

Estado de la infraestructura de la red de transporte (*backhaul*) y efecto del despliegue de infraestructura de acceso en la velocidad de Internet móvil

Javier More

Dirección de Políticas Regulatorias y Competencia

Subdirección de Análisis Regulatorio - OSIPTEL

Resumen

En el escenario actual las redes móviles cumplen un rol importante al permitir que los usuarios estén comunicados desde cualquier lugar del Perú que cuente con cobertura. Uno de los servicios que tiene mayor relevancia es el Internet Móvil, el cual permite acceder a una serie de contenidos y ofrece nuevas formas de comunicación.

Para disfrutar de un servicio móvil con prestaciones adecuadas se requiere, entre otras cosas, la existencia de infraestructura de telecomunicaciones que cuente con recursos adecuados para atender la demanda. Así los operadores deben dimensionar su red y asignar los recursos de tal forma que aun en horas pico la prestación del servicio no se vea afectada.

En el presente documento de trabajo se presenta un análisis de la capacidad instalada tanto en las redes de acceso como en las redes de transporte. Se evidencia que hay una correlación positiva entre la infraestructura de la red de acceso y la velocidad que experimentan los usuarios. Asimismo, por el lado de los enlaces de *backhaul* se evidencia que las redes satelitales y microondas presentan una tasa de ocupación de enlace mayor que la experimentada en las redes de fibra óptica.

© 2022 OSIPTEL. Derechos reservados.

Palabras clave: 2G, 3G, 4G, 5G, Backhaul, Bloque de Recurso, velocidad de descarga.

<http://www.osiptel.gob.pe>

* El contenido y las opiniones vertidas en este trabajo son responsabilidad exclusiva de los autores, las cuales no reflejan necesariamente la posición del OSIPTEL hasta la emisión de la respectiva posición oficial, de ser el caso. Documento elaborado en la Coordinación de Investigaciones Tecnológicas de la Sub Dirección de Análisis Regulatorio. Sub Director de Análisis Regulatorio (e): Daniel Argandoña Martínez. Remitir comentarios y sugerencias a: investigación@osiptel.gob.pe

ÍNDICE

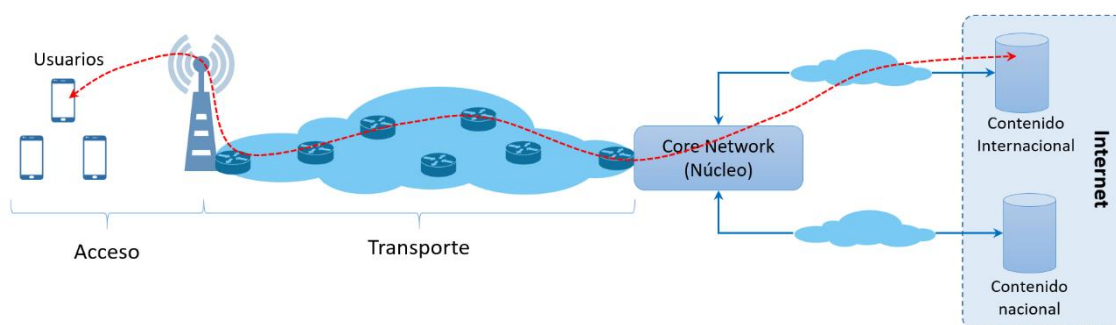
1. INTRODUCCIÓN	3
2. ASPECTOS TÉCNICOS DE LAS REDES MÓVILES.....	4
2.1. Red de acceso	4
2.2. Red de transporte.....	8
3. CAPACIDAD IMPLEMENTADA POR LOS OPERADORES.....	9
3.1. Red de acceso	9
3.2. Red de transporte.....	11
4. ANALISIS GEOGRÁFICO DE LA CAPACIDAD IMPLEMENTADA EN LA RED DE ACCESO.....	14
5. CONCLUSIONES.....	21
ANEXO N° 01: TORRES/SITES, ANTENAS Y SECTORES/CELDAS.....	22
ANEXO N° 02: DESPLIEGUE DE SECTORES POR OPERADOR	23
ANEXO N° 03: DESPLIEGUE DE SECTORES A NIVEL NACIONAL (Junio de 2022)	24
ANEXO N° 04: SECTORES POR TECNOLOGÍA, SECTORES/1000 HABITANTES Y RB 4G/1000 HABITANTES.....	25
ANEXO N° 05: DESPLIEGUE DE SECTORES A NIVEL DISTRITAL (Junio de 2022)	29
ANEXO N° 06: DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN A NIVEL DISTRITAL	32

