Australia</i>	14

Figura 2 Muestra de países estudiados en función de su índice de desarrollo de TIC, fuente: elaboración propia con datos de IDI2017, ITU.

La figura 3 presenta los 14 países incluidos en la muestra en orden descendente en función de su IDI2017, incluyendo el puntaje de Colombia y el promedio de IDI2017 de la muestra. Al respecto resulta necesario

destacar que, dentro de todos los países analizados, Colombia sólo tuvo un Índice de Desarrollo de TIC superior a dos países: México y Ecuador; los otros dos países latinoamericanos, Argentina y Chile, se ubicaron por encima de Colombia. Frente al grupo de países más desarrollados Colombia presentó un IDI notablemente más bajo.

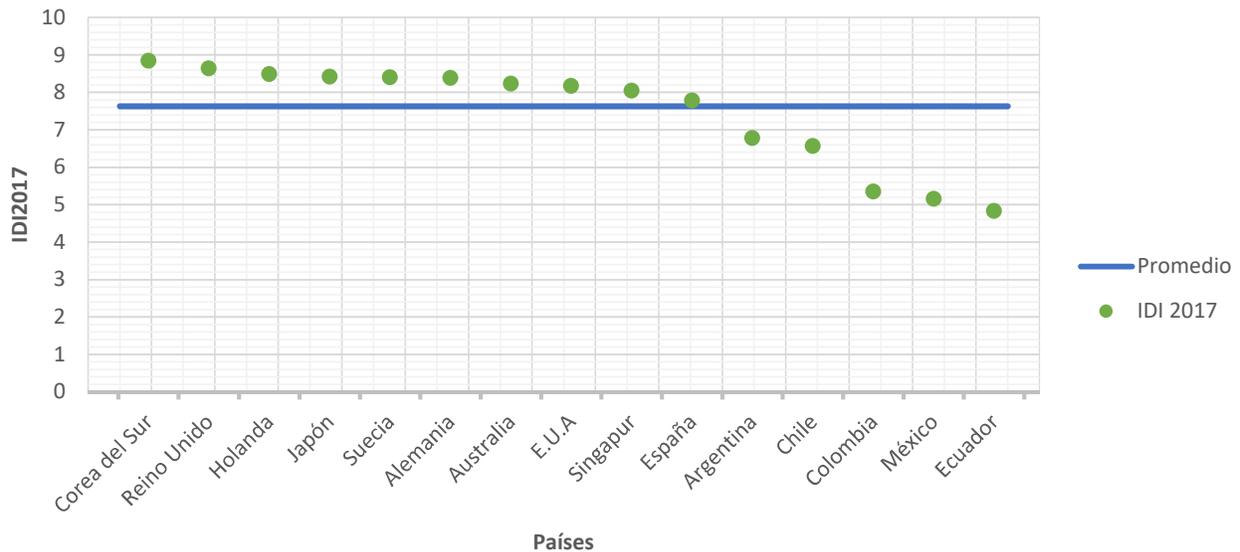


Figura 3 Listado de países incluidos en el análisis internacional según su IDI2017, fuente: elaboración propia con datos de IDI2017

Posteriormente, se identificaron los elementos más relevantes de cada país en función de sus procesos de transición de redes, tanto de los que ya realizaron la transición, como los que la están ejecutando o los que se encuentran en fase de planeación. Para cada país se detalló: i) si hubo una política pública o una intervención o medida regulatoria (particular o general) que definiera los lineamientos para dicha transición, ii) si hubo parámetros comunes que sirvieran como señal de alerta frente a la transición iii) cuál fue la relación que se dio en cuanto a la administración del espectro radioeléctrico, iv) si hubo algún estímulo particular y sus resultados y finalmente v) cualquier otra evidencia que detallara las líneas de acción de los respectivos gobiernos si por el contrario la transición se dio de manera orgánica impulsada por la dinámica natural del mercado.



3.2 Hallazgos obtenidos a partir del análisis de contexto

A continuación, se presentan de manera breve los principales hallazgos obtenidos, que permiten definir de manera amplia el contexto a partir del cual se desarrolla la transición a nuevas tecnologías.

Inicialmente se encontró que para 4G existe una correlación negativa ($r=-0,58$) al comparar los años de acceso al espectro y el índice de disponibilidad de 4G de OpenSignal⁴. En otras palabras, entre más rápido accedió un país al espectro para 4G más alto índice de disponibilidad tiene, lo cual repercute en una más rápida adopción y por ende un proceso de transición más rápido (figura 4).

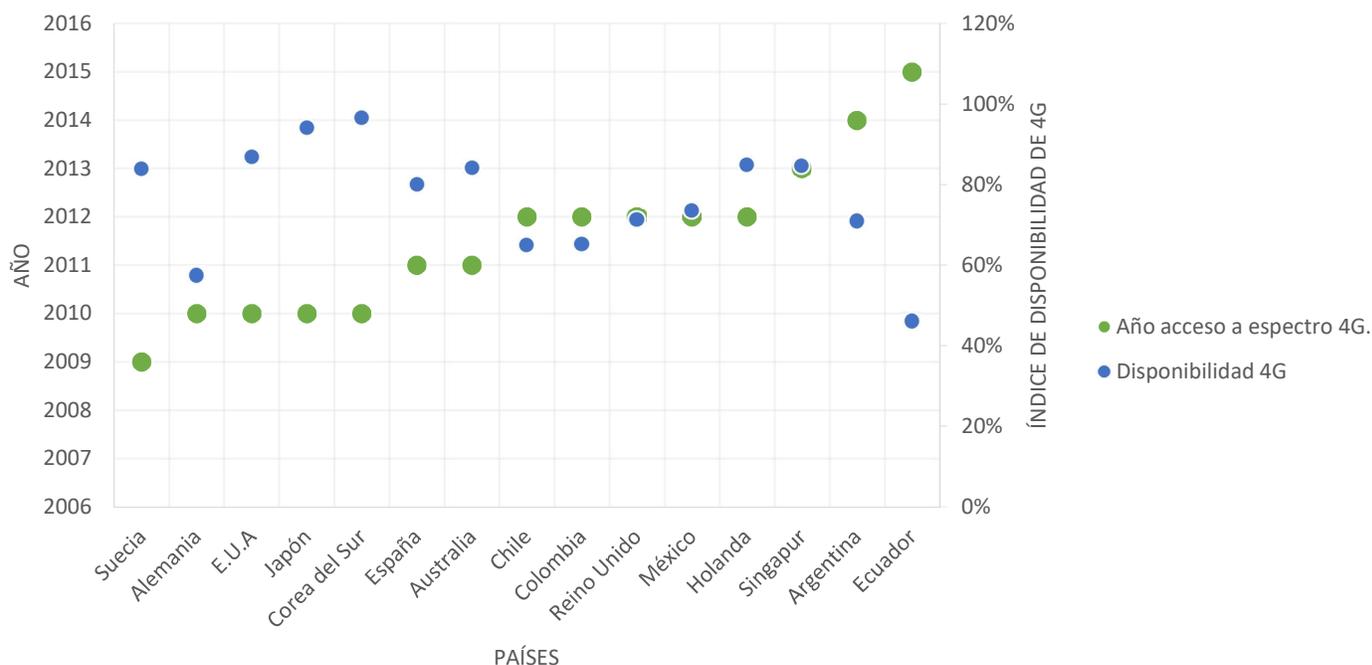


Figura 4 Año de acceso a espectro 4G vs Índice de Disponibilidad 4G de OpenSignal, elaboración propia con datos oficiales de los países y OpenSignal.

Se identificó que ningún país planea apagar 2G y 3G simultáneamente. En todos los casos en los que se evidencia el apagón de alguna de estas tecnologías, también se planteó el reúso de la infraestructura de las tecnologías por un periodo mayor de tiempo en el cual coexiste con 4G. En este sentido, se encontró que,

⁴ El índice de disponibilidad 4G de OpenSignal muestra la proporción del tiempo en que usuarios con un teléfono 4G se conectan a una red 4G, por ejemplo, un índice de 75% indica que el usuario estuvo conectado sólo el 75% del tiempo a redes 4G.



particularmente, en Europa existe un interés común en apagar las redes 3G para hacer reuso de elementos usados en 2G para aplicaciones en mercados emergentes como el Internet de las Cosas (IoT).

Adicionalmente, luego del análisis entre los tipos de transición tecnológica de los países estudiados se evidenció que no hay un mecanismo común o estandarizable que determine una manera general que dicte cómo realizar la transición de 2G/3G, por el contrario, la mayoría de los países que ya realizaron algún tipo de transición lo hicieron bajo circunstancias particulares propias de su desarrollo tecnológico, la industria, el mercado o alguna situación particular de política pública.

País	Plan 5G	Mercado IoT	Intervención Directa	Transición Orgánica	Señales de alerta para política
Suecia	SÍ	SÍ	NO	SÍ	Peticiones Industria
Corea del Sur	SÍ	SÍ	SÍ	NO	Peticiones Operadores
Japón	SÍ	SÍ	SÍ	NO	Peticiones Operadores
Alemania	SÍ	SÍ	NO	SÍ	Peticiones Industria
E. U. A	SÍ	SÍ	NO	SÍ	Peticiones Industria
Australia	SÍ	SÍ	SÍ	NO	Peticiones Operadores
España	SÍ	SÍ	NO	SÍ	Peticiones Industria
Holanda	SÍ	SÍ	NO	SÍ	Peticiones Industria
Chile	SÍ	SÍ	NO	SÍ	No identificadas
México	SÍ	SÍ	NO	SÍ	Peticiones Operadores
Reino Unido	SÍ	SÍ	NO	SÍ	Peticiones Industria
Singapur	SÍ	SÍ	SÍ	NO	Peticiones Operadores
Argentina	NO	NO	SÍ	NO	Iniciativa Gobierno
Ecuador	NO	NO	S	S	No identificadas

Tabla 1 Comparación de características entre los países estudiados, fuente: elaboración propia.

De manera amplia, se pudieron identificar rasgos comunes que se pueden agrupar bajo dos tipos principales de transición: una *directa* en la que se define una fecha límite de operación para la tecnología a apagar y una *orgánica* en la que no se define dicha fecha.



La transición directa implica un periodo más corto de coexistencia entre tecnologías, definido por la fecha límite de operación resultante de algún mecanismo de intervención de tipo regulatorio o de política que, en algunos casos, fue concertado con los operadores y la industria en general. Esto se convierte en una carga adicional para los usuarios, que se exponen a una fecha límite que por lo general ellos no eligieron y que conlleva decisiones de consumo no previstas por ellos, además de las barreras de adopción propias de cada relevo tecnológico significativo. De igual modo, la evidencia sugiere que el porcentaje de usuarios cobijados por la tecnología que se quiere relegar puede en algunos casos ser bajo, variando entre el 2% y el 5% (Australia, Singapur), pero también se identificaron valores superiores al 10% (Argentina, México, Japón). Sin embargo, no se identificó ninguna regla para determinar un umbral de referencia para definir dicha transición y, por el contrario, dicha decisión responde al análisis de cada caso particular.

Por otro lado, la transición orgánica, se da cuando se ha presentado una adopción temprana de las tecnologías más modernas, acelerando con esto los índices de adopción y facilitando la coexistencia entre tecnologías de distintas generaciones por un periodo más amplio de tiempo. En este sentido, como bien lo mencionaron Kwon y Kwon, la transición de una tecnología a otra responde a una dinámica que privilegia el actuar del sector privado (*laissez-faire*) y por lo general se da sin mayores traumatismos para los usuarios dada la ausencia de una imposición de tiempo (Kwon & Kwon, 2014). Como se señaló anteriormente, optar por este tipo de transición corresponde a un análisis robusto por parte de los interesados, no obstante, por lo general los países que han presentado evidencia relacionada con este tipo de transición tienen un IDI alto. Así las cosas, persisten algunas diferencias notorias entre cada caso analizado y no se podría establecer una regla general que dictamine un procedimiento para realizar una transición orientada de esta manera.

De manera comparativa, se identificó que las diferencias entre los dos tipos de transición radican principalmente en los elementos particulares de conectividad y las condiciones de mercado que determinan el contexto y por ende las políticas de cada Gobierno, así como las características puntuales de desarrollo de la industria ya que es en función de estos elementos que se identificó la orientación hacia cada tipo de transición. Así mismo, resulta útil y necesario acotar que se identificaron beneficios y riesgos propios para cada uno de estos tipos de transición los cuales deben ser ponderados por los distintos actores del sector según sea el caso.

Los insumos analizados permiten afirmar que todos los países que presentaron algún tipo de transición de tecnologías realizaron una migración de usuarios orientada, siempre, hacia la tecnología más avanzada disponible en el mercado, la cual técnicamente se ha definido como *tecnología destino*. En este sentido se



encuentra que por lo general esta tecnología es 4G, la cual objetivamente aumenta su tasa de adopción como resultado de dicha transición. En los países más desarrollados se contempla una migración hacia 5G bajo un contexto de convergencia y conectividad de última generación. Dicha transición se da por lo general en un contexto que favorece el desarrollo de nuevos servicios y aplicaciones basados en internet, promoviendo el avance y beneficios de las TIC en la sociedad.

En la mayoría de los casos analizados de transición *directa*, previo a la solicitud o puesta en marcha del apagón, los operadores solicitaron al regulador o a la entidad competente algún tipo de flexibilización en el uso del espectro radioeléctrico asignado recurriendo, por ejemplo, al *refarming*⁵ de dichas frecuencias, buscando una agregación de portadoras para 4G. De igual manera, no se encontró evidencia que demuestre que los operadores devolvieran el espectro usado para 2G o 3G y por el contrario se emplearon criterios técnicos que privilegiaran la eficiencia en su uso.

El racional más común identificado en todos los países de la muestra es el de privilegiar en sus planes de conectividad la armonización entre el uso de infraestructura ya desplegada y la adaptación de ésta con las nuevas dinámicas del mercado, particularmente en lo relacionado con Internet de las Cosas (IoT) y Ciudades Inteligentes. Al respecto, es común encontrar dentro de dichos planes referencias puntuales encaminadas a beneficiar la masificación de 5G incluyendo el reuso de infraestructura para mercados emergentes como IoT, tomando como punto de partida el fortalecimiento o consolidación de 4G.

Finalmente, según las características particulares de cada país, se evidenciaron áreas de afectación o de riesgo que tanto el gobierno como la industria buscan mitigar a través de su estrategia de transición, indistintamente si ésta se da de manera orgánica o de manera directa:

- Orfandad tecnológica: caracterizada por ocurrir de manera residual fruto de la obsolescencia tecnológica tanto de los elementos de red asociados a 2G/3G, como de los terminales móviles a través de los cuales los usuarios acceden al servicio. Distintas fuentes evaluadas coinciden en afirmar que mantener en funcionamiento las redes 2G/3G en un horizonte de tiempo indefinido generará una competencia ineficiente frente a 4G debido a que gran parte de los fabricantes de equipos han descontinuado la producción y soporte

⁵ Refarming: La reorganización del espectro es un conjunto de medidas administrativas, financieras y técnicas para liberar, completa o parcialmente, las asignaciones de frecuencia existentes de usuarios o equipos en una determinada banda de frecuencias. Posteriormente la banda de frecuencias podrá atribuirse al mismo servicio o a servicios diferentes. Estas medidas pueden aplicarse a corto, medio o largo plazo (ITU-R SM.1603).



para estas tecnologías, alejándose de las economías de escala lo que potencialmente aumentará sus costos, inclusive, exponiéndose a hacer uso de tecnologías de soporte en el mercado secundario. Igualmente, se estima que habrá una cantidad considerable de terminales del tipo *feature*⁶ y primeras generaciones de *smartphones* que queden inutilizados como resultado de cesar la operación de cualquiera de estas redes.

Dicha orfandad tecnológica se traduce en una posible amenaza ambiental relacionada con la disposición, el reciclaje o reuso de dichos equipos, así como de problemas de redistribución en mercados fronterizos hacia países donde dichos terminales aún puedan operar.

- Reducción o pérdida de cobertura: se estima que este tipo de afectación principalmente se dé en zonas de límite de cobertura o en aquellas zonas donde no hay una suficiente redundancia en la capacidad del servicio móvil, entendida en función de las tecnologías disponibles en una estación base o emplazamiento. Este tipo de afectación se evidencia principalmente al contrastar las zonas de cobertura por cada generación de tecnologías móviles.

Al respecto, suele ser común que una tecnología, sea 2G o 3G, deje de operar sólo cuando ya haya un sustituto en operación que esté en capacidad de ofrecer la misma área de cobertura por densidad de usuarios.

- Continuidad del servicio: esta afectación obedece a distintas razones, no obstante, en todos los países analizados se identifica el riesgo de que esto ocurra cuando no se haya definido un sustituto tecnológico adecuado dentro del contexto de transición, exponiendo a los usuarios a una interrupción forzada del servicio, quedando completamente desconectados debido a la incapacidad de operación debido a la tecnología del terminal o la cobertura del servicio mismo.

- Barreras de acceso a terminales de nuevas tecnologías (tecnología destino): principalmente asociadas con los terminales móviles que operan en la tecnología destino (4G). Se evidencia que hay dos tipos principales de barreras de acceso: el costo asociado con el terminal y la falta del conocimiento necesario para el uso de dicho terminal. Al respecto se encuentra que la gran mayoría de los países estudiados **no** optaron por subsidios para el cambio de terminales. Así mismo, algunos países sí establecieron programas específicos de alfabetización digital focalizada para los grupos en donde se evidenciará una mayor necesidad,

⁶ Teléfono *feature*: un teléfono móvil de características básicas frente a las de un teléfono inteligente.



con el fin de mitigar el riesgo que representaba la modernización de terminales. En este sentido, un terminal puede no ser compatible tecnológicamente con la tecnología más alta debido a la imposibilidad de operar en bandas de frecuencia nuevas, lo cual implica un cambio necesario de terminal, que en ocasiones implica también un cambio en su manera de uso siendo esto un problema para el usuario que no esté en capacidad de hacer el respectivo cambio de terminal.

- Marginalización de poblaciones: la evidencia demuestra que por lo general hay un grupo común de poblaciones que se marginaliza de la transición debido a características socioeconómicas específicas, principalmente: tercera edad, migrantes y grupos de bajo poder adquisitivo. Resulta preciso resaltar que dichos grupos suelen representar un porcentaje muy bajo de usuarios en términos comparativos, así como el ARPU⁷⁷ más bajo para los operadores.

También puede suceder que se combinen algunos de estos grupos y que, por ejemplo, haya migrantes de tercera edad con un bajo poder adquisitivo, quienes claramente son la población más frágil en el contexto de la transición. En el caso de Colombia, otro grupo que podría incluirse en esta categorización son poblaciones indígenas, desplazados, víctimas del conflicto o reinsertados.

- Afectación a la competitividad sectorial: esta afectación principalmente se identifica a través de los posibles efectos negativos hacia los operadores y demás actores sectoriales relacionados con la fabricación, instalación y operación de la infraestructura del servicio móvil. Ejemplos de esto son los costos asociados con la operación de tecnologías de red que no presentan indicadores de eficiencia espectral ni energética óptimos, incurriendo en ineficiencias operativas y costos que no necesariamente reflejan los hábitos de consumo de los usuarios, quienes según demandan cada vez más servicios basados en datos móviles. Dichas ineficiencias se materializan a través de gastos que limitan la capacidad de operación de la industria.

Este tipo de afectación a la competitividad se identificó más notoriamente en países como Estados Unidos, Corea del Sur, Suecia, Alemania, o Reino Unido, toda vez que son países en donde no sólo conviven los operadores móviles de red sino también algunas de las empresas de tecnología y equipos más grandes del mundo tales como Samsung o Ericsson. En este sentido, se identifica un patrón común orientado hacia el fortalecimiento del ecosistema y la infraestructura del acceso móvil a internet de tal modo que se incentive el

⁷⁷ ARPU: Ingreso Promedio por Usuario (Average Revenue Per User, por sus siglas en inglés).



uso de la infraestructura legada en aplicaciones de tecnologías emergentes como Internet de las Cosas, blockchain o ciudades inteligentes, entre otros.

Así las cosas, resulta relevante destacar que una amplia mayoría de los países analizados coincidieron en incentivar el desarrollo y fortalecimiento del ecosistema de 4G a través de distintas acciones, una de ellas la promoción al acceso oportuno al espectro radioeléctrico, toda vez que es a partir de la explotación de dicha tecnología que se satisfacen la mayoría de las necesidades de consumo de los usuarios, se estima la mayor cantidad de tráfico y se fundamenta el desarrollo de la tecnología 5G.

De otro lado, resulta vital destacar que algunos de estos riesgos se pueden materializar simultáneamente en distintas dimensiones según cada caso, y que no necesariamente las acciones de mitigación de un riesgo ejercen el mismo efecto en todos los países ni en todas las áreas de afectación. De igual modo, se reitera que estas áreas de afectación son el resultado de un análisis exploratorio en el cual se buscó trazar un marco de referencia inicial para el análisis de los procesos de transición a nivel mundial para con base en esto dimensionar áreas de particular interés para Colombia y fundamentar el estudio del ecosistema móvil en el país, el cual se presenta en la siguiente sección.

4. Características principales del ecosistema del servicio móvil de Colombia bajo un contexto de transición a nuevas tecnologías.

Luego de examinar las características principales del contexto internacional y realizar el análisis de casos relacionados con los procesos de transición a nuevas de tecnologías del servicio móvil, se desarrolló un análisis interno donde se caracterizaron los elementos más relevantes del estado actual del ecosistema del servicio móvil en Colombia bajo un contexto de transición a nuevas tecnologías. Al respecto, es entendido como **ecosistema del servicio móvil** a aquel compuesto por el espectro radioeléctrico, los terminales de acceso y la infraestructura. Para este fin se tomaron algunos de los elementos conceptuales identificados en los países que se presentaron anteriormente, y además se añadieron consideraciones particulares de estudio para el caso de Colombia, analizando los datos oficiales reportados por los operadores de redes en acatamiento de la respectiva normatividad expedida por la CRC y el MinTIC.



En este sentido, resulta crítico recalcar que, dada la naturaleza de confidencialidad y reserva de gran parte de los datos analizados, en este documento no se revelará información sensible de ningún operador móvil de red. De igual modo, para el análisis sólo se consideran los datos de los cuatro operadores móviles de red con la mayor participación en el mercado y que representan alrededor del 90% del mismo, excluyendo a todos los operadores móviles virtuales toda vez que al no ser asignatarios de espectro IMT resulta marginales en función del despliegue de infraestructura.

Por otra parte, en función del asunto central del Plan, es decir, la transición a nuevas tecnologías, se definieron cinco dimensiones de estudio que no solo facilitan el análisis, sino que agrupan elementos particulares bajo una temática común y que definen y describen los rasgos principales del ecosistema del servicio móvil en Colombia. Como resultado, las dimensiones estratégicas del Plan de Transición a Nuevas Tecnologías son:

- Los terminales móviles.
- El espectro radioeléctrico IMT bajo un contexto de transición tecnológica.
- La cobertura del servicio móvil.
- El tráfico del servicio móvil.
- El acceso móvil a internet.

A continuación, se presentan la metodología empleada, así como los principales hallazgos para cada una de las dimensiones estudiadas.

4.1 Metodología y variables del análisis realizado

En función de la estructuración del presente Plan se realizó un análisis interno por parte del Ministerio orientado a responder a la necesidad de identificar, analizar y comparar el comportamiento de los elementos específicos que conforman el ecosistema de telecomunicaciones móviles en Colombia y que resultan de interés de cara al diseño del Plan de Transición a Nuevas Tecnologías. En ese sentido, la agrupación de dimensiones anteriormente presentada responde a un enfoque de diseño de política adaptativo y sistémico en el cual se reconoce que dada la naturaleza de los procesos de relevo tecnológico, las circunstancias y las variables que se analizan presentan un comportamiento variable en el tiempo, exigiendo a la administración pública no sólo el dinamismo para entender dicha variabilidad sino también el rigor para poder determinar los tipos de acciones que se establecerán para de cada elemento estudiado.



Metodológicamente, para lo relacionado con información del servicio móvil, se utilizaron las variables definidas en la normatividad vigente expedida por el Ministerio TIC y la CRC y que agrupan la información oficial reportada por los operadores móviles de red, así como herramientas de análisis estadístico para el procesamiento de las variables para así determinar, entre otros:

- Evolución de comportamiento de variables (mediante patrones o tendencias).
- Indicadores relativos de contribución (evaluación comparativa/relativa).
- Identificación de características especiales según el tipo de variable (mediante patrones o tendencias, así como focalización de variables).
- Modelamiento de comportamiento.
- Clusterización de datos.

De manera informativa y reiterando la reserva que recae sobre estos datos se exponen los tipos de variables analizadas:

- Número total de líneas en servicio: indica la cantidad de líneas en servicio con corte al último día del trimestre reportado. Como línea en servicio se entiende a una línea del operador atribuida a un abonado (persona natural o jurídica) y en capacidad de cursar tráfico entrante o saliente. Para los proveedores en concesión, deben registrar el mismo número de abonados en servicio que entregan en virtud del contrato de concesión.
- Número total de líneas en servicio con tráfico en el trimestre: indica la cantidad de líneas en servicio con corte al último día del trimestre reportado que durante dicho trimestre registraron algún evento en la red. Como eventos se entienden los eventos de origen o terminación de tráficos de voz, datos o SMS.
- Líneas con tráfico solo en redes de segunda generación(2G): del número total de líneas en servicio con tráfico en el trimestre, se deben reportar la cantidad de líneas que cursaron uno o más eventos, en redes de segunda generación durante el periodo de medición.
- Líneas con tráfico en redes de tercera generación (3G): del número total de líneas en servicio con tráfico en el trimestre se debe reportar la cantidad de líneas que cursaron uno o más eventos en redes de tercera generación durante el periodo de medición.
- Líneas con tráfico en redes de cuarta generación (4G): del número total de líneas en servicio con tráfico en el trimestre se debe reportar la cantidad de líneas que cursaron uno o más eventos en redes de cuarta generación durante el periodo de medición.



- Líneas en servicio por categoría prepago: del total de líneas en servicio se debe indicar la cantidad de líneas en servicio con corte al último día del trimestre activadas en planes prepago.
- Líneas en servicio por categoría pospago: del total de líneas en servicio se debe indicar la cantidad de líneas en servicio con corte al último día del trimestre activadas en planes pospago.

Similarmente, el desglose de las variables utilizadas para los análisis de cobertura corresponde a:

- Cobertura 2G: indica, mediante texto, si el municipio o localidad tiene cobertura de telefonía móvil 2G (SI/NO).
- Cobertura 3G: indica, mediante texto, si el municipio o localidad tiene cobertura de telefonía móvil 3G (SI/NO).
- Cobertura LTE: indicar si el municipio o localidad tiene protocolo LTE (SI/NO).

Para el análisis relacionado con el acceso móvil a internet las variables de tiempo mantienen los mismos atributos, sin embargo, se agregan las siguientes consideraciones conceptuales a las variables correspondientes:

- Acceso por suscripción: acceso a internet móvil a través de la contratación de un plan con un cargo fijo que se paga de forma periódica. Siendo el acceso a internet definido por el artículo 1.3 del Título I de la Resolución 5050 de la CRC como la “disponibilidad de medios físicos que incluye todas las funcionalidades y recursos de red nacionales y/o internacionales necesarios para permitir a un usuario interconectarse a la red de Internet y aprovechar sus recursos y servicios”. En las variables analizadas no se consideran los accesos que únicamente hacen uso de redes privadas.
- Segmento: corresponde al tipo de suscriptor que contrata el servicio de acceso a internet. El cual a su vez se clasifica como personas (natural) o empresas (jurídica).
- Terminal: corresponde al terminal usado por el suscriptor para acceder a la red y se clasifica dentro de los grupos: teléfono móvil o data card (a través de un Modem USB(PCMCIA), ranura SIM, notebook/netbook, computador, Tablet u otros equipos con acceso de servicios de datos únicamente.
- Tecnología: corresponde a la más alta tecnología utilizada por el suscriptor dentro de cada mes de medición, para la transmisión de la información a través de la red y se clasifica dentro de los siguientes grupos:



TIPO DE RED	PROTOCOLO
2G	GSM/GPRS/EDGE, iDEN, entre otros
3G	W-CDMA/HSPA, UWC-136, HSPA+, entre otros
4G	LTE, WIMAX, entre otros.

- Cantidad de suscriptores: corresponde al número de usuarios que están obligados contractualmente a pagar un cargo fijo de manera periódica por el servicio de acceso a internet móvil. Se deben incluir aquellos usuarios que, teniendo un contrato de servicio de acceso a internet móvil, también accedan al servicio mediante la modalidad de demanda.
- Ingresos por suscripción: total de ingresos en pesos colombianos (con dos decimales), sin incluir impuestos.
- Tráfico por suscripción: tráfico total en Megabytes.
- Acceso por demanda: corresponde al acceso a internet móvil sin que medie la contratación de un plan para tal fin, empleando la misma definición de acceso a internet móvil citada anteriormente.
- Tipo de usuario: se clasifica en los grupos prepago (usuarios sin contrato de suscripción de acceso a internet o voz móvil) y postpago (usuarios con un contrato de voz móvil, pero sin contrato de suscripción de acceso a internet móvil).

4.2 Los terminales móviles



Los terminales móviles son aquellos dispositivos tecnológicos con los cuales los usuarios acceden al servicio móvil de voz y datos. Dicho acceso se da mediante las distintas bandas del espectro radioeléctrico dispuestas para tal fin y las cuales cumplen un papel fundamental cuando se habla de las Tecnologías de Acceso de Radio (Radio Access Technologies, RAT, por sus siglas en inglés). En este sentido, como parte de la estructuración del Plan de Transición a Nuevas Tecnologías, se analizó la situación normativa actual de los terminales móviles en el país, principalmente bajo la consideración de sus requisitos técnicos de homologación para datos móviles, así como las cantidades estimadas de terminales por tipo de tecnología.



En este sentido, las características específicas de desempeño de los terminales que se conecten a las distintas redes de telecomunicaciones en el país dependen, entre otros, de su modelo, fabricante y las características de hardware y software con las que haya sido fabricado. Por otra parte, resulta innegable que la oferta de terminales en el mercado colombiano es amplia, competitiva y coherente con el desarrollo del sector.

A continuación, se presentan los principales hallazgos del estudio:

- No hay total certeza de la cantidad de terminales por tecnología que operan actualmente en Colombia. No se encuentra disponible ninguna base de datos oficial, por vía del Ministerio TIC o la CRC, en donde se totalicen o estimen las cantidades de terminales móviles que están operando en el país y que detallen a qué modelos corresponden o en qué frecuencias operan o podrían operar. Frente a esto se estima que la fuente de información con el nivel de confiabilidad más alto es aquella que poseen los operadores móviles de redes (OMR) toda vez que mediante el IMEI⁸ y el TAC⁹ podrían estimar las cantidades de conexiones efectivas que se realizan a través de estos terminales.
- La regulación relacionada con el proceso de homologación de terminales móviles para frecuencias 4G se encuentra rezagada en el tiempo frente a la dinámica de adopción de 4G del mercado, toda vez que no existe aún reglamentación relacionada con las normas técnicas para las bandas IMT usada para datos, motivo por el cual urge acelerar su entrada en vigor con el fin de garantizar el cumplimiento del numeral 8 del artículo 22 de la Ley 1341 de 2009, modificado por el artículo 19 de la ley 1978 de 2019¹⁰.
- Con base en lo anterior, se identifica la necesidad de incluir en el análisis regulatorio de la CRC aquella normatividad técnica que potencialmente afecte el proceso de homologación de terminales que operen bajo la tecnología 4G y 5G toda vez que, si esta última está en mora de entrar en operación en el país, el antecedente inmediato sugiere que la expedición de la regulación correspondiente puede tomar un tiempo considerable, no necesariamente alineado con las condiciones de mercado. Esto no favorecería la adopción de dicha tecnología ni protegería a los usuarios. De mantenerse la dinámica actual, el sector se enfrentaría a la entrada de una nueva ola de terminales móviles 5G sin que éstos tengan una normatividad técnica de homologación definida.

⁸ IME, Identificador Internacional del Equipo Móvil (International Mobile Equipment Identifier, por sus siglas en inglés)

⁹ TAC, Código de Asignación de Tipo (Type Allocation Code, por sus siglas en inglés).

¹⁰ Determinar estándares y certificados de homologación internacional y nacional de equipos, terminales, bienes y otros elementos técnicos indispensables para el establecimiento de redes y la prestación de servicios de telecomunicaciones, de televisión abierta radiodifundida y de radiodifusión sonora, aceptables en el país, así como señalar las entidades o laboratorios nacionales autorizados para homologar bienes de esta naturaleza



- Al momento del estudio no se identificó ninguna particularidad normativa o de política pública que involucrara incentivos para tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT). Debido a esto y reconociendo el potencial identificado en esta tecnología con base en los hallazgos del *benchmark* internacional, se identifica la necesidad de desarrollar un análisis específico para este tipo de terminales para un entorno de modernización de uso de redes móviles en el cual se planteen posibles beneficios regulatorios y normativos para la industria y que incentiven la adopción y masificación de dichas tecnologías.
- Algunos terminales como datáfonos, instrumentos de telemetría, alarmas, entre otros, que son utilizados en otros verticales de la economía, operan en redes 2G/3G. No obstante, no se encuentra ninguna fuente de datos oficial en la cual se detalle el impacto de éstos sobre las redes de telecomunicaciones, ni la cantidad estimada de los mismos que actualmente operan en el país.
- No se identifica ningún tipo de incentivos específicos para que los usuarios de los niveles socioeconómicos más bajos adquieran terminales que operen en 4G, por el contrario, se encuentran bajo las mismas condiciones de acceso que los usuarios de los niveles más altos. Tampoco se encuentran programas específicos de alfabetización en el uso de dichos terminales.
- No se encuentra suficiente evidencia que permita determinar por vía del Ministerio el estado actual de adopción de tecnologías de llamadas de voz sobre IP (VoIP)¹¹ dentro de las cuales se encuentra la Voz sobre LTE (VoLTE), tecnología que permite niveles mayores de calidad en la comunicación de voz con una mayor eficiencia en el uso de los recursos de red (Elnashar & El-Saidny, 2018) y que actúa como sustituto de las llamadas de voz cursadas a través de redes 2G y 3G.

Así las cosas, para esta dimensión se establecen los siguientes retos:

4.2.1 Retos identificados:

- Reducir la cantidad de terminales que operan exclusivamente con 2G y/o 3G de tal modo que se pueda frenar la base de usuarios que acceden al servicio móvil a través de esta tecnología.

¹¹ VoIP, Voice over Internet Protocol



- En los segmentos de la población más pobre, vulnerable, o en zonas apartadas, la adopción y uso de 4G es bajo.
- Existen desafíos para el adecuado manejo a los residuos electrónicos derivados de la migración tecnológica y que pueden representar una cantidad considerable de terminales 2G y 3G dada la cantidad de usuarios activos y reportados por los operadores móviles de red. Las políticas actuales no han considerado ni la cantidad ni el tipo de terminales que se podrían presentar en este contexto.
- En la actualidad, el uso de terminales como datáfonos, instrumentos de telemetría, o alarmas, que hacen uso de la red 2G y 3G no está cuantificado. Dicho reto involucra una discusión amplia con actores que no necesariamente se ubican dentro del sector TIC tradicionalmente pero que se verían beneficiados como resultado de la transición a nuevas tecnologías.
- No se identifican medidas o acciones que incentiven el uso de terminales para la adopción y explotación de tecnologías emergentes tales como el de Internet de las Cosas (IoT), que pueden representar no sólo beneficios para la industria sino también mayores beneficios para los usuarios toda vez que se identifica un potencial que podría generar un nuevo ecosistema de servicios y aplicaciones sustentados en algunas de las tecnologías actualmente usadas en 2G y 3G.

4.3 Análisis de características de eficiencia del espectro radioeléctrico IMT bajo un contexto de transición tecnológica



El espectro radioeléctrico es el conjunto de ondas electromagnéticas ubicadas entre los 3000 y los 300 millones de Hercios y que se propaga a través del espacio sin el uso de una guía artificial. En el ordenamiento jurídico colombiano “*el espectro electromagnético es un bien público inenajenable e imprescriptible sujeto a la gestión y control del Estado*¹²”. El espectro es el insumo fundamental de las comunicaciones inalámbricas y, por ende, de las comunicaciones móviles ya que actúa como la autopista a través de la cual viaja la información. En la figura 5 se ilustra la manera como comúnmente se suelen categorizar distintos usos del

¹² Artículo 75 del capítulo 1 del título II de la constitución Política de Colombia

espectro electromagnético, detallando particularmente la porción de éste que corresponde a las radiaciones no ionizantes usadas para servicios como los de radiocomunicaciones.



Figura 5 Servicios y frecuencias asociadas con el espectro electromagnético, fuente: (ANE,2018).

Debido a la vital importancia que se deriva del uso del espectro, como parte del presente plan se desarrolla un breve análisis en el cual se detallan los elementos que se ven directamente afectados por el proceso de transición tecnológica, el cual, como en muchos otros fenómenos de relevo tecnológico anteriores, presenta enormes desafíos, pero también ventajas y beneficios, tanto para la industria como para los usuarios finales.