1. INTRODUCCIÓN

En términos generales, las redes de telecomunicaciones cuentan con tres partes principales: Acceso, transporte y núcleo (también conocido como Core). Para un mejor entendimiento de los segmentos involucrados, se plantea a modo de ejemplo, el caso de un usuario que desea acceder desde su terminal móvil a un contenido de Internet ubicado en un servidor internacional¹:

- Acceso: El usuario se conecta por medio de su *smartphone* a la red móvil y desde su navegador web accede a una página web (por ejemplo: www.contenido-internacional-prueba.com).
- Transporte: La solicitud generada por el usuario es transportada a la red *core* del operador (por ejemplo, se remite el tráfico desde Ica hasta Lima).
- Núcleo: El *core* verifica el plan del usuario, descuenta los GB utilizados, etc. Luego remite la solicitud al destino internacional².

Figura N° 01.- Esquema general de acceso de un usuario a Internet móvil



Elaboración: DPRC-OSIPTEL

Dado que el acceso a Internet es bidireccional, luego el servidor responde y emite una respuesta al usuario, siguiendo el recorrido descrito, pero en sentido contrario. En función a las características de la red (capacidad de los diversos elementos de red involucrados desde el terminal móvil hasta el servidor destino, congestión, entre otros), el usuario experimentará una determinada calidad de servicio (también conocida como QoS), la cual también se verá reflejada

¹ Escenario simplificado. En una comunicación real se involucra a diversos elementos de red y protocolos.

² En el tramo de conexión entre el Core y el servidor internacional hay más elementos involucrados: Por ejemplo red de transporte por medio de fibra óptica submarina, otros operadores (ISP) a los que se conecta el servidor internacional. Asimismo, si el servidor está conectado a la red mediante un operador internacional "X", este operador "X" contará también con su respectivo acceso, transporte y *core*.

en una calidad de experiencia (también conocida como QoE). Así, la experiencia que tendrá un usuario al acceder a Internet dependerá de diversos factores y elementos.

Una analogía del tráfico que soporta la red y de la infraestructura móvil, son los vehículos y la carretera. En algunas horas, probablemente en la madrugada, no hay muchos usuarios que desean acceder al recurso (en el ejemplo, la carretera) por tanto pueden circular a una velocidad mayor respecto a las horas en las que hay muchos vehículos circulando (hora pico). Por tanto, para una adecuada prestación del servicio, todos los elementos de la red (desde el origen hasta el destino) deben contar con la capacidad adecuada para soportar el tráfico que se desea cursar. El dimensionamiento inadecuado de un segmento ocasionará “cuellos de botella”, lo cual se verá reflejado como una inadecuada prestación del servicio móvil.

En la medida que el segmento de acceso es la parte de la red que se conecta directamente a los usuarios, el presente documento de trabajo se centrará en analizar el comportamiento de la red en este segmento. No obstante, en la medida que el segmento de acceso y transporte deben ir de la mano, también se analizará las implicancias del tipo de red de transporte (en el segmento de *backhaul*) utilizado.

2. ASPECTOS TÉCNICOS DE LAS REDES MÓVILES

Tal como se señaló previamente, en la presente sección se analizará el segmento de acceso de la red móvil, considerando también las implicancias de la red de transporte utilizada.