4.3.1 Criterios de eficiencia en el uso del espectro IMT

Mejorar la eficiencia en el uso de un recurso escaso como lo es el espectro radioeléctrico es uno de los objetivos fundamentales tanto para la administración de este recurso por parte del Estado como para los operadores que lo explotan. Dicha eficiencia suele verse representada para el Estado a través de la maximización de los beneficios que éste brinda a la sociedad, mientras que para los operadores la eficiencia se refleja comúnmente a través de indicadores de capacidad y calidad en donde se refleje una mayor cantidad de usuarios atendidos a un costo que permita crecimiento y sostenibilidad en sus operaciones.

Con base en fuentes académicas se identificaron fundamentalmente dos criterios objetivos para delimitar este análisis: la eficiencia espectral y la eficiencia energética. Estos criterios permiten describir de manera objetiva y responsable algunos de los principales beneficios tangibles, tanto para los usuarios como para la industria, derivados de modernizar las tecnologías usadas en el servicio móvil.



4.3.1.1 Aproximación y análisis de la eficiencia espectral y energética de redes inalámbricas en un contexto de modernización de tecnologías de red

La eficiencia espectral, usualmente definida como el *throughput*¹³ por unidad de ancho de banda (AB) es frecuentemente usada como un indicador de desempeño objetivo el cual ha ido progresivamente mejorando conforme avanza la tecnología usada en las redes móviles. Por ejemplo, comparativamente la eficiencia espectral de 3GPP¹⁴ incrementa de 0.05 b/s/Hz en GSM¹⁵ a 5 b/s/Hz en LTE¹⁶ -100 veces mejor- (Miao & Song, 2015), no obstante, la eficiencia energética implícita en esta mejora espectral es usualmente desestimada como un indicador de desempeño de las redes inalámbricas, lo cual se traduce en que si bien se pueden realizar transmisiones más robustas se desprecia el consumo energético requerido para éstas.

Adicionalmente, dicho entendimiento ha privilegiado a la eficiencia espectral como un indicador de desempeño tanto para los criterios técnicos relacionados con su uso, como a los criterios legales relacionados con su asignación (Sabella, y otros, 2016) a pesar de que uno de los elementos fundamentales para la operación de cualquier red de telecomunicaciones es el acceso y consumo del recurso eléctrico.

Frente a esto, recientemente se han establecido algunas métricas de desempeño que involucren tanto la eficiencia espectral como la energía empleada en la transmisión y operación de las redes de telecomunicaciones bajo el entendido que desde la conexión a la fuente de abastecimiento (típicamente en AC¹⁷) hasta las etapas de procesamiento digital (típicamente en DC¹⁸) hay variaciones notorias, así como ineficientes, generando usos residuales y operacionales de la energía proclives de mejora. Estos usos, figura 6, típicamente se relacionan con dos actividades fundamentales: la operación de las estaciones base (BS) y las conexiones realizadas en función de la carga o el servicio (*presupuesto de enlace*).

¹³ Throughput: entendido como la cantidad efectiva de datos transmitidos a través de un medio.

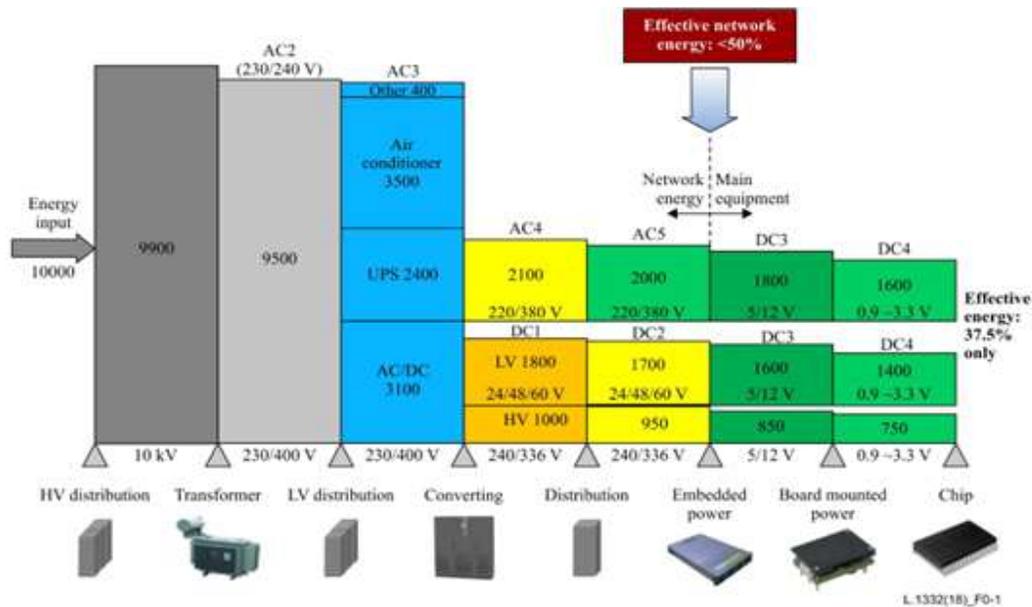
¹⁴ Third Generation Partnership Project, 3GPP

¹⁵ Global System for Mobile Communications

¹⁶ Long Term Evolution

¹⁷ Alternate Current, o Corriente Alterna

¹⁸ Direct Current, o Corriente Directa



Distribution of energy loss in an ICT site from HV electric input to final use in ICT chips at ultra-low voltage

Figura 6 Distribución de pérdida de energía en un sitio TIC tradicional, fuente: Rec. UIT -L.1332

Del mismo modo, este fenómeno se enfrenta al creciente uso de los servicios móviles, lo cual ha generado que tanto la cantidad de usuarios como los hábitos de consumo impacten en el aumento en la demanda de datos móviles, la cual crece de manera vertiginosa, exigiendo a la tecnología un desempeño cada vez mejor (usualmente medido a través de indicadores de carga y/o velocidad de transmisión) y como consecuencia un consumo energético también mayor. Dicho comportamiento se evidencia cuantitativamente, por ejemplo, según la ITU en que el consumo en estaciones base representa alrededor del 50% del gasto energético total en infraestructura TIC no optimizada (International Telecommunication Union, 2018), del mismo modo, se estima que el 3% de la electricidad en el mundo es consumida por sistemas TIC (Chunyi, Suk-Bok, Songwu, Haiyun, & Hewu, 2011) el cual se aumenta entre 16% y 20% por año (Gao, 2017) generando cerca del 3% de las emisiones de CO₂ en el mundo (Fettweis & Zimmermann, 2008).

Con base en esto, en la figura 7 se presenta un esquema de distribución de consumo energético en una red celular 3G (UMTS) típica. En dicho esquema se evidencia que cerca del 80% del consumo energético total se concentra en la operación de las Estaciones Base (BS) dentro de las cuales se ubican algunos de los elementos del sistema típicos presentados en la figura 6. En este sentido, (Kaup, 2017), (Sabella, y otros, 2016), (Miao & Song, 2015) coinciden en afirmar que dicho consumo es absorbido primariamente en los gastos operacionales (OPEX) de las BS de los operadores móviles, el cual podría variar entre 65% y 84%. En otras

palabras, en términos relativos el ítem que demanda más recursos financieros por parte de los operadores es aquel relacionado con el consumo energético dentro del OPEX de sus estaciones base.

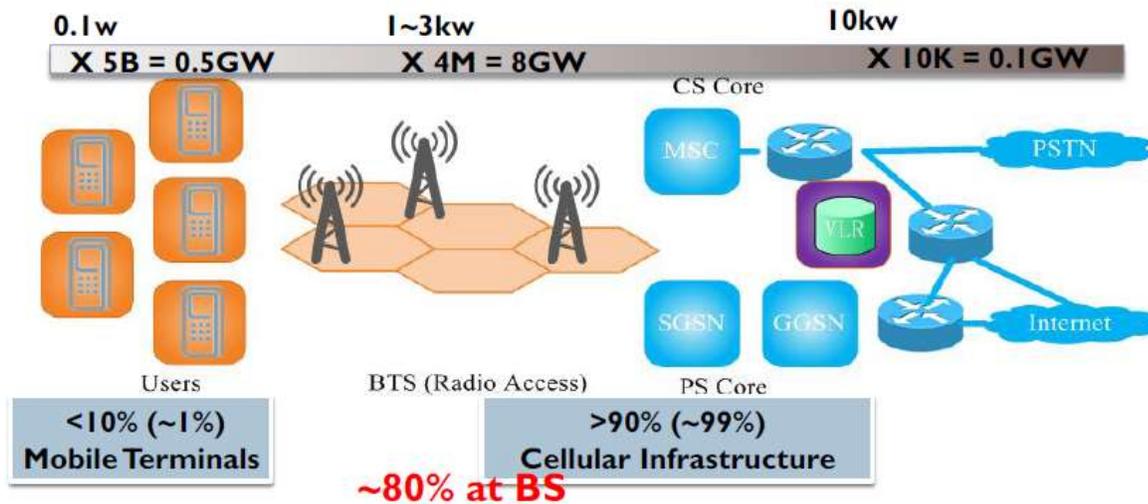


Figura 7 Distribución consumo energético sistema 3G típico, fuente: (Nokia Siemens Networks & Peng, 2011)

Adicionalmente, las características técnicas de las estaciones base en 3G no son completamente proporcionales energéticamente, es decir, si bien su consumo aumenta en función de su tráfico atendido, hay un piso de consumo constante asociado a elementos críticos de la red que no responden a ninguna relación con el tráfico. Dicha relación se presenta en la figura 8, en donde se detalla que la potencia consumida por una estación base equivale a la suma de la potencia de transmisión (P_{tx}) (tráfico atendido) más la potencia empleada en elementos tales como refrigeración, bases de datos, registros locales, sistemas de seguridad, entre otros, (P_{misc}).

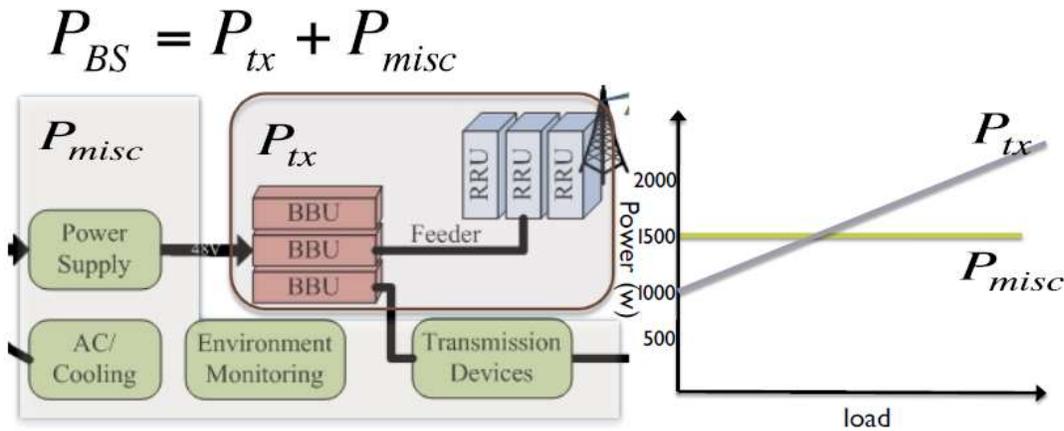


Figura 8 Potencia en estaciones base, fuente: (Seng, 2011 & Sabella, 2016)

Por otra parte, si bien en algunos casos el piso de consumo relacionado con la variable P_{misc} puede reducirse debido a la estacionalidad o modernización de elementos de hardware, lo más común es optimizar el manejo que se le da a la variable P_{tx} toda vez que es aquella en donde se evidencia realmente el desempeño de comunicación de la BS. No obstante, a pesar de que tradicionalmente se ha privilegiado la optimización en el desempeño espectral por encima del desempeño energético (Kaup, 2017), la modernización de las tecnologías móviles ha permitido que los indicadores de eficiencia energética sean cada vez mejores, resultando en una cantidad mayor de tráfico atendida por unidad de potencia, o una mayor cantidad de bits transmitidos por unidad de potencia, según el indicador usado (European Telecommunications Standards Institute, 2015).

Adicionalmente, la literatura sugiere distintas orientaciones respecto a cómo mejorar los indicadores de eficiencia de red. Para el caso particular de la modernización de tecnologías móviles dichos indicadores deben considerar, según (Sabella, y otros, 2016), (International Telecommunication Union, 2018), y (Miao & Song, 2015) -en función de una BS-, tanto la potencia empleada en la red de acceso para la comunicación de una carga (bits) como su área cubierta toda vez que existe un *trade-off* técnico que se traduce en un nivel de complejidad en el diseño de red, particularmente en función de la capacidad de operación, la cual varía según las características de cada tecnología empleada (2G, 3G, 4G, 5G) y las bandas de frecuencias usadas para tal fin.

Bajo estos términos se podría afirmar que, con base en la literatura analizada, la relación de trabajo entre la eficiencia espectral y la eficiencia energética evidentemente mantiene una relación funcional que impacta



directamente no sólo los criterios de diseño de las redes sino todas aquellas métricas integrales relacionadas con el uso y desempeño de las comunicaciones inalámbricas, las cuales, como se presentó anteriormente influyen directa y significativamente en el OPEX de los operadores de red. Dicho esto, resulta crítico para los operadores poder contar con tecnologías que provean indicadores de eficiencia espectral de red satisfactorios, pero también indicadores de eficiencia energética que ayuden en la mitigación de los costos operacionales de las mismas.

4.3.1.2 Breve comparación de características de capacidad y desempeño entre tecnologías móviles

A continuación, se presenta una comparación de algunas de las características de desempeño teóricas más importantes en los sistemas de comunicaciones móviles a partir de variables objetivas. Dicha comparación busca presentar no sólo las evidentes diferencias de desempeño entre generaciones de tecnologías móviles sino la mejora en la prestación del servicio de comunicaciones móviles debido a su modernización.

- **Tasas pico de transmisión teóricas (subida/bajada).**

Una primera comparación corresponde a la tasa efectiva de desempeño en la transmisión de datos, medida por lo general como una relación de la cantidad de bits que se transmite por unidad de tiempo, típicamente dada como una magnitud de bits por segundo (b/s). También se suele asociar a estas tasas el retardo o demora que toma una señal en propagarse, conocida como *latencia*.

En la figura 9 se presentan los valores pico teóricos para las tecnologías 2G, 3G, 4G y 5G, así como la latencia de dicha transmisión, dada en milisegundos.

Tecnología	Tasas pico	Latencia (ms)
2G	40 kbps	700
3G	384 kbps	250
4G	42 Mbps	100





5G	> 1 Gbps	1
----	----------	---

Figura 9 Comparación entre tecnologías para las velocidades pico teóricas y la latencia, fuente (ITU, 2018) & (Mishra, 2018)

Para un usuario del servicio móvil, en condiciones normales, dichas diferencias de desempeño se traducen en el tiempo que tomaría descargar un archivo, o la percepción de calidad, por ejemplo, de una videollamada. Para un archivo de 1 GB la tasa de descarga en 2G podría tomar más de 400 horas, mientras que esta misma descarga en 5G podría tomar tan solo un segundo.

Del mismo modo, cada nueva generación de tecnologías utiliza anchos de banda cada vez más amplios, por ejemplo, típicamente un canal 2G es de 0.2 MHz, 3G de 5 MHz. Por otra parte, un canal 4G varía entre 1.4 MHz y 20 MHz, de tal manera que los canales más amplios también garantizan ser los más rápidos (GSMA Intelligence, 2015).

Como se puede apreciar, hay una consistente mejora en las tasas de transmisión pico entre cada una de las tecnologías, así como una reducción en la latencia. En otras palabras, cada nueva generación permite la transmisión de una mayor cantidad de datos con una demora menor. Del mismo modo, las mejoras entre ambos indicadores de desempeño alcanzan a cambiar en el orden de varias decenas y centenas de magnitud, pasando por ejemplo de una tasa de 40 kbps y 700 ms en 2G a cerca de 42 Mbps y 100 ms en 4G.

Al comparar las velocidades pico para transferencia de datos se encuentra que en función de la definición de banda ancha para Colombia (Resolución 5161 de 2017 Comisión de Regulación de Comunicaciones) solamente las tecnologías 4G y potencialmente 5G garantizarían una denominación de Banda Ancha (25 Mbps bajada, 5 Mbps subida), inclusive, bajo este mismo contexto sólo se podría denominar Ultra Banda Ancha a aquellas conexiones realizadas a través de 4G avanzado o 5G (50 Mbps bajada, 20 Mbps subida).

De igual modo, tanto en la literatura como en el análisis realizado, se evidencia que la prestación del servicio móvil está sujeto no solo a la capacidad de atención de la carga de tráfico que presenta cada tecnología de red sino a las frecuencias usadas en su interfaz de aire y a sus características de propagación. Dichas características se abordan brevemente en el Anexo 1 del presente Plan.





4.3.2 Retos identificados:

- No se identifican lineamientos enfocados a mejorar la eficiencia espectral y energética del espectro radioeléctrico, asociado con la prestación del servicio móvil como resultado de la modernización o actualización de las tecnologías 2G y 3G.
- Existen barreras normativas y regulatorias para la adopción de tecnologías emergentes que hagan uso del espectro radioeléctrico o tecnologías usadas tradicionalmente en 2G y 3G.
- Se evidencia una ausencia de incentivos para la adopción y masificación de 5G bajo el contexto de modernización de las tecnologías en el servicio móvil y el uso que se hace del espectro, en particular en aquellos verticales de la economía en donde tradicionalmente no se ha explotado.

4.4 La cobertura del servicio móvil



Para los fines del presente documento, la cobertura del servicio móvil es entendida como la extensión del territorio nacional en donde hay presencia de operadores del servicio móvil (oferta) y por ende acceso al servicio que éstos prestan (demanda). Dicha cobertura se materializa a través de la instalación de las estaciones necesarias para tal fin, las cuales, debido a las características de propagación de las distintas frecuencias usadas para este servicio, así como a criterios de diseño de red permiten atender una cantidad de usuarios en un área determinada garantizando niveles de calidad definidos a través de la regulación correspondiente.

La importancia de este elemento radica en que una migración de usuarios hacia una tecnología superior sólo puede darse si hay cobertura del servicio al que se deseen migrar, en el caso más inmediato, 4G. Esto establece una relación de dependencia a la luz de los terminales móviles, toda vez que como ya se explicó, un usuario necesita un terminal compatible con la tecnología destino que le permita acceder a la red y una cobertura de la tecnología móvil que permita este acceso. En otras palabras, para que un usuario de 2G o 3G migre efectivamente a una tecnología más alta, siempre va a necesitar la combinación entre terminal de acceso y cobertura.