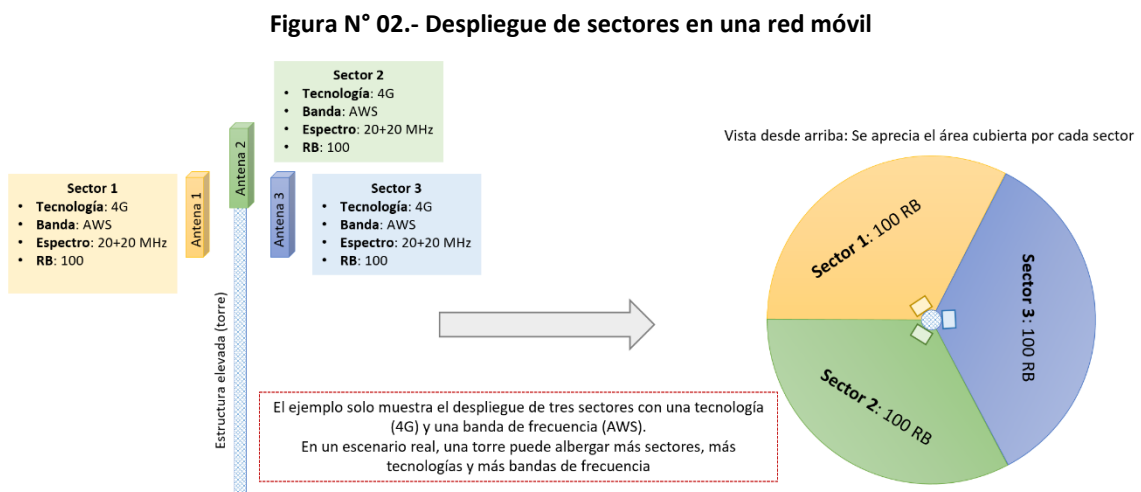
2.1. Red de acceso

Las tecnologías móviles se encuentran en constante evolución. Esta evolución se manifiesta por medio de generaciones, las cuales van desde la tecnología 1G hasta la tecnología 5G³. A la fecha en el Perú se cuenta con 4 tecnologías implementadas: 2G, 3G, 4G y 5G. Cada generación móvil presenta características técnicas propias, las cuales influyen en la velocidad que experimentarán los usuarios cuando se conectan al servicio de Internet móvil.

Así, en el segmento de acceso, la velocidad teórica que puede ofrecer una red móvil dependerá de las siguientes dimensiones:

³ En el mercado móvil, es usual que los diversos *stakeholders* categoricen las generaciones móviles como 2G, 3G, 4G y 5G. En el presente documento, se usa la terminología basada en “G” con el fin de un mejor entendimiento de las tecnologías.

- Tecnología implementada (por ejemplo, 2G, 3G, 4G o 5G): Se puede evaluar por medio de la eficiencia espectral. Contar con una nueva generación implica mejoras en la eficiencia espectral. Esta a su vez depende de más factores, tales como la modulación utilizada, el uso de antenas MIMO (múltiple entrada múltiple salida), el uso del *beamforming*, entre otros.
- Cantidad de espectro: Este parámetro se le conoce como ancho de banda y se mide en Hertz (Hz). Los operadores que cuentan con más espectro, tienen la potencialidad de implementar más recursos y por tanto ofrecer una mayor velocidad de acceso a sus usuarios: Según la tecnología, los recursos se miden en TRX, CE o RB⁴. Asimismo, los operadores que usan la técnica de agregación de portadoras podrán usar el ancho de banda de más bandas de espectro (por ejemplo, 700 MHz + 1700/2100 MHz), logrando así ofrecer una mayor velocidad de acceso.
- Infraestructura: Se implementa por medio de EBC (Estación Base Celular)/Sites, antenas y sectores⁵. La unidad mínima de evaluación es el sector. Mientras más sectores existan en una determinada área geográfica (evaluada como Sectores/km²), el operador tendrá la potencialidad para ofrecer una mayor velocidad de acceso. Asimismo mientras más sectores atiendan a una determinada población (evaluada como Sectores/población), se tendrá la potencialidad de tener una mayor velocidad de acceso.



Elaboración: DPRC-OSIPTEL.