A continuación, se presentan los principales hallazgos relacionados con la cobertura del servicio móvil en Colombia bajo un contexto de transición a nuevas tecnologías:



- Actualmente hay coexistencia de tres tipos de tecnología móvil en el país: 2G, 3G y 4G. Sin embargo, debido al tiempo que estas tecnologías llevan en el mercado, así como a factores tan variados como la geografía, la densidad de población, el tamaño del mercado potencial de usuarios, o las estrategias de despliegue de los operadores, se encuentra que hay un desequilibrio considerable en términos de la robustez con la que conviven dichas tecnologías, es decir, la cantidad de emplazamientos en donde convivan las tres tecnologías. Inicialmente se identifica que el despliegue y adopción de 4G se concentra en zonas de condiciones socioeconómicas más desarrolladas, predominantemente urbana y donde los niveles de desarrollo son más altos, por ejemplo, al compararlo con zonas rurales, montañosas o donde la población sea más baja.

Dicha robustez, o la falta de ella, se acentúa al evaluar el nivel de coexistencia entre tecnologías en función de la ubicación de los emplazamientos, encontrando que hay un menor despliegue de 4G en las cabeceras municipales con menos de 100.000 habitantes, y que representan alrededor del 90% de todos los municipios del país. Resulta necesario aclarar que el análisis interno consideró no sólo la presencia de 4G sino la cantidad de sectores, operadores y elementos de inventario de red de acceso por emplazamiento.

- La cobertura del servicio para cada tecnología varía según la región y la manera en que se analice, por ejemplo, una manera sería a partir de la instalación de infraestructura en un punto geográfico y otra manera a partir de simulaciones de propagación. Estas dos maneras principalmente se diferencian en que no permiten la misma interpretación de la cobertura ya que no es lo mismo tener una estación base en una cabecera municipal y afirmar que hay cobertura debido a dicha estación y, por otra parte, simular la cobertura efectiva en territorio en función de esta estación base. Adicionalmente, como es de esperarse, las zonas de mayor densidad de población son también las zonas en donde más tecnologías coexisten.

En este sentido, en el presente documento, la cobertura se analiza desde ambas perspectivas: tanto desde el reporte de cobertura de los operadores en las cabeceras municipales, así como de la mancha de cobertura de estos en el territorio nacional.

Desde la primera perspectiva, en la figura 10 se presenta el resultado de una simulación anonimizada de la cobertura 2G/3G y 4G en el país, realizada con base en estimaciones del Ministerio para el año 2018. Dicha simulación representa la combinación estimada de cobertura de distintos operadores, y evidencia la notoria diferencia en el área de cubrimiento, lo cual responde a múltiples factores, entre ellos la longevidad de cada tecnología y las frecuencias usadas para el respectivo despliegue.

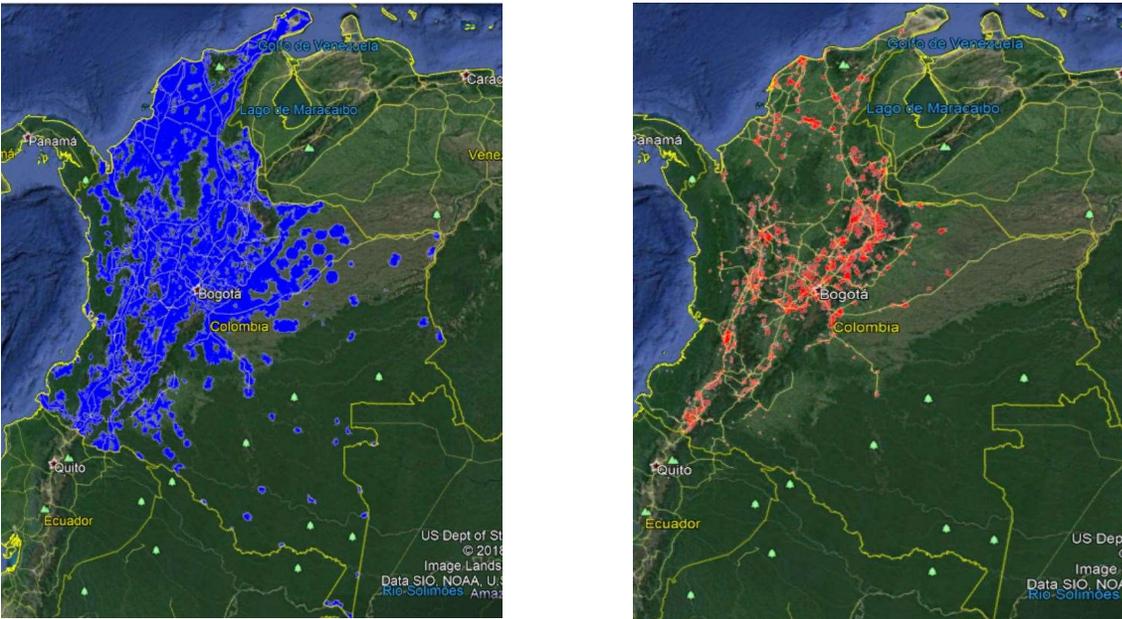


Figura 10 Simulación de cobertura 2G/3G (azul) y 4G (rojo), fuente: elaboración propia con datos reportados por PRST, 2019

En ese orden de ideas, como se expone en el anexo 1, una frecuencia más baja (bandas bajas), puede cubrir más distancia, debido a sus características de propagación, y por ende demanda una menor cantidad de estaciones. La misma situación se presenta cuando se analizan las frecuencias más altas (bandas altas), las cuales para lograr un cubrimiento requieren una mayor cantidad de estaciones base. A manera ilustrativa, en la figura 11 se presenta la diferencia en cobertura que tendría un operador que despliegue en una banda alta como 1900 MHz frente a la cobertura que obtendría al emplear una banda baja como 700 MHz usando la misma cantidad de emplazamientos.

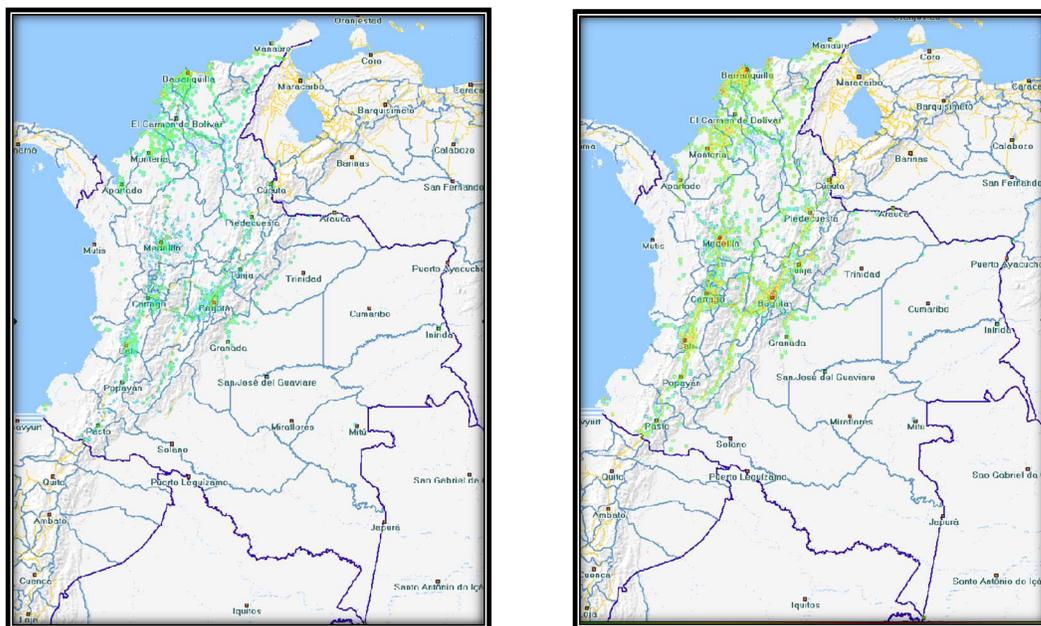


Figura 11 Simulación de la variación en cobertura resultante de emplear una banda baja (700 MHz) vs una banda alta (1900 MHz), fuente: elaboración propia con datos reportados por PRST, 2019

Desde la segunda perspectiva se podría afirmar, con base en los datos oficiales reportados por los operadores, que la totalidad de las cabeceras municipales del país cuentan con infraestructura 2G, 3G y 4G, en otras palabras, todas las cabeceras tienen cobertura del servicio móvil.

En este sentido, al analizar datos para los 24 trimestres desde 2013 a 2018, se evidencia madurez en el despliegue de infraestructura para las tecnologías 2G y 3G, presentando un estado estacionario constante durante el tiempo evaluado, en parte debido a su tiempo de operación (10 y 20 años aproximadamente); no se observa una variación significativa que demuestre un aumento o reducción de cobertura de ningún operador. Por otra parte, el despliegue de 4G, si bien exhibe tasas de crecimiento distintas entre operadores, alcanzó 100% de cobertura en las cabeceras municipales recientemente (2T-2019).

No obstante, resulta imprescindible destacar la necesidad de que la tecnología 4G equipare la capacidad y la cobertura de 2G/3G, especialmente en zonas donde la densidad de población es más baja ya que son estas zonas en donde se presenta la mayor dependencia en el uso de estas tecnologías.

En este sentido, con base en los datos analizados se puede afirmar que el país exhibe un comportamiento diverso en cuanto a la coexistencia y la capacidad ofrecida de las tres tecnologías analizadas. En algunas regiones del país se evidencia que coexisten hasta tres tecnologías y podría desarrollarse un tipo de transición

orgánica. Sin embargo, en otras regiones tanto la capacidad como la cobertura es más frágil, esto en función de la cantidad de operadores que prestan servicio y las tecnologías desplegadas.

De acuerdo con lo anterior, se realizó una evaluación entre los niveles de coexistencia de tecnologías anteriormente presentados y la densidad poblacional de las cabeceras municipales del país, encontrando una correlación positiva entre las zonas de mayor densidad poblacional y las zonas donde hay más tecnologías instaladas. Esto evidencia que las zonas más críticamente afectadas por 2G/3G son aquellas en donde la densidad poblacional es notoriamente inferior, es decir, las cabeceras municipales más pequeñas. La figura 12 presenta en un mapa la georreferenciación de dicha evaluación, en donde se puede detallar cómo el tamaño de cada centroide está dado por la población estimada según cifras del DANE.

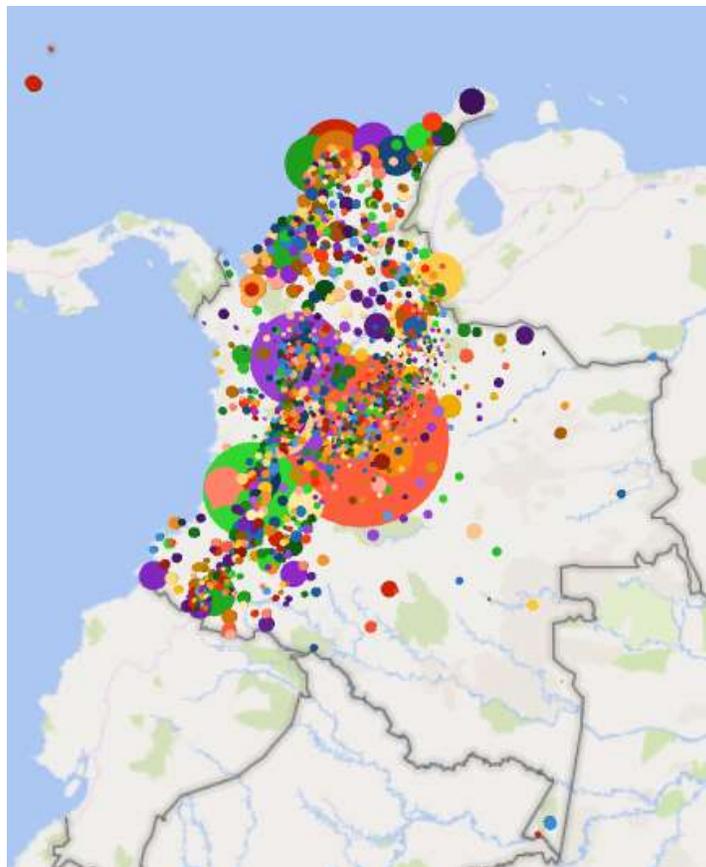


Figura 12 Evaluación coexistencia tecnologías y población a nivel cabecera municipal, fuente: elaboración propia con datos de MinTIC y DANE, 2019

Finalmente, de manera complementaria se analizan los datos relacionados con la distribución de emplazamientos únicos, es decir, las ubicaciones en donde operan estaciones base para el servicio móvil en

todo el país. Dicho análisis tiene en cuenta las tecnologías en operación, así como los objetivos de cobertura. Se encuentra que hay una mayor concentración de estaciones base en la zona urbana con alrededor del 75% de los emplazamientos, seguida de la zona rural con 17%. Bajo este análisis, se encuentra que las zonas mixtas y de carretera, apenas agrupan alrededor del 6% del total de emplazamientos a nivel nacional.

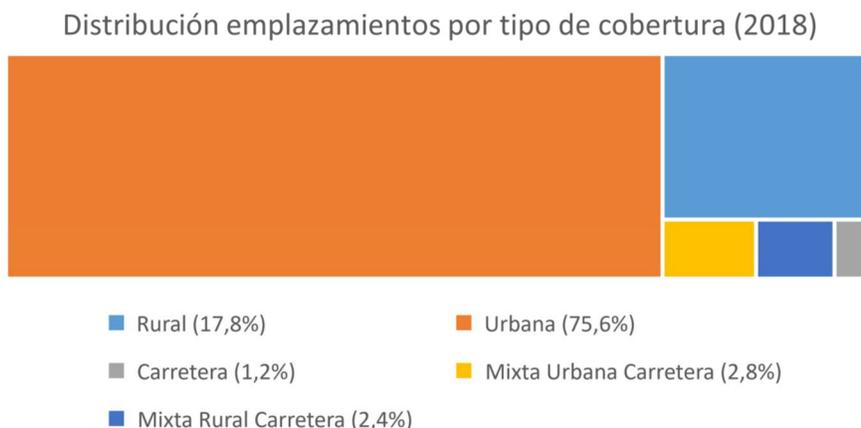


Figura 13 Distribución de emplazamientos por objetivo de cobertura, fuente: elaboración propia con datos reportados por PRST, 2019

4.4.1 Retos identificados:

- Se identifica una brecha en la cobertura 4G con respecto a 2G y 3G, principalmente en las cabeceras municipales donde la población es menor a 100.000 habitantes.
- Persisten las barreras para el despliegue de infraestructura 4G, manifestadas, entre otras, al evaluar su huella de cobertura frente a la cobertura 2G y 3G actual.
- Hay una necesidad de despliegue de infraestructura para el servicio móvil en zonas rurales.

4.5 Tráfico del servicio móvil



Como parte del desarrollo del presente Plan, se realiza un análisis sobre los datos relacionados con el tráfico del servicio móvil en Colombia el cual consiste en examinar la cantidad de usuarios y las comunicaciones



realizadas por estos a través de las redes de los principales operadores móviles de red en el país. Este tráfico considera tanto el volumen de la información como la cantidad de usuarios que acceden al servicio móvil.

Las tendencias de tráfico para las tecnologías 2G y 3G para el año 2018 presentan una constante disminución de su magnitud mientras que 4G presenta un aumento sostenido. La figura 14 evidencia lo mencionado, detallando una evidente migración de tráfico a la tecnología 4G, la cual sigue patrones de comportamiento esperados cuando se presentan relevos tecnológicos de este tipo y que se fortalecen proporcionalmente con el aumento de cobertura y capacidad instalada. Dicho comportamiento de migración se da a partir de dos elementos fundamentales: la cobertura ofrecida entre tecnologías y la capacidad de operación de los terminales de acceso, es decir, un usuario sólo podría migrar a la tecnología más alta disponible en el mercado sí y sólo sí cuenta con cobertura y un terminal de acceso compatible.

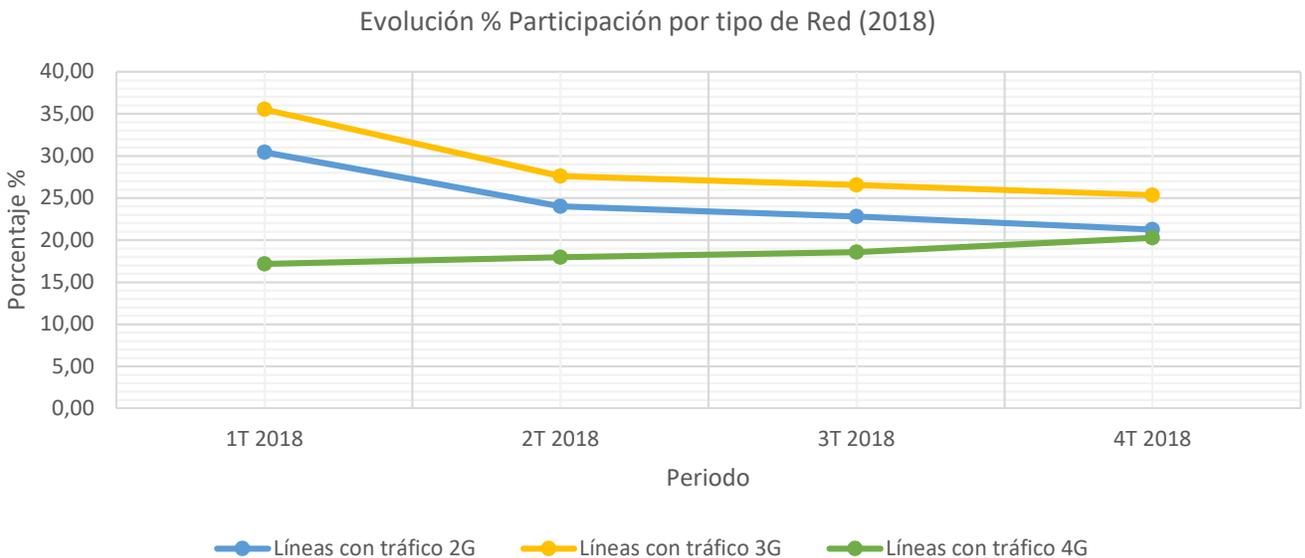


Figura 14 Líneas con tráfico por tecnología, fuente: elaboración propia con datos reportados por PRST, 2019

Bajo esta perspectiva los datos del tráfico cursado en las redes de los operadores móviles de red más significativos en el mercado y que representan alrededor del 95% del total, demuestra de manera cuantitativa, la notable tendencia hacia la reducción en el tráfico que se cursa a través de las redes 2G y 3G, así como la migración de éste hacia redes 4G, lo cual en parte responde a los hábitos de consumo de los usuarios y la fuerte orientación al consumo de datos móviles, que implica un mayor desarrollo del ecosistema en el país.





Por otra parte, a partir de los datos analizados se podría afirmar que la transición hacia 4G debe considerar tanto a 2G como a 3G.