Para una mejor comprensión de lo indicado en los puntos previos, la Figura N° 02 muestra un ejemplo de las tres dimensiones indicadas: Una EBC (conocido por algunos operadores como

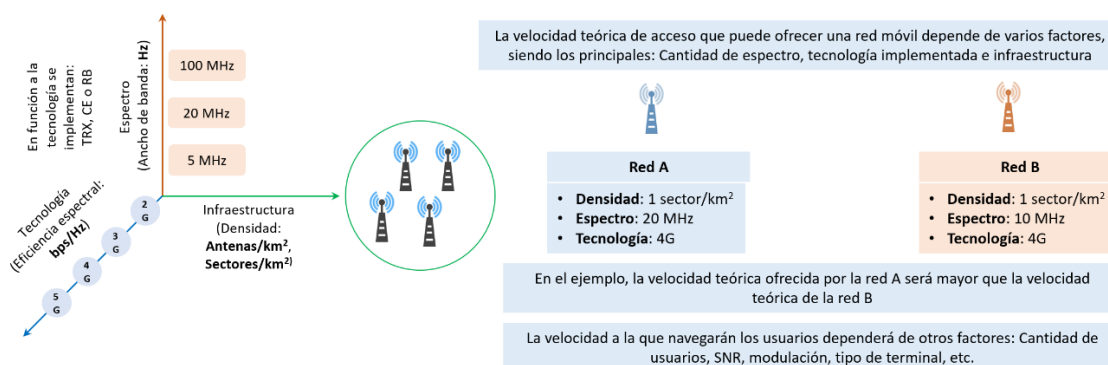
⁴ TRX: Transceiver (usados en 2G). CE: Channel Element (usados en 3G). RB: Resource Block o Bloques de Recurso (usados en 4G y 5G).

⁵ Para mayor detalle sobre la terminología utilizada, revisar el Anexo N° 01.

site o sitio) con 3 sectores por el lado de infraestructura, 20+20 MHz (que permite implementar 100 RB) por el lado de la cantidad de espectro y 4G por el lado de la tecnología implementada.

Por su parte, la Figura N° 03, a modo de ejemplo, resume las tres dimensiones indicadas en los párrafos precedentes y presenta un ejemplo de dos redes (operador A y operador B) que han desplegado la misma tecnología (4G), pero en un caso se usa 20+20 MHz de espectro mientras que en el otro caso se usa 10+10 MHz. En ambos casos se cuenta con una densidad de 1 sector/km², por tanto, en términos visuales se aprecia que cada operador ha desplegado una torre. En este ejemplo, pese a contar con el mismo número de sectores, la red del operador A cuenta con mayores recursos que la red del operador B (A puede implementar 100 RB mientras que B solo puede implementar 50 RB), y bajo un escenario ideal puede ofrecer una mayor velocidad de acceso. Cabe precisar que, en un escenario real, la velocidad de acceso dependerá además de otros factores, tales como número de usuarios conectados a la red, tipo de terminal del usuario, distancia del usuario a la antena, entre otros.

Figura N° 03.- Factores que influyen en la velocidad de acceso a Internet móvil



Elaboración: DPRC-OSIPTEL

En efecto, mientras más reciente sea la tecnología utilizada y se cuente con más espectro, se tendrá mayor velocidad por cada sector. En la Tabla N° 01 se muestra la relación entre tecnología y velocidad teórica.

Tabla N° 01.- Ancho de banda y velocidad teórica de un sector según tecnología

Generación	Tecnologías	Ancho de banda	Velocidad teórica
2G	GSM y evoluciones	200 kHz	473.6 kbps
3G	UMTS y evoluciones	5 MHz	21.6 Mbps (R7)
4G	LTE y evoluciones	5, 10, 15, 20 MHz	274 Mbps @ 20 MHz
5G	5G y evoluciones	De 5 a 100 MHz	3.5 Gbps @ 100 MHz

Elaboración: DPRC-OSIPTEL en base a información de "Mobile revolution: From 2G to 5G"⁶. Información referencial.

⁶ Artículo disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9486300>

La tecnología 4G se caracteriza por utilizar diversos anchos de banda (en despliegues reales desde 5+5 MHz hasta 20+20 MHz, a más incluso si se usa agregación de portadoras). Contar con más espectro para implementar la tecnología 4G, implica que los usuarios tendrán más recursos para acceder a Internet móvil y por tanto experimentarán mejores velocidades de acceso. La velocidad teórica que puede obtenerse con la tecnología 4G se presenta en la Tabla N° 02.

Tabla N° 02.- Ancho de banda, RB y velocidad teórica 4G

Ancho de banda	Bloques de recurso	Velocidad teórica*
5+5 MHz	25	68 Mbps
10+10 MHz	50	136 Mbps
15+15 MHz	75	205 Mbps
20+20 MHz	100	274 Mbps

Elaboración: DPRC-OSIPTEL en base a información de "5G Tools for RF Wireless"⁷ * Uso de MIMO 4*4 y modulación 64-QAM

No obstante, desde el punto de vista de la red de acceso, la velocidad a la que accederán los usuarios dependerá de más factores:

- Usuarios conectados a la red móvil: En la hora pico se tendrá a más usuarios que solicitan recursos a la red, por tanto, la velocidad promedio disminuirá.
- Distancia entre el usuario y la antena: Cuando el usuario se encuentra cerca de la antena recibirá una mejor SINR (relación señal a ruido+interferencia) que cuando se encuentra lejos de la antena. Contar con un SINR alto implica usar una modulación de alto orden y por tanto lograr una mayor velocidad de acceso.
- Ubicación del usuario: Si el usuario se encuentra en una habitación o un sótano (escenario *indoor*), y además fuera de dicho ambiente el SINR es bajo, dentro de la habitación el SINR será aún más bajo lo cual implicará que quizás no pueda acceder al servicio móvil.
- Obstáculos: Si en un área específica existen muchos obstáculos nuevos (por ejemplo se construyó un edificio) entre la antena y el usuario, y antes se gozaba de un buen servicio, en este nuevo escenario el servicio podría contar con algún nivel de degradación.
- Terminal móvil: Según la categoría del terminal, algunos equipos cuentan con más funcionalidades que otros. Por ejemplo, un equipo que soporta agregación de portadoras (y que se conecta a una red que cuenta con esta funcionalidad), tendrá una mejor velocidad que un equipo que no cuenta con dicha funcionalidad. O un terminal

⁷ 4G LTE Throughput calculator: <https://5g-tools.com/4g-lte-throughput-calculator>

5G que se conecta a una red 5G tendrá mejor velocidad que un terminal 4G que solo puede conectarse a una red 4G.

Para el caso de las variables que se encuentran dentro del control del operador, se debe contar con procesos eficientes de optimización de red para una oportuna identificación de zonas con potenciales problemas o que ya tienen problemas y ejecutar acciones para corregir dicha situación (despliegue de una nueva torre, una nueva antena, cambio de *tilt* de antena, uso de otra banda de espectro, incremento en la potencia de transmisión, entre otros).

2.2. Red de transporte

La red de acceso, considerada a partir de la estación base, es la encargada de recibir el tráfico de los usuarios (sentido de subida) y a la vez transmitir tráfico a los usuarios (sentido de bajada). A su vez la EBC requiere transmitir el tráfico de todos los usuarios hacia un siguiente nodo, para ello requiere contar con una red de transporte, que en este caso recibe el nombre de “enlace de *backhaul*”.

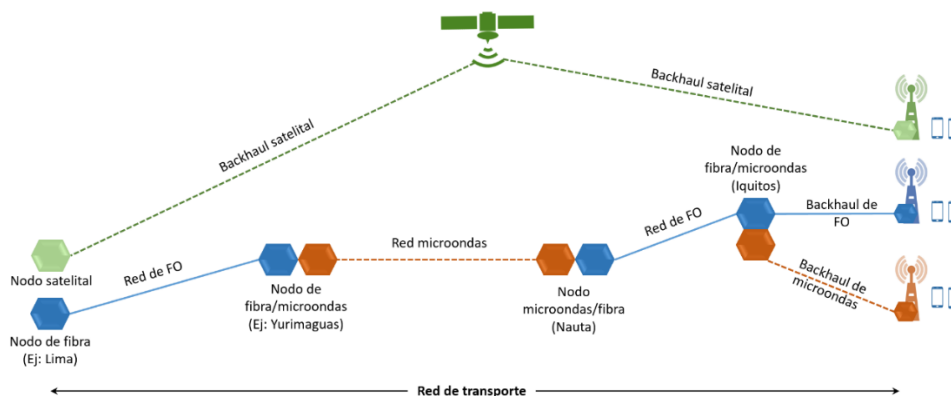
Existen tres medios de transmisión utilizados como enlace de *backhaul* (enlace que sale de la estación base y se dirige hacia un siguiente nodo):