Del mismo modo, como distintas fuentes analizadas lo han demostrado, la cantidad de usuarios que migran a la tecnología más avanzada disponible en el mercado (4G), se da en función de la cantidad de usuarios migrados desde las tecnologías más antiguas (2G & 3G). En otras palabras, para aumentar la cantidad de usuarios a través de 4G es necesario reducir la base que lo cursa a través de 2G y 3G debido a una relación básica de exclusividad que indica que si un usuario utiliza 2G o 3G como tecnología de acceso máxima este usuario no es un usuario 4G y para serlo debe dejar de ser un usuario 2G o 3G. Adicionalmente, la tasa de crecimiento orgánico de usuarios en el mercado es relativamente baja frente al tamaño de este debido a su madurez y a la tasa de penetración (126% aproximadamente a diciembre de 2018, según datos de Colombia TIC). Este comportamiento adquiere más relevancia si se considera la meta sectorial de 27 millones de conexiones 4G suscritas para el año 2022, enmarcada dentro del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, y la necesidad de impulsar la adopción de conexiones 4G suscritas en alrededor de 10 millones más.

4.5.1 Retos identificados:

- Se evidencia que persiste una cantidad significativa de usuarios 2G y 3G, por lo cual resulta necesario detener su aumento para posteriormente estimular su migración hacia redes 4G.
- Se identifica la necesidad de promover la adopción de tecnologías de red de última generación en todo el territorio nacional, que permitan la migración efectiva hacia dichas tecnologías y la aceleración de las tasas de adopción y uso.
- De manera complementaria a los retos enfocados en tecnologías como IoT en la sección de terminales móviles, se encuentra que al momento del estudio no se dispone de ninguna medida normativa o de política pública que incentive o involucre la caracterización de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT). Debido a esto, y reconociendo el potencial identificado en esta tecnología con base en los hallazgos del benchmark internacional y presentado en secciones previas, se identifica la necesidad de desarrollar un análisis específico para dichas tecnologías, orientado a promover su desarrollo en el país bajo un contexto de migración y que reconozca sus características de operación, de tráfico y de segmentos de usuarios más relevantes.

4.6 Acceso a internet móvil



El último ámbito de estudio correspondió al análisis de los datos relacionados con el acceso móvil a internet, el cual se refiere a los datos relacionados con los usuarios del servicio móvil que navegan por internet a través de sus terminales móviles. En este sentido, esta etapa del análisis se fundamentó no sólo en los hallazgos de la sección 3 del presente documento sino a la dinámica natural del mercado y del sector la cual está fuertemente orientada hacia los datos móviles.

Bajo esta perspectiva se encontró que los operadores móviles de red analizados presentan por lo general una relación proporcional entre su porcentaje de participación en el mercado, su tráfico y los ingresos que de éste se derivan. Es decir, un operador con un determinado porcentaje de participación en el mercado suele representar un porcentaje similar en términos de tráfico e ingresos.

Por otra parte, luego de analizar al menos 21 meses de datos, se encuentra que la tendencia de acceso a internet móvil a través de redes 3G viene reduciéndose constantemente, lo cual favorece a la tecnología 4G, no obstante, se identifica un estancamiento en la caída de las conexiones realizadas a través de redes 2G. Dicho análisis se presenta en la figura 15, en la cual se puede detallar este comportamiento mes a mes desde abril de 2017 hasta diciembre de 2018.

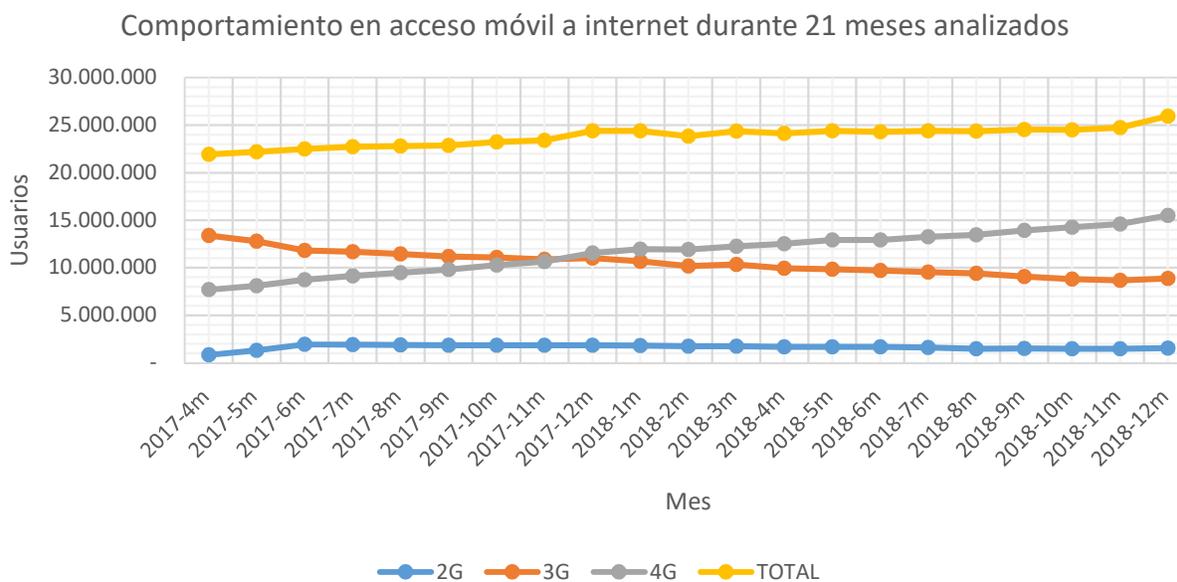


Figura 15 Comportamiento usuarios por máxima tecnología de acceso a internet móvil, 21 meses de estudio. fuente: elaboración propia con datos reportados por PRST, 2019.

Adicionalmente, si se consideran los hallazgos presentados en la sección anterior se evidencia la necesidad de promover la efectiva migración de la base de usuarios que acceden a internet móvil a través de las redes de 2G y 3G hacia 4G toda vez que, como se presentó en la sección 4.2, en aspectos como la eficiencia espectral, energética, el desempeño, y los beneficios para industria y usuarios, las tecnologías 2G y 3G son las de peor desempeño.

En este sentido, al analizar la distribución de usuarios por tipo de red se evidencia de acuerdo con los datos del año 2018, que cerca de 11 millones accesos equivalente al 40%, del total, se realizaron a través de 2G o 3G, figura 16. Este indicador adquiere un valor particularmente importante debido a que refleja la máxima tecnología a través de la cual los usuarios acceden a datos móviles, en otras palabras, cerca de un millón y medio de usuarios contaron máximo con 2G y cerca de nueve millones con 3G para navegar por internet móvil, cifras que refuerzan la necesidad de realizar una migración efectiva.

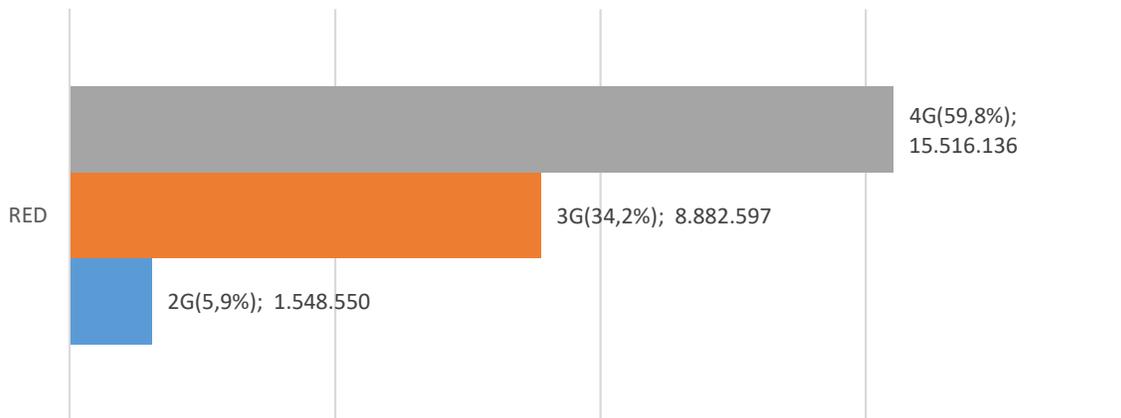


Figura 16 Distribución usuarios por tipo de tecnología con la que acceden a internet móvil, fuente: elaboración propia con datos reportados por PRST, 2019.

Adicionalmente, resulta importante aclarar que no se identifica alguna obligación de reporte de información en la que se distinga qué porcentaje de este tráfico corresponde específicamente a dispositivos de Internet de las Cosas (IoT).

Por otra parte, se identifica una disminución constante en el número de accesos a través de las tecnologías 2G y 3G (figura 15), sin embargo, la tasa de variación intermensual -variación mes a mes- (figuras 17, 18 y

19) es usualmente negativa para 3G y superior a la tasa promedio de caída de 2G, lo cual manifiesta una clara tendencia de comportamiento por parte de los usuarios. De igual modo, la tasa en la que decrecen 2G y 3G es absorbida proporcionalmente por 4G lo cual a su vez sugiere que en la medida en que se superen las barreras para que 4G sume los accesos de 3G y 2G su tasa de crecimiento será superior a la actual.

De igual forma, a partir de este análisis resultaría contraevidente plantear un escenario que busque migrar los usuarios 2G hacia 3G toda vez que no solamente dicha tecnología presenta un declive significativo en el tiempo, sino que impactaría negativamente la cantidad de usuarios que potencialmente migran hacia 4G. En otros términos, alimentar la base de usuarios en 3G ralentizaría el aumento en 4G y generaría una carga ineficiente para los operadores toda vez que posteriormente tendrían que migrarse dichos usuarios a 4G.

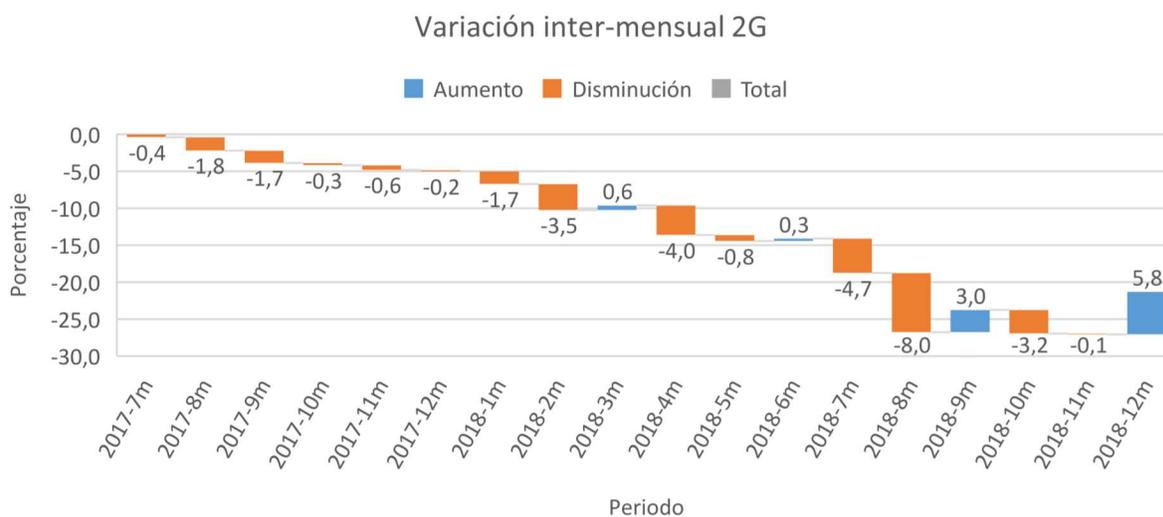


Figura 17 Variación intermensual para 2G, fuente: elaboración propia con datos reportados por PRST, 2019.

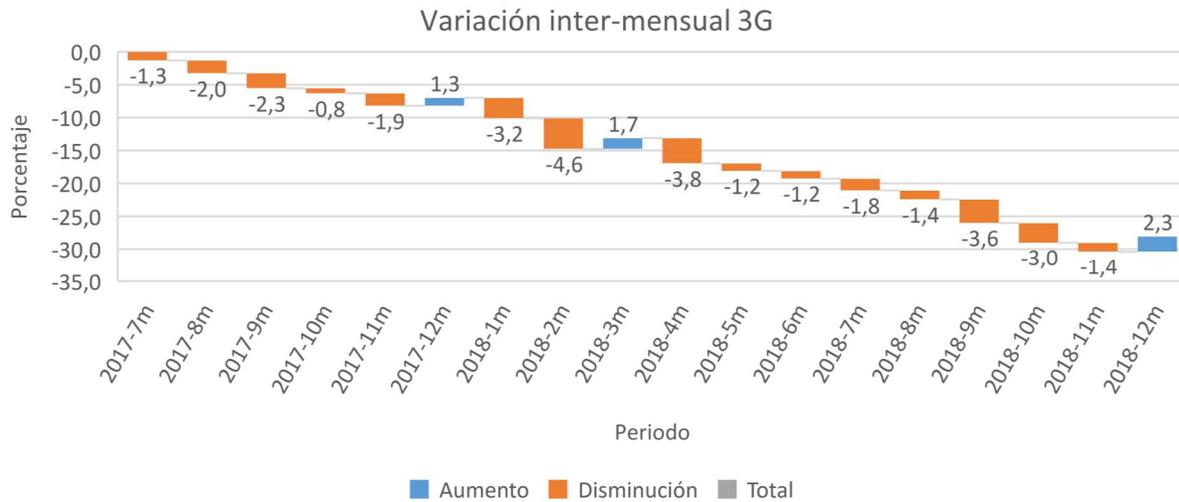


Figura 18 Variación intermensual para 3G, fuente: elaboración propia con datos reportados por PRST, 2019

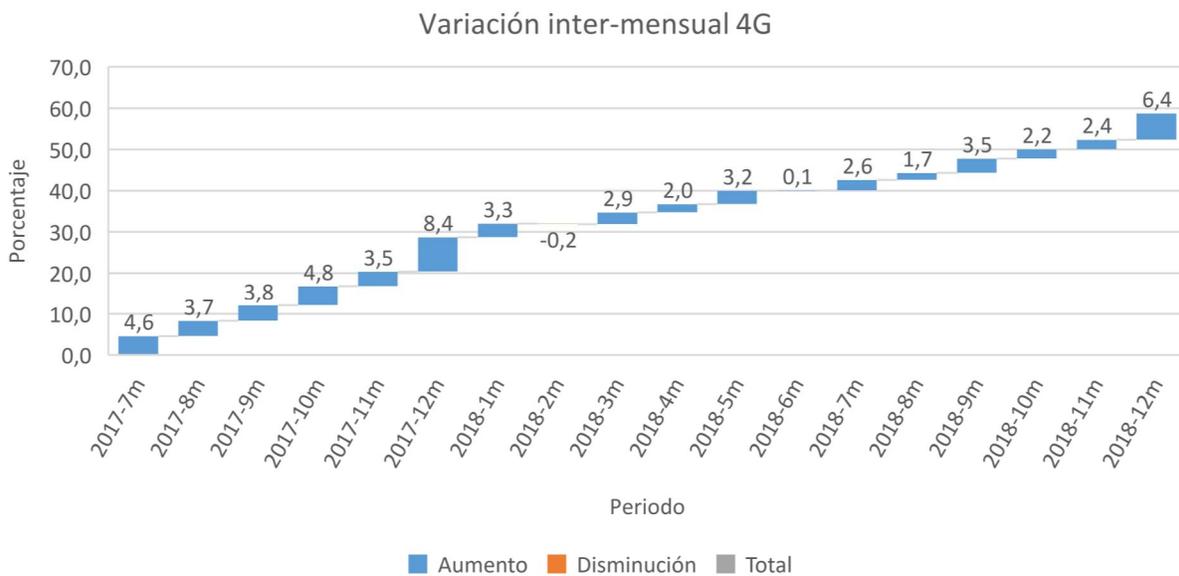


Figura 19 Variación intermensual para 4G, fuente: elaboración propia con datos reportados por PRST, 2019

Por otra parte, la tendencia de tráfico agregado y por operador es predominantemente positiva, lo cual sugiere no solo que los usuarios cada vez navegan más por internet móvil, sino que este tráfico podría aumentar en la medida en que los usuarios que acceden a través de 2G y 3G sean absorbidos por redes 4G. Esto, teniendo en cuenta que la capacidad de navegación en 4G es notablemente superior a la de 2G y 3G, representando potencialmente un mayor tráfico por usuario por mes y por ende mayores ingresos para los operadores. Esto



se presenta en la figura 20, en la cual a su vez se agrega la aproximación de crecimiento de tráfico bajo la fórmula de crecimiento exponencial modelada a partir de los datos, $y = 2E+10e^{0,0323x}$. De igual modo, al realizar un análisis de dicha tendencia se evidencia que no solo el tráfico presenta una marcada propensión al alza sino también que en cerca de año y medio se duplicó, lo cual permite inferir que dicha tendencia se va a mantener en el futuro y, en caso de aumentar la base de usuarios 4G, se podría acelerar dicho valor total de tráfico.

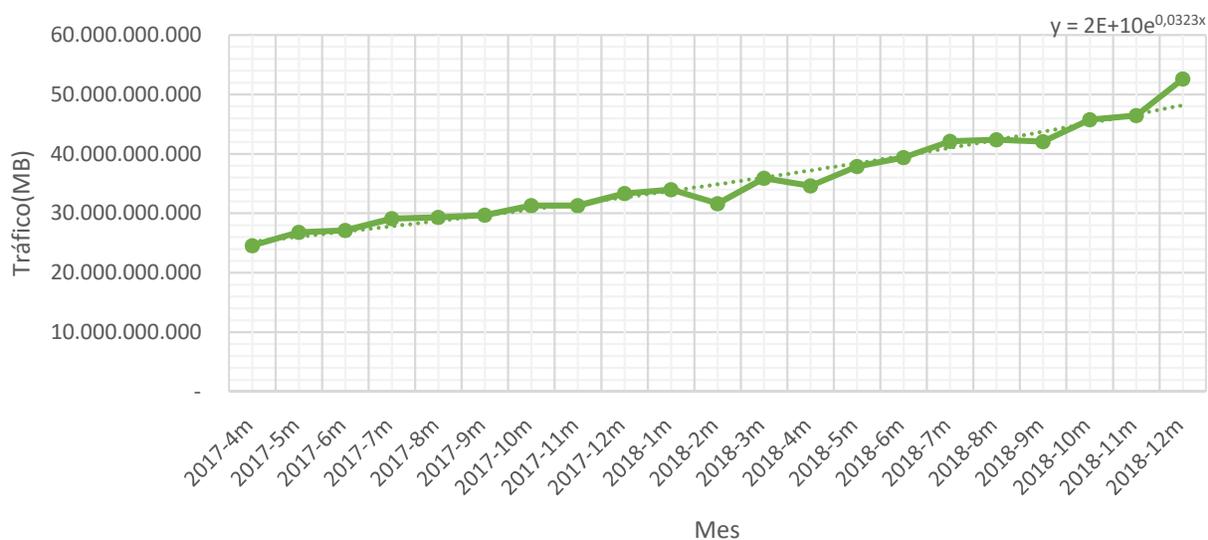


Figura 20 Tráfico total (MB), fuente: elaboración propia con datos reportados por PRST, 2019.

4.6.1 Retos identificados:

- Se identificó un rezago significativo en el acceso a internet móvil, particularmente en zonas en donde haya limitantes de acceso dadas por infraestructura 2G y 3G.
- Dadas las ineficiencias que conllevaría la migración de usuarios 2G exclusivos a 3G para los operadores y las redes en general, así como a las tasas de desempeño limitadas por esta tecnología, es necesario promover la migración hacia las últimas tecnologías
- Se evidencia una alta cantidad de accesos a internet móvil a través de redes 2G y 3G.
- Se encontró bajas tasas de acceso a internet móvil a través de redes 4G y potencialmente de 5G.



5. Estrategia de Transición a Nuevas Tecnologías: comunicaciones modernas para un país conectado.

Los elementos de tipo estratégico que se exponen en el presente plan corresponden a aquellas acciones encaminadas a facilitar la efectiva transición a nuevas tecnologías del servicio móvil en Colombia. Dichas acciones están metodológicamente orientadas a responder a los retos y hallazgos presentados en las secciones anteriores, así como a las políticas del Gobierno Nacional y del Ministerio TIC, particularmente en lo relacionado con el desarrollo de la conectividad e impulso del desarrollo digital, reconociendo que el sector TIC es un habilitador para el desarrollo de la Nación y un instrumento fundamental para la reducción de la pobreza. De igual modo, la estructuración de estas acciones, así como su implementación contempla la articulación de los distintos actores en el sector toda vez que el Ministerio TIC reconoce la importancia que recae en la armonización entre éstos.

Diversos estudios coinciden en afirmar que, si bien los hábitos de consumo de los usuarios del servicio móvil han cambiado, el país aún afronta muchos desafíos en función del pleno desarrollo de la conectividad. En ese sentido, GSMA Intelligence a través de su Global Mobile Engagement Index 2017(GMEI2017) afirma que el perfil de los consumidores en Colombia se encuentra en plena transición en sus perfiles de uso (figura 21), lo que indica que cada vez más usuarios hacen uso de los datos móviles y que ese uso es cada vez más maduro en cuanto a los servicios que de ello derivan. De igual modo, GSMA Intelligence afirma que uno de los tres países clave y que van a experimentar el cambio más radical en su consumo digital es Colombia, junto con Chile y México y que los factores claves para que eso se dé son la adopción de teléfonos inteligentes, el uso de plataformas y la adopción de 4G (GSMA Intelligence, 2017).

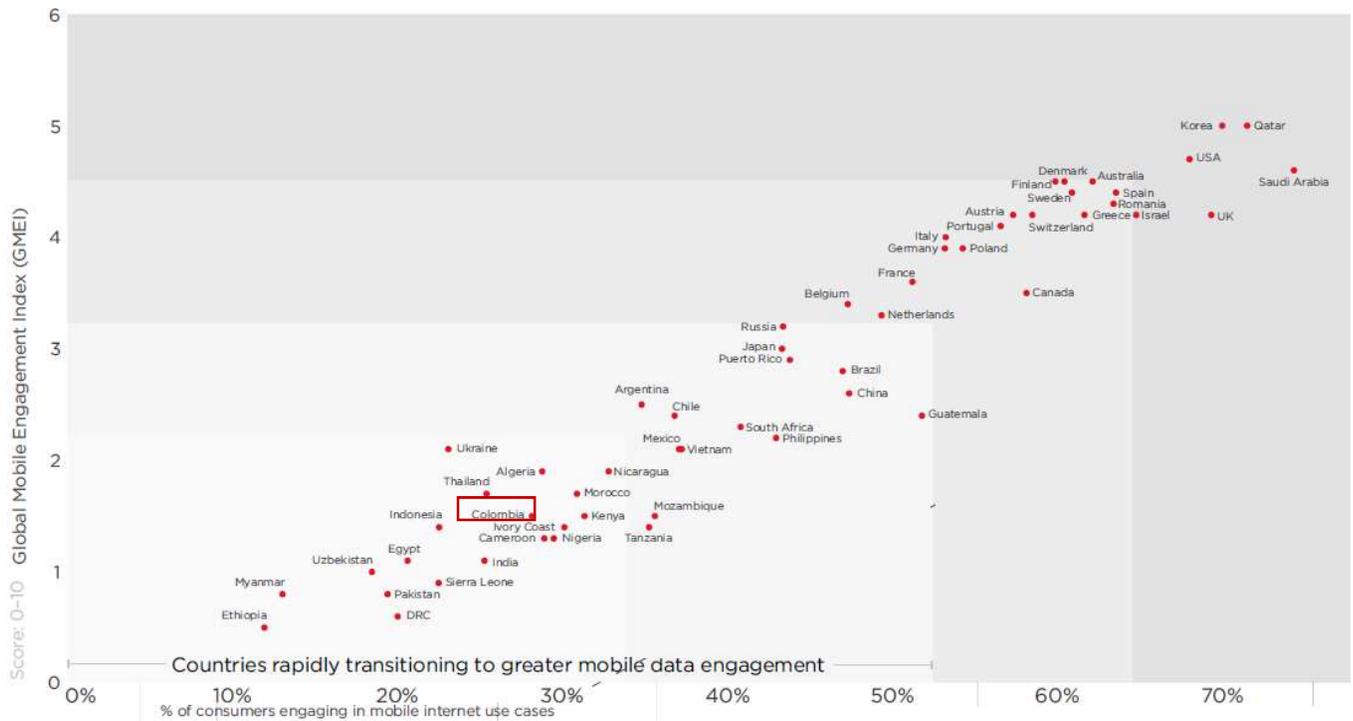


Figura 21 GMEI 2017, países en rápida transición hacia un mayor uso de datos móviles, fuente: (GSMA Intelligence, 2017)

Así las cosas, el Ministerio buscará establecer condiciones propicias que favorezcan el desarrollo del mercado, el fortalecimiento de la industria y la masificación en el acceso a las TIC por parte de todos los habitantes del país. En este sentido, cada una de las líneas de acción se desarrolla bajo una línea de tiempo que considera acciones en el corto, mediano y largo plazo, iniciando su ejecución a partir del año 2020, buscando coordinar el relevo tecnológico de 2G y 3G, pero también establecer condiciones que incentiven la masificación de 4G y que faciliten la inminente adopción de 5G obteniendo en últimas un país mejor moderno y conectado.

5.1 Objetivo General

Modernizar el ecosistema del servicio móvil en Colombia a través de la transición hacia nuevas tecnologías del servicio móvil.



5.2 Objetivos específicos

1. Implementar las acciones de política pública, regulatorias y normativas orientadas a promover la modernización del ecosistema del servicio móvil en el país, tanto en las tecnologías de red como en los terminales de acceso.
2. Desarrollar lineamientos para la promoción del uso y apropiación de tecnologías móviles modernas.
3. Fomentar la masificación del acceso y la competitividad sectorial a partir de la transición a nuevas tecnologías, así como la adopción de tecnologías emergentes.
4. Incentivar el desarrollo y masificación de la conectividad móvil en particular, en aquellas zonas en donde se evidencie un mayor rezago.

5.3 Plan de acción

El Ministerio TIC adelantará, junto con la ANE, la CRC y las demás entidades correspondientes, acciones estratégicas encaminadas a establecer condiciones de modernización responsables con el país, claras, objetivas, técnicamente viables y sostenibles que permitan la modernización del ecosistema del servicio móvil en Colombia. Cada una de estas acciones responde a necesidades identificadas en secciones previas del plan y buscan trazar una hoja de ruta con una estructura y condiciones claras para todos los actores involucrados.

Del mismo modo, el Ministerio reconoce que si bien algunos países han optado por una modernización orgánica o por una intervención directa, luego de los análisis realizados al ecosistema móvil colombiano y al detallar que el país exhibe niveles desiguales en la distribución de ingresos, cobertura y acceso a las TIC, se evidencia la necesidad de abordar la transición a nuevas tecnologías de manera diferencial, buscando establecer medidas que impulsen dicha transición en aquellas zonas donde no se está dando actualmente y donde existen más barreras para que ésta se realice de manera orgánica.

En otras palabras, bajo las condiciones actuales en el país no se podría hablar de un solo tipo de migración, por el contrario, si bien se está dando una migración orgánica en algunas zonas, esto no se presenta de igual manera en todo el territorio, lo cual deriva en la necesidad de definir medidas específicas de intervención que permitan y aceleren dicha migración.



Esto resulta más claro al analizar, por ejemplo, el nivel de desarrollo del ecosistema TIC en ciudades como Bogotá o Medellín, en donde hay una robusta coexistencia de tecnologías, mercados maduros, aproximadamente 100 % de cobertura 4G, y usuarios con niveles socioeconómicos comparativamente altos. Dichas ciudades presentan características muy parecidas a aquellas exhibidas cuando se da una transición orgánica.

Por otra parte, si se analiza el nivel de desarrollo y cobertura en zonas más apartadas en el territorio se encontrarán niveles notoriamente más bajos y que justifican una necesidad de intervención que promueva una actualización en las tecnologías de redes. A la luz de esta situación el Ministerio ha reconocido la importancia de implementar medidas concretas que incentiven la transición hacia nuevas tecnologías en aquellas zonas del país en donde resulta más necesario intervenir.

Así las cosas, el horizonte de implementación del Plan contempla su inicio en el año 2020, manteniendo un monitoreo periódico que permita evaluar la evolución en su implementación. De igual modo, si bien la mayoría de las acciones implica intervenciones inmediatas ya sea en la forma de estudios, normatividad, o políticas, se espera que la transición a nuevas tecnologías se dé gradualmente, ubicando al usuario como el principal beneficiario.

Igualmente, se orientarán las acciones en favor de la dinámica del mercado y la industria, y de forma armonizada con las demás políticas propias del sector, culminando con la efectiva modernización del ecosistema móvil del país, siendo esto en últimas la consecución de un país moderno, conectado y con más oportunidades y herramientas para el desarrollo y la innovación.

Finalmente, el Ministerio reconoce que la transición hacia nuevas tecnologías es un proceso de relevo tecnológico, crítico para el desarrollo del país, cuyo éxito está sustentado en la adecuada articulación entre los distintos actores involucrados. Por este motivo, el Ministerio busca establecer a Colombia como un país referente en la región, a partir de la consolidación de un ecosistema móvil moderno, en donde los usuarios, sin importar su ubicación geográfica o su posición socioeconómica puedan disfrutar de todos los beneficios de tecnologías de última generación.



5.3.1 Implementar las acciones de política pública, regulatorias y normativas orientadas a promover la modernización del ecosistema del servicio móvil en el país, tanto en las tecnologías de red como en los terminales de acceso.

Estrategia 5.3.1.1: El Ministerio adoptará mecanismos, alternativas o programas en el mediano plazo para desincentivar el acceso y uso de terminales 2G y 3G en el país hasta lograr niveles mínimos de uso de estas tecnologías.

Línea de Acción 1: La CRC analizará para finales de 2020, las variables que permitan establecer una hoja de ruta para desincentivar la homologación de terminales 2G y 3G. De igual modo, el Ministerio liderará entre 2020 y 2021, mesas de trabajo involucrando a el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, la Dirección de Impuesto y Aduanas Nacionales y demás actores que se consideren pertinentes para identificar el mecanismo apropiado y objetivo que establezca la prohibición en la importación, venta y operación de terminales cuya máxima tecnología de operación sea 2G y 3G.

Estrategia 5.3.1.2: El Ministerio identificará las barreras de tipo técnico, económico, social, y educativo que impiden que distintos sectores de la sociedad accedan a tecnologías móviles de última generación. Como resultado, se implementarán medidas focalizadas que contribuyan a eliminar dichas barreras de tal modo que se acelere la adopción de estas tecnologías.

Línea de Acción 2: El Ministerio liderará entre 2020 y 2021, mesas de trabajo entre el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, a la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales y demás actores que se consideren pertinentes para la evaluación de la disminución de las cargas tributarias en la importación y venta de terminales 4G y 5G.

Estrategia 5.3.1.3: El Ministerio, estudiará y recomendará, con apoyo de las demás Entidades relacionadas, los lineamientos a partir de los cuales se dará tratamiento a todos aquellos residuos electrónicos derivados de la transición hacia nuevas tecnologías de tal modo que se mitiguen al máximo los impactos negativos ambientales derivados de la transición a nuevas tecnologías.



Línea de Acción 3: El Ministerio promoverá en el 2021, acciones concretas para el tratamiento adecuado de los residuos electrónicos, principalmente terminales móviles, derivados de la transición a nuevas tecnologías, en conjunto con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y demás entidades del orden nacional y territorial que se consideren pertinentes.

5.3.2 Desarrollar lineamientos para la promoción del uso y apropiación de tecnologías móviles modernas.

Estrategia 5.3.2.1: El Ministerio estudiará, diseñará e implementará alternativas de alfabetización digital orientadas al uso de terminales 4G y posteriores. Dichas alternativas identificarán con particular atención las necesidades de grupos más vulnerables a la transición, tales como población en zonas rurales, personas bajo características de tercera edad, bajo nivel socioeconómico, víctimas y excombatientes del conflicto armado, o migrantes.

Línea de Acción 4: Entre 2021 y 2022, el Ministerio diseñará programas de aprendizaje con enfoque social que incentive el uso y la apropiación de terminales móviles de última generación. Del mismo modo, el Ministerio en conjunto con la Industria TIC analizará la implementación de iniciativas de socialización relacionadas con la transición de nuevas tecnologías.

Estrategia 5.3.2.2: El Ministerio y la CRC determinarán e implementarán estrategias que fortalezcan las políticas actuales relacionadas con homologación de terminales, venta de equipos, así como todas aquellas medidas tendientes a eliminar el hurto de equipos móviles, toda vez que estos elementos se relacionan directamente con la adopción de terminales de última tecnología.

Línea de Acción 5: La CRC para el 2020, actualizará el régimen de homologación, incluyendo la homologación de equipos terminales móviles, para todas las bandas asignadas y las bandas que se encuentren disponibles para IMT en el país.

Línea de Acción 6: El Ministerio para 2021, evaluará la pertinencia de actualizar la metodología de Autorización y Venta de Equipos Terminales Móviles, con el fin de identificar oportunidades de mejora para contrarrestar el hurto de equipos terminales móviles.



5.3.3 Fomentar la masificación del acceso y la competitividad sectorial a partir de la transición a nuevas tecnologías, así como la adopción de tecnologías emergentes.

Estrategia 5.3.3.1: El Ministerio promoverá la actualización tecnológica de las redes móviles del país.

Línea de Acción 7: El Ministerio realizará seguimiento y verificará el cumplimiento de las obligaciones establecidas en los actos particulares derivados del proceso de asignación de permisos de uso del espectro regido por la Resolución 3078, modificada por la Resolución 3121 de 2019, que estableció la obligación de actualización tecnológica de las redes de telecomunicaciones móviles, en un plazo máximo de 4 años, para aquellos asignatarios de permisos de uso de espectro en la banda de 700 MHz en todos los municipios con menos de 100.000 habitantes (según cifras del DANE) en los que cada operador haya reportado cobertura (2T-2019) en 2G, 3G, o 4G.

Estrategia 5.3.3.2: El Ministerio estudiará e identificará aquellas medidas que puedan incentivar el crecimiento y fortalecimiento de mercados emergentes derivados del uso de nuevas tecnologías tales como el Internet de las Cosas (IoT) y que hacen uso de recursos tecnológicos actualmente involucrados en 2G y 3G.

Línea de Acción 8: El Ministerio para 2021, promoverá el desarrollo de pilotos enfocados en recopilar insumos para establecer medidas técnicas, normativas y regulatorias para nuevos usos de la infraestructura 2G y 3G ya desplegada, así como iniciativas que fomenten la adopción de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas.

Estrategia 5.3.3.3: El Ministerio y la Agencia Nacional del Espectro realizarán estudios tendientes a identificar condiciones de reuso del espectro IMT utilizado actualmente para 2G y 3G a partir de las cuales se maximice el bienestar social y los indicadores de eficiencia espectral y energética bajo un contexto de modernización de las tecnologías móviles, en particular en lo relacionado al refarming de las bandas asignadas y los posibles escenarios de reuso de dicho espectro IMT en función de 4G y 5G.



Línea de Acción 9: La Agencia Nacional del Espectro para 2021, identificará los lineamientos tendientes a maximizar la eficiencia espectral y el bienestar social derivado de los posibles escenarios del reúso del espectro radioeléctrico típicamente utilizado en redes 2G y 3G.

5.3.4 Incentivar el desarrollo y masificación de la conectividad móvil en particular, en aquellas zonas en donde se evidencie un mayor rezago.

Estrategia 5.3.4.1: el Ministerio identificará todas aquellas barreras para la adopción masiva de 4G y con base en esto, determinará acciones dirigidas a eliminar dichas barreras, de tal modo que aquellas zonas geográficas en donde sólo opere 2G o 3G se realice una transición hacia 4G y 5G de manera gradual y sin generar afectaciones a la continuidad del servicio de los usuarios.

Línea de Acción 10: El Ministerio identificará en 2020 las barreras y retos derivados del despliegue de infraestructura asociada al servicio de telefonía móvil, trabajando en conjunto con los asignatarios de permisos de uso del espectro móvil, así como con empresas relacionadas con el despliegue de dicha infraestructura.

Estrategia 5.3.4.2: El Ministerio, con apoyo técnico de la CRC, evaluará las condiciones que han limitado la masificación de los servicios de internet móvil en el país, para con base en esto determinar medidas concretas que estimulen dicha masificación, particularmente bajo un entorno de masificación de 5G.

Línea de Acción 11: La CRC para el 2021, analizará la implementación de medidas tendientes a masificar el uso y la adopción del Internet móvil de última tecnología, por parte de la población en zonas apartadas y de difícil acceso.

6. Horizonte de implementación:

A continuación, se presenta de manera gráfica el horizonte de implementación del Plan de Transición a Nuevas Tecnologías, el cual, para 2022 busca alcanzar 27 millones de conexiones 4G suscritas.