- Fibra óptica: Permite habilitar enlaces de hasta 10 Gbps⁸. Requiere el tendido de cable de fibra óptica desde un nodo origen hacia un nodo destino.
- Enlaces microondas: Solo requiere instalar un equipo en el nodo origen y otro en el nodo destino y que cuente con línea de vista para establecer el enlace de forma inalámbrica. Si bien el despliegue es más rápido que la fibra óptica, tradicionalmente los enlaces son de menor velocidad. Es preciso indicar que con la habilitación de nuevas bandas (por ejemplo la Banda E) es posible lograr enlaces microondas con velocidades por encima del Gbps.
- Enlaces satelitales: Para zonas alejadas en las que no es posible llegar con fibra óptica o con microondas, se usan los enlaces satelitales. Una gran desventaja de este sistema es la latencia (retardo) entre un nodo a otro. El retardo se debe a que el satélite se encuentra a más de 36 000 km de la tierra, por lo que la señal viaja más de 72 mil kilómetros para llegar a su destino. Si bien de manera tradicional las velocidades aún son limitadas, los operadores han reportado enlaces satelitales de hasta 1 Gbps.

⁸ Capacidad máxima que se ha reportado en el Perú.

La Figura N° 04 muestra los tres tipos de medios de transmisión utilizados en redes de transporte, en algunos casos inclusive se puede tener *backhaul* de fibra óptica, pero luego un tramo de transporte con enlaces microondas⁹.

Figura N° 04.- Topología simplificada de los tipos de red de transporte



Elaboración: DPRC-OSIPTEL

3. CAPACIDAD IMPLEMENTADA POR LOS OPERADORES

En la presente sección se presentan estadísticas de la capacidad implementada en la red de acceso y transporte. Luego, esto permitirá comprender el comportamiento de la red en diversos escenarios.

3.1. Red de acceso

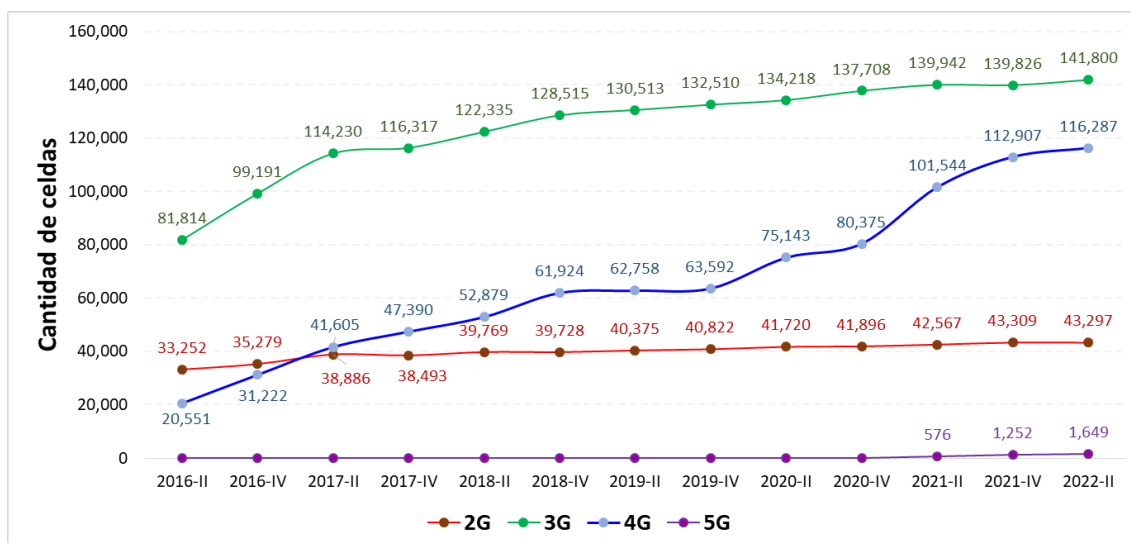
En una torre de telecomunicaciones los operadores suelen instalar varios sectores, varias tecnologías y varias bandas de frecuencia¹⁰. Por tanto, realizar comparaciones en función al número de torres desplegadas o de antenas no es la métrica más apropiada. Así, en el presente informe las estadísticas se presentan a nivel de número de sectores y de capacidad implementada.