Estrategias	Líneas de Acción	2020	2021	2022
El Ministerio adoptará mecanismos, alternativas o programas en el mediano plazo para desincentivar el acceso y uso de terminales 2G y 3G en el país hasta lograr niveles mínimos de uso de estas tecnologías	La CRC analizará para finales de 2020, las variables que permitan establecer una hoja de ruta para desincentivar la homologación de terminales 2G y 3G. De igual modo, el Ministerio liderará entre 2020 y 2021, mesas de trabajo involucrando a el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales y demás actores que se consideren pertinentes para identificar el mecanismo apropiado y objetivo que establezca la prohibición en la importación, venta y operación de terminales cuya máxima tecnología de operación sea 2G y 3G.			
El Ministerio identificará las barreras de tipo técnico, económico, social, y educativo que impiden que distintos sectores de la sociedad accedan a tecnologías móviles de última generación. Como resultado, se implementarán medidas focalizadas que contribuyan a eliminar dichas barreras de tal modo que se acelere la adopción de estas tecnologías	El Ministerio convocará entre 2020 y 2021, al Ministerio de Hacienda y Crédito Público, a la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales y demás actores que se consideren pertinentes para la evaluación de la disminución de las cargas tributarias en la importación y venta de terminales 4G y 5G.			
El Ministerio, estudiará y recomendará, con apoyo de las demás Entidades relacionadas, los lineamientos a partir de los cuales se dará tratamiento a todos aquellos residuos electrónicos derivados de la transición hacia nuevas tecnologías de tal modo que se mitiguen al máximo los impactos negativos ambientales derivados de la transición a nuevas tecnologías	El Ministerio promoverá en el 2021, acciones concretas para el tratamiento adecuado de los residuos electrónicos derivados de la transición a nuevas tecnologías, en conjunto con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y demás entidades del orden nacional y territorial que se consideren pertinentes.			
El Ministerio estudiará, diseñará e implementará alternativas de alfabetización digital orientadas al uso de terminales 4G y posteriores. Dichas alternativas identificarán con particular atención las necesidades de grupos más vulnerables a la transición, tales como población en zonas rurales, personas bajo características de tercera edad, bajo nivel socioeconómico, víctimas y excombatientes del conflicto armado, o migrantes	Entre 2021 y 2022, el Ministerio diseñará programas de aprendizaje con enfoque social que incentive el uso y la apropiación de terminales móviles de última generación. Del mismo modo, el Ministerio en conjunto con la Industria TIC analizará la implementación de iniciativas de socialización relacionadas con la transición de nuevas tecnologías			
El Ministerio y la CRC determinarán e implementarán estrategias que fortalezcan las políticas actuales relacionadas con homologación de terminales, venta de equipos, así como todas aquellas medidas tendientes a eliminar el hurto de equipos móviles, toda vez que estos elementos se relacionan directamente con la adopción de terminales de última tecnología.	La CRC para el 2020, actualizará el régimen de homologación, incluyendo la homologación de equipos terminales móviles, para todas las bandas asignadas y las bandas que se encuentren disponibles para IMT en el país			
	El Ministerio para 2021, evaluará la pertinencia de actualizar la metodología de Autorización y Venta de Equipos Terminales Móviles, con el fin de identificar oportunidades de mejora para contrarrestar el hurto de equipos terminales móviles.			
El Ministerio promoverá la actualización tecnológica de las redes móviles del país	El Ministerio realizará seguimiento y verificará el cumplimiento de las obligaciones establecidas en los actos particulares derivados del proceso de asignación de permisos de uso del espectro regido por la Resolución 3078, modificada por la Resolución 3121 de 2019, que estableció la obligación de actualización tecnológica de las redes de telecomunicaciones móviles, en un plazo máximo de 4 años, para aquellos asignatarios de permisos de uso de espectro en la banda de 700 MHz en todos los municipios con menos de 100.000 habitantes (según cifras del DANE) en los que cada operador haya reportado cobertura (2T-2019) en 2G, 3G, o 4G			
El Ministerio estudiará e identificará aquellas medidas que puedan incentivar el crecimiento y fortalecimiento de mercados emergentes derivados del uso de nuevas tecnologías tales como el Internet de las Cosas (IoT) y que hacen uso de recursos tecnológicos actualmente involucrados en 2G y 3G.	El Ministerio para 2021, promoverá el desarrollo de pilotos enfocados en recopilar insumos para establecer medidas técnicas, normativas y regulatorias para nuevos usos de la infraestructura 2G y 3G ya desplegada, así como iniciativas que fomenten la adopción de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas, para el 2021			
El Ministerio y la Agencia Nacional del Espectro realizarán estudios tendientes a identificar condiciones de reúso del espectro IMT utilizado actualmente para 2G y 3G a partir de las cuales se maximice el bienestar social y los indicadores de eficiencia espectral y energética bajo un contexto de modernización de las tecnologías móviles, en particular en lo relacionado al refarming de las bandas asignadas y los posibles escenarios de reúso de dicho espectro IMT en función de 4G y 5G.	La Agencia Nacional del Espectro para 2021, identificará los lineamientos tendientes a maximizar la eficiencia espectral y el bienestar social derivado de los posibles escenarios del reúso del espectro radioeléctrico típicamente utilizado en redes 2G y 3G			
El Ministerio identificará todas aquellas barreras para la adopción masiva de 4G y con base en esto, determinará acciones dirigidas a eliminar dichas barreras, de tal modo que aquellas zonas geográficas en donde sólo opere 2G o 3G se realice una transición hacia 4G y 5G de manera gradual y sin generar afectaciones a la continuidad del servicio de los usuarios	El Ministerio identificará en 2020 las barreras y retos derivados del despliegue de infraestructura asociada al servicio de telefonía móvil, trabajando en conjunto con los asignatarios de permisos de uso del espectro móvil, así como con empresas relacionadas con el despliegue de dicha infraestructura			
El Ministerio, con apoyo técnico de la CRC, evaluará las condiciones que han limitado la masificación de los servicios de internet móvil en el país, para con base en esto determinar medidas concretas que estimulen dicha masificación, particularmente bajo un entorno de masificación de 5G.	La CRC para el 2021, analizará la implementación de medidas tendientes a masificar el uso y la adopción del Internet móvil de última tecnología, por parte de la población en zonas apartadas y de difícil acceso.			



7. Bibliografía

- 3rd Generation Partnership Project (3GPP). (2017). *Study on Operations, Administration and Maintenance (OAM) Study on Operations, Administration and Maintenance (OAM) support for assessment of energy efficiency in mob.* Valbonne: Technical Specification Group Services and System Aspects: telecommunication management. 3GPP.
- 4G Americas. (2015). *700 MHz Spectrum Processes in Latin America.* Washington: 4G Americas.
- 5G Americas. (2017). *Adjudicación de Espectro Radioeléctrico en 700 MHz y 2.5 GHz en América Latina en 2017.* Washington: 5G Americas.
- Analysys Mason. (2014). *Roadmaps for the transition to new fixed and mobile voice technologies.* Londres: Analysys Mason.
- Australia Communications and Media Authority ACMA. (2018). *Five year spectrum outlook 2018-2022.* Sidney: ACMA Research.
- Australian Communications and Media Authority ACMA. (2017). *Communications Report 2016-2017.* Sidney: ACMA Research.
- Chadron, E. (2018). *Closing of 3G sites - Model for decision making.* Estocolmo: University of Stokholm.
- Chunyi, P., Suk-Bok, L., Songwu, L., Haiyun, L., & Hewu, L. (2011). Traffic-Driven Power Saving in Operational 3G Cellular Networks. *MobiCom 2011*, 1-12.
- Deloitte. (2012). *What is the impact of mobile telephony on economic growth?* Londres: Deloitte.
- Departamento Nacional de Planeación. (2018). *Aproximación al impacto de la velocidad de internet sobre el PIB per cápita.* Bogotá: DNP.
- EIEconomista.com.mx. (08 de 03 de 2018). *EIEconomista.com.mx.* Obtenido de EIEconomista.com.mx: <http://www.ift.org.mx/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/es/mexico-se-convertira-en-el-primero-pais-del-mundo-en-liberar-la-banda-de-600-mhz-para-5g-comunicado>
- Elnashar, A., & El-Saidny, M. (2018). *Practical guide to LTE-A, VoLTE and IoT. Paving the way towards 5G.* Chichester: Wiley & Sons.



- ENACOM. (2018). *Reporte Despliegue 4G 2018*. Buenos Aires: Dirección Nacional de Desarrollo de la Competencia en Redes y Servicios .
- ENACOM. (2018). *Reporte Información Servicios Móviles*. Buenos Aires: Dirección Nacional de Desarrollo de la Competencia en Redes y Servicios .
- European Telecommunications Standards Institute. (2015). *Environmental Engineering (EE); Assessment of mobile network energy efficiency*. Cedex: ETSI.
- Federal Communications Commission . (2016). *Annual Report and Analysis of Competitive Market Conditions With Respect to Mobile Wireless, Including Commercial Mobile Services* . Washington: FCC.
- Federal Communications Commission . (2017). *Measuring Broadband America Program 2016 Mobile Measurement Open Data Release Technical Description*. Washington: FCC.
- Fettweis, G., & Zimmermann, E. (2008). ICT Energy Consumption - Trends and challenges. *The 11th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC 2008)*, 1-4.
- Gao, W. (2017). *Energy and Bandwidth-Efficient Wireless Transmission*. Milpitas: Springer - Broadcom Ltd.
- GSMA Intelligence. (2015). *Spectrum for new entrants, lessons learned*. London: GSMA Intelligence.
- GSMA Intelligence. (2017). *Global Mobile Engagement Index*. Washington: GSMA Intelligence.
- GSMA Intelligence. (2017). *Reforma a los impuestos a la conectividad móvil en Argentina: Un camino hacia un sistema impositivo más eficiente, una mayor inclusión digital y mayor prosperidad*. Washington: GSMA Intelligence.
- Infocomm Media Development Authority. (2018). *5G Development in Singapore*. Singapur: Infocomm Media Development Authority.
- Instituto Federal de Telecomunicaciones. (08 de 03 de 2019). *Instituto Federal de Telecomunicaciones*. Obtenido de Instituto Federal de Telecomunicaciones: www.ift.org.mx
- International Telecommunication Union. (2018). Total network infrastructure energy efficiency metrics. *SERIES L: ENVIRONMENT AND ICTS, CLIMATE CHANGE, E-WASTE, ENERGY EFFICIENCY; CONSTRUCTION, INSTALLATION AND PROTECTION OF CABLES AND OTHER ELEMENTS OF OUTSIDE PLANT*, 1-20.



- Kaup, F. (2017). *Energy Efficiency and Performance in Communication Networks*. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt.
- Kwon, N., & Kwon, Y. (2014). Terminating 2G Service in Korea: Policy Issues and Suggestions. *International Telecommunications Policy Review*, 21(1), 1-26.
- McKinsey&Company. (2018). *Japan at a crossroads - The 4G to 5G (r)evolution*. Tokio: McKinsey&Company.
- México, D. G. (08 de 03 de 2019). *Datos.gob.mx*. Obtenido de datos.gob.mx: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/infraestructura-de-telecomunicaciones>
- Miao, G., & Song, G. (2015). *Energy and Spectrum Efficient Wireless Network Design*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. (2016). *Plan Nacional de Telecomunicaciones de Información del Ecuador 2016-2021*. Quito: Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información.
- Ministry of Economic Affairs and Climate Policy. (2018). *Dutch Digitalization Strategy*. Amsterdam: Ministry of Economic Affairs and Climate Policy.
- Mishra, A. R. (2018). *Fundamentals of Network Planning and Optimisation 2G/3G/4G: Evolution to 5G*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Ofcom. (2016). *Connected Nations Report*. Londres: Ofcom.
- OPTUS. (2017). *Supplementary submission in response to ACMA consultation paper - Reconfiguring the 890-915 / 935- 960 MHz band*. Sidney: OPTUS.
- Oughton, E., Frias, S. v., & Berg, R. v. (2019). Assessing the capacity, coverage and cost of 5G infrastructure strategies: Analysis of the Netherlands. *Telematics and Informatics* 37, 50-69.
- OVUM Consulting. (2018). *Asignación y uso eficiente del espectro en Chile: prioridad en la agenda de política pública hacia la conectividad total*. Santiago de Chile : OVUM Consulting.
- RacoWireless. (2017). *The sunset of 2G*. New York: RacoWireless White Paper.
- Rapone, D., Sabella, D., & Fodrini, M. (2015). Energy Efficiency Solutions for the Mobile Network Evolution Towards 5G: and Operator Perspective. *Wireless Access Innovation, Telecom Italia*, 1-9.



- Sabella, D., Rapone, D., Fodrini, M., Cavdar, C., Olson, M., Frenger, P., & Tombaz, S. (2016). Energy Management in Mobile Networks Towards 5G. En M. Shaker, *Energy Management in Wireless Cellular and Ad-hoc Networks, Studies in Systems, Decision and Control* (págs. 2-32). Stockholm, Rome: Springer International Publishing.
- Telecomunicaciones, I. F. (08 de 03 de 2018). *IFT*. Obtenido de IFT: https://bit.ift.org.mx/SASVisualAnalyticsViewer/VisualAnalyticsViewer_guest.jsp?appSwitcherDisabled=false&reportName=Resumen%20de%20Indicadores%20Trimestrales&reportPath=/Shared+Data/SAS+Visual+Analytics/Reportes/&appSwitcherDisabled=true
- The Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure. (2017). *5G Strategy for Germany*. Berlin: The Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure.
- Vanston, M. (2013). *Asia Pacific Telecommunity (APT) 700 MHz Whitepaper*. Sidney: Telstra, Network Technology, Network Commercial Engineering.
- Walker, W. E., Rahman, S. A., & Cave, J. (2001). Adaptive policies, policy analysis, and policy-making. *European Journal of Operational Research*, 282-289.
- Wozencraft, J., & Jacobs, I. (1993). *Principles of Communication Engineering*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- ZTE Corp. (2014). *APT 700 MHz, Best choice for nationwide coverage*. Shenzhen: ZTE Corp.



8. Anexos

8.1 Comparación de características de propagación y su influencia en la cobertura del servicio móvil en un contexto de transición tecnológica.

Una amplia revisión de la literatura reciente presenta innumerables estudios en favor del uso de la banda de 700 MHz para la tecnología 4G toda vez que tanto 2G como 3G se acercan a su obsolescencia tecnológica. Así mismo, el estado del arte relacionado con tecnologías móviles sugiere que tanto 2G como 3G presentan un período de madurez tecnológica de por lo menos 10 a 15 años (Mishra, 2018), es decir, no tienen ningún potencial de mejora en ninguna de sus características técnicas. Adicionalmente, algunos estudios se han enfocado en comparaciones en las que se evalúan tanto las características de propagación de las distintas frecuencias IMT¹⁹ usadas en 4G como la cantidad de estaciones base que se necesitarían para cubrir un área determinada en función del radio de cobertura dado que dicha relación tiene un impacto directo en los sistemas de los operadores móviles de red.

Dicho esto, la comparación de características se enmarca bajo la tecnología 4G porque no sólo es una de las más recientes evoluciones de las tecnologías, también es la de mayor disponibilidad en el mercado debido a sus economías de escala (Gao, 2017) y la que a su vez ofrece las mejores condiciones de operación, como se evidenció anteriormente.

En el caso puntual de la banda 700 MHz, tanto (Vanston, 2013), (4G Americas, 2015) como (ZTE Corp., 2014) entre otros, coinciden en afirmar que no hay evidencia de una mejor banda IMT para implementar 4G debido a la amplia cobertura que se puede lograr, dadas sus características de propagación. Especialmente el nivel de potencia de la señal (en dB) que se recibe en la zona borde del área de cobertura, así como sus tasas de transmisión, ofrecen el mejor balance entre prestación de servicio y costos de despliegue. De manera general, una característica natural del espectro usado para radiocomunicaciones móviles es la relación inversa entre la frecuencia y la distancia en la que se propaga, es decir, que entre más baja sea su frecuencia, más amplia la distancia a la que se propaga.

¹⁹ IMT, Comunicaciones Móviles Internacionales (International Mobile Telecommunications, por sus siglas en inglés)

Esto se muestra particularmente en la figura 22 en la que (4G Americas, 2015) evidencia la forma en que para cubrir un área de 10 Km² bajo la banda de 700 MHz, sólo se necesita una estación base, mientras que cubrir esta misma área en la banda AWS²⁰, se requeriría alrededor de 10 estaciones base. Dicha relación, como es de suponerse, ejerce una influencia directa en el CAPEX asociado con el despliegue de infraestructura y también en el OPEX, los cuales actúan en función de la cantidad de estaciones bases que funcionan en una red y los recursos que éstas demandan.

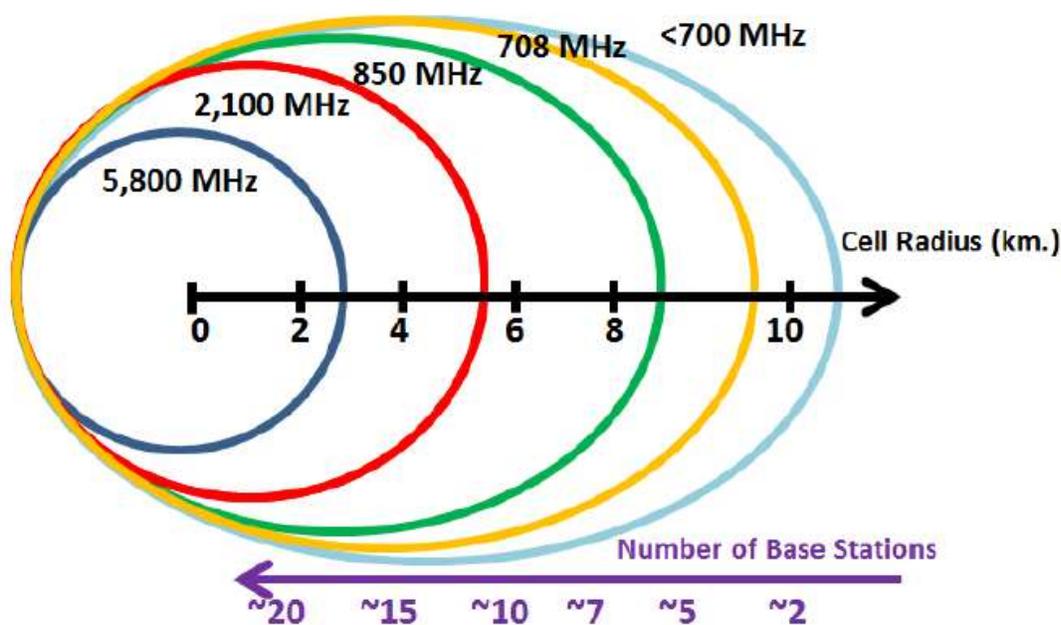


Figura 22 Comparación de área de cobertura entre distintas bandas IMT, fuente: (4G Americas, 2015)

En este sentido, (ZTE Corp., 2014) ha contrastado la respuesta de potencia por bandas de frecuencia bajo consideraciones típicas de propagación, empleando el modelo Okumura-Hata (el modelo más comúnmente usado para espectro entre 150 MHz y 1500 MHz) y el modelo Cost231-Hata (para las bandas más altas) en un área densa urbana. Dicha respuesta, presentada en la figura 23, demuestra que una señal en 700 MHz alcanza cerca de 4.9 Km de propagación con una menor pérdida de propagación frente a las bandas de 900

²⁰ AWS, Servicios Inalámbricos Avanzados (Advanced Wireless Services, por sus siglas en inglés), (1700 -2100 MHz)

MHz, 1800 MHz, 2.1 GHz y 2.6 GHz. Adicionalmente, las bandas más altas (como AWS) evidencian una pérdida de alrededor de 30 dB más que la banda de 700 MHz para un alcance de cerca de 1 Km.

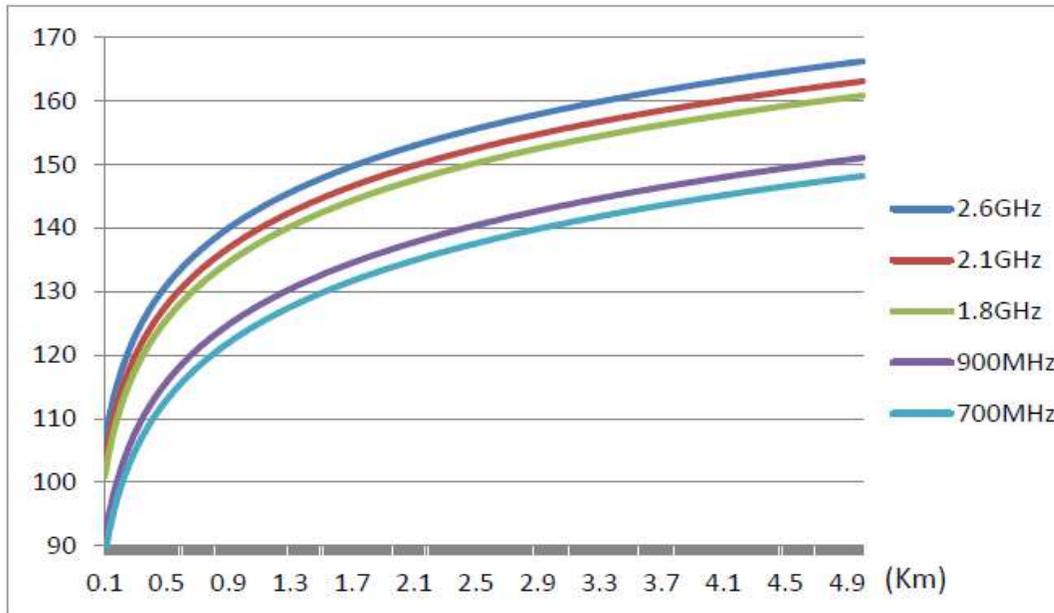


Figura 23 Pérdida de propagación para distintas bandas IMT usadas en 4G, fuente: (ZTE, 2014)

Dicho comportamiento de propagación no solo evidencia que el uso de la banda de 700 MHz en 4G es un paso lógico en cualquier proceso de modernización de tecnologías de red, sino que también presenta los costos más bajos de despliegue asociados con la cantidad de estaciones base. No obstante, la literatura también sugiere que dichas características de propagación varían en función del objetivo de cobertura y la morfología del terreno.

En este sentido, (ZTE Corp., 2014) y (4G Americas, 2015) coinciden al comparar las prestaciones que dan las distintas bandas bajo distintos escenarios de despliegue y atención de tráfico. Dicha comparación se ilustra a través de la tabla 2, en donde se detallan los distintos escenarios de cobertura (en rango y área) para una misma unidad de potencia en las distintas bandas IMT usadas para 4G.



Morfología	Denso Urbano	Urbano	Suburbano	Rural
Throughput del usuario en borde de cobertura de celda (Kbps)	512	256	128	64
700 MHz				
Rango de Celda (Km)	0.70	1.21	3.37	8.48
Área de Cobertura (Km2)	0.95	2.84	22.16	140.37
800 MHz				
Rango de Celda (Km)	0.63	1.09	3.04	7.65
Área de Cobertura (Km2)	0.78	2.33	18.06	114.22
1.800 MHz				
Rango de Celda (Km)	0.38	0.64	1.67	4.40
Área de Cobertura (Km2)	0.27	0.80	5.42	37.71
1.900 MHz				
Rango de Celda (Km)	0.36	0.61	1.58	4.17
Área de Cobertura (Km2)	0.25	0.72	4.87	33.84
2.100 MHz				
Rango de Celda (Km)	0.32	0.55	1.43	3.77
Área de Cobertura (Km2)	0.21	0.60	4.00	27.69
2.300 MHz				
Rango de Celda (Km)	0.30	0.51	1.31	3.44
Área de Cobertura (Km2)	0.17	0.50	3.35	23.08
2.600 MHz				
Rango de Celda (Km)	0.27	0.45	1.16	3.04
Área de Cobertura (Km2)	0.14	0.40	2.63	18.06

Tabla Comparación de distintos escenarios de cobertura para distintas bandas IMT usadas en 4G, fuente: (ZTE 2014)

Luego de comparar indicadores de desempeño objetivos se puede afirmar que en cualquier escenario de cobertura la banda de 700 MHz presenta mejores resultados de área de cobertura y de rango de celda, presentando particularmente una mejora en la tasa efectiva de datos en el canal de subida para una morfología densa-urbana y un área de cobertura rural hasta 5 veces superior frente a la banda AWS.

Así las cosas, resulta consecuente que gran parte de la población mundial esté potencialmente cubierta por la banda de 700 MHz bajo la canalización APT²¹, inclusive, en la figura 24 se presenta la evolución en el tiempo de la población cubierta por el espectro resultante del dividendo digital bajo los distintos tipos de

²¹ APT, Telecomunidad Asia Pacifico (Asia-Pacific Telecommunity, por sus siglas en inglés)



canalización designados, encontrando que la gran mayoría de la población concentrada en Asia y Latinoamérica emplean la misma canalización, es decir, 700 APT.

Dicha situación no sólo facilita la masificación del uso de dicha tecnología, sino que favorece las condiciones para que Colombia acceda a economías de escala y por ende redunde en beneficios tanto para la industria como para los usuarios del servicio móvil.

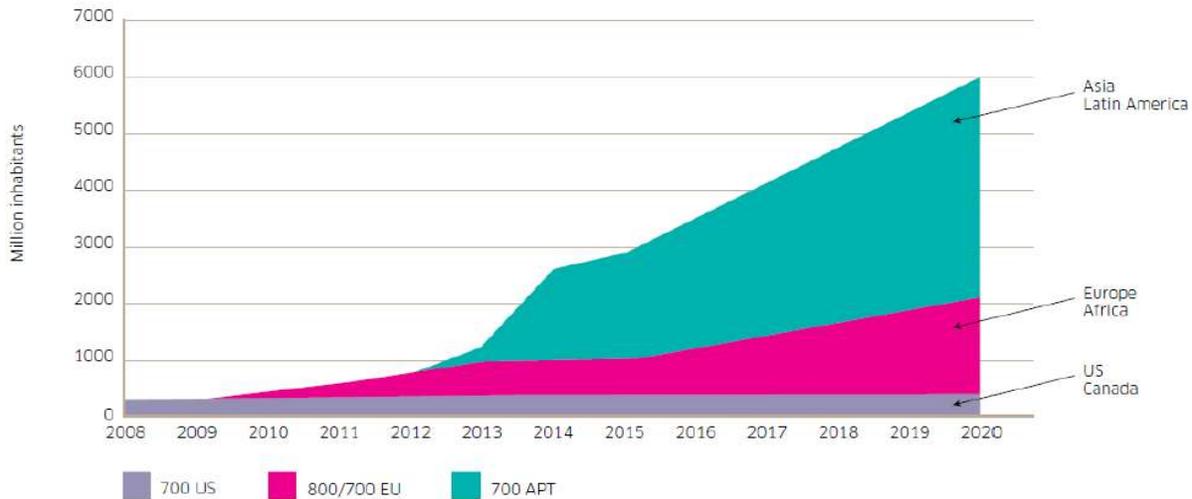


Figura 24 Población cubierta por el espectro del dividendo digital, fuente: (4G Americas, 2015)

Finalmente, una vez se comparan los criterios de desempeño de las distintas tecnologías móviles queda en plena evidencia que, tanto desde la perspectiva del operador como del usuario, la modernización de las tecnologías de redes ofrece beneficios significativos, evidenciados no sólo en dichos indicadores de desempeño sino también bajo la perspectiva del despliegue de infraestructura en términos de los costos asociados a ella. En otras palabras, la combinación entre las prestaciones tecnológicas derivadas del uso de tecnologías como 4G en la banda de 700 MHz evidencian que se pueden atender más usuarios, con una mayor tasa de transmisión de datos, con una menor demora y disminuyendo los costos asociados con el despliegue de infraestructura que redundan en un beneficio para los operadores de red, toda vez que pueden cubrir más territorio y atender más usuarios con una inversión tentativamente igual o menor.



8.2 Eficiencia Energética y Espectral derivada de la modernización de las tecnologías en el servicio móvil

Una vez planteado el escenario de beneficios en cobertura derivados de las prestaciones que ofrece la banda de 700 MHz para la tecnología 4G, se realiza un breve análisis enfocado en emplear variables tales como la eficiencia Bit/Joule (ψ) y la potencia por área W/km^2 (Ω) (Sabella, y otros, 2016) (International Telecommunication Union, 2018) para determinar los beneficios de desempeño objetivo a partir de la modernización de las características técnicas de los equipos usados para el servicio móvil en Colombia por parte de los operadores móviles de red.

La eficiencia Bit/Joule (ψ) entendida como la división entre la capacidad agregada de la red (bits/s) C_{net} y el consumo de potencia de la red P_{net} (W, vatios). Dicha variable permite conocer qué nivel de consumo energético se realiza en función del tráfico efectivo cursado por unidad de tiempo.

$$\psi = \frac{C_{net}}{P_{net}}, \left[\frac{bits}{s} / Watts \right]$$

Por otra parte, la potencia por área W/km^2 (Ω) está dada como como la división entre el consumo de potencia de la red P_{net} (W, vatios) y el área de cobertura (Km^2). Como es de esperarse, con esta variable se puede relacionar el consumo energético en función de un área de servicio.

$$\Omega = \frac{P_{net}}{A}, [Watts/Km^2]$$

Del mismo modo, desde este enfoque metodológico se evidencia la necesidad de considerar tanto el área atendida como la capacidad asociada a ésta en función del máximo aprovechamiento de los recursos (eléctrico y radioeléctrico). Dicha relación se enmarca bajo la premisa de que un nivel óptimo de eficiencia energética se alcanzaría al maximizar la tasa de eficiencia o cuando se minimiza el indicador de potencia por área, sin embargo, el factor de Capacidad (C) de la red podría alterar la relación de cálculo entre indicadores debido a consideraciones de diseño y limitantes de operación de cada tecnología.

Bit/Joule (blue curve), area power consumption (red curve) versus number of BSs [7]

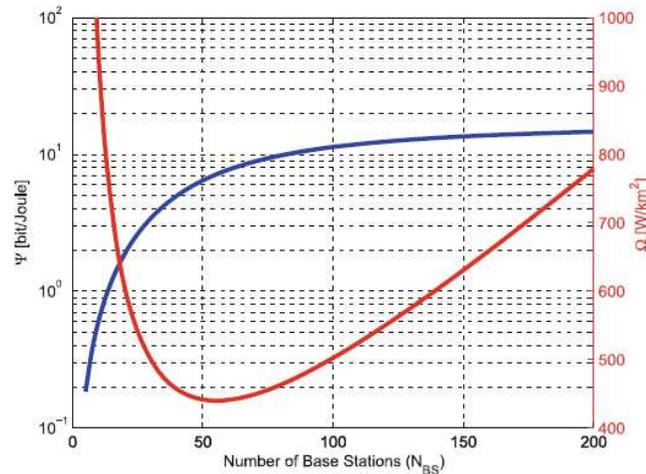


Figura 25 Relación entre eficiencia espectral y energética, fuente: (Sabella y otros, 2016)

Esta relación de eficiencias se presenta de manera ilustrativa a través de la figura 25, en donde (Sabella, y otros, 2016) sugieren que dicho sistema, sin considerar requerimientos de capacidad especiales, presenta un comportamiento en el que “la maximización de la eficiencia energética no equivale necesariamente a un menor consumo (Watts)”, de ahí que en muchas ocasiones la maximización espectral prime sobre la energética.

Así las cosas, mejorar el indicador de eficiencia energética quedaría condicionado a la mejora en el indicador de eficiencia espectral, es decir, que una BS pueda aumentar su capacidad (C) bits/s para una misma magnitud de potencia, y a su vez, que dicha capacidad mantenga una relación maximizada en términos de la máxima cobertura obtenida por la misma magnitud de potencia.

En este sentido, la literatura sugiere distintas alternativas para la optimización en el diseño de redes en función de los indicadores de eficiencia anteriormente mencionados. Dentro de estas alternativas se encuentran, por ejemplo, el uso de energías renovables como elementos de redundancia energética que disminuyan la dependencia sobre las redes convencionales (European Telecommunications Standards Institute, 2015), el uso de diseños de manejo de tráfico dinámicos en función de la variación espacio-temporal del tráfico (Chunyi, Suk-Bok, Songwu, Haiyun, & Hewu, 2011), o el rediseño de redes en función de la virtualización de las mismas (Sabella, y otros, 2016).

No obstante, resulta necesario precisar que debido al teorema de capacidad de canal de Shannon-Hartley, el cual dicta la capacidad máxima de transmisión en un canal de comunicaciones bajo la presencia de ruido

blanco Gaussiano aditivo (*additive white Gaussian noise, AWGN*), se encuentra que hay limitantes de desempeño directamente relacionadas con la modulación usada en la comunicación, y por ende, en la tecnología empleada en la misma (Miao & Song, 2015). Dicha limitante se presenta de manera ilustrativa a través de la figura 26, en donde se puede evidenciar el comportamiento de la capacidad del canal en términos de eficiencia, así como la relación de dicha eficiencia teórica frente a distintos esquemas de modulación.

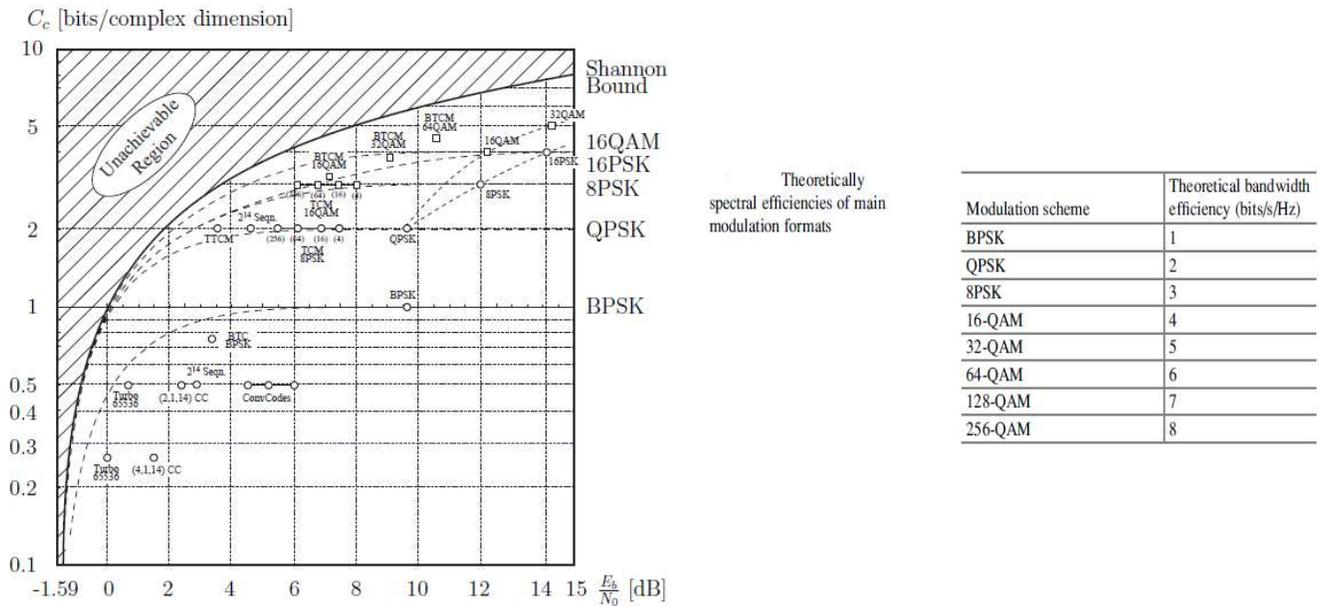


Figura 26 Eficiencia espectral vs eficiencia energética en función de distintos tipos de modulación bajo la consideración del teorema de Shannon, fuente: Wozencraft y Jacobs, 1993.

Con base en esto, resulta evidente que la modernización de las tecnologías en las estaciones base del servicio móvil conlleva una mejora significativa en los indicadores de eficiencia espectral y energética. En este sentido, distintos autores coinciden en afirmar que uno de los beneficios más notables es aquel relacionado con el consumo energético, específicamente al evaluar la eficiencia energética provista por el uso de tecnologías como 4G el cual no sólo se manifiesta a través del indicador de eficiencia sino también como un ahorro absorbido por el OPEX de cada emplazamiento de la red móvil del operador.

Por ejemplo, (Rapone, Sabella, & Fodrini, 2015) al analizar los datos relacionados con distintos posibles escenarios de modernización que enfrenta Telecom Italia encuentran que primariamente a través de un



enrutamiento simple de tráfico de redes 2G y 3G hacia redes 4G el ahorro en consumo energético es notorio en el corto plazo. No obstante, afirman que sólo una solución robusta que involucre direccionamiento de tráfico y actualización tecnológica es sostenible en el tiempo sin afectar niveles de capacidad, llegando a reducir el consumo energético entre 38% y 40% así como los costos derivados de esto.

De forma similar, (Chunyi, Suk-Bok, Songwu, Haiyun, & Hewu, 2011) han enfatizado que además de una modernización de las tecnologías en las estaciones base, es importante incorporar elementos de variabilidad en el manejo del tráfico que ofrezcan mayor precisión con el fin de que el desempeño de la red pueda reflejar una mejor relación de proporcionalidad entre el consumo energético, la estacionalidad del tráfico en tiempo y la variabilidad en espacio.

De igual modo, incuestionablemente los usuarios también reciben un beneficio directo de la modernización tecnológica toda vez que contarán con una mayor capacidad provista, reflejada puntualmente en mejores tasas de navegación. De manera simplificada se podría usar el símil de la modernización en tecnologías comunes como los bombillos o los televisores, los cuales pasaron de ser grandes consumidores de energía a reducir su consumo de manera considerable a la vez que mejoraron sus cualidades de desempeño.

Finalmente, se ha evidenciado a partir del análisis y de una revisión de la literatura pertinente, cómo a partir de la modernización y mejora de las características técnicas de desempeño de los distintos elementos de red analizados se obtienen indudables beneficios tanto económicos como tecnológicos, los cuales impactan positivamente en las operaciones de los operadores móviles de red a través del ahorro y eficiencia en sus operaciones.



El futuro digital
es de todos

MinTIC