A junio de 2022 las empresas operadoras reportaron un total de 303 303 sectores distribuidos entre las tecnologías 2G, 3G, 4G, y 5G. La Figura N° 05 muestra la evolución del crecimiento de sectores por tecnología. Se evidencia el estancamiento del despliegue de las tecnologías 2G y 3G, el crecimiento sostenido de la tecnología 4G y el despliegue aún incipiente de la tecnología 5G. El desagregado de sectores por operador se muestra en el Anexo N° 02.

⁹ Para mayor detalle sobre las redes de transporte en el Perú, revisar: <https://repositorio.osiptel.gob.pe/handle/20.500.12630/745>

¹⁰ E inclusive una torre puede albergar infraestructura de más de un operador.

Figura N° 05.- Evolución del despliegue de sectores (celdas) por tecnología



Elaboración: DPRC-OSIPTTEL usando información reportada por las empresas operadoras al OSIPTTEL.

La tecnología 2G requiere de un ancho de banda mínimo de 200+200 kHz para implementar una portadora (lo cual equivale a un TRX); por tanto, en la medida que los operadores cuentan con más espectro, implementan más de un TRX por sector. En efecto, a junio de 2022 los operadores reportaron un total de 103 861 TRX (Telefónica del Perú reportó 47 152 TRX, América Móvil 35 670 TRX y Entel Perú 21 039 TRX¹¹). Así, a junio de 2022, en promedio, existían entre 2 a 3 TRX por sector.

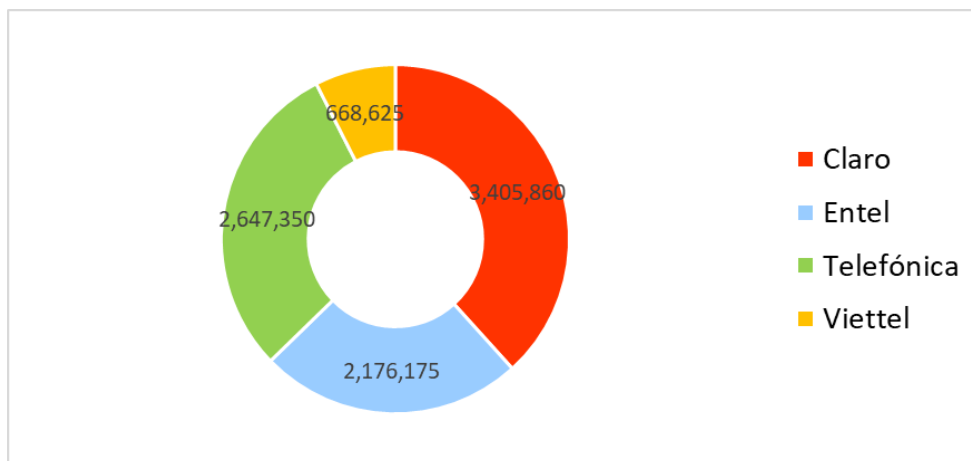
Con relación a la tecnología 3G, cada sector usa una portadora de 5+5 MHz¹². Si bien cada operador puede implementar un número diferente de CE por portadora, tal característica es a nivel de licenciamiento de software. Por tanto, para efectos del presente análisis, solo se considerará los sectores 3G reportados.

Para el caso de la tecnología 4G se tiene portadoras (y por tanto, sectores) con diversos anchos de banda (5, 10, 15 y 20 MHz). Así, para evaluar la capacidad implementada, en la medida que a mayor ancho de banda es posible implementar más RB, se requiere contabilizar los RB implementados por cada operador. Esta variable nos ofrecerá una visión más cercana de la capacidad que los operadores ponen a disposición de los usuarios. A junio de 2022 los operadores reportaron al OSIPTTEL un total de 8 898 010 RB, de los cuales América Móvil contaba con el 38%, Telefónica del Perú con 30%, Entel Perú con 24% y Viettel Perú con 8% del total (ver Figura N° 06).

¹¹ El operador Viettel no cuenta con tecnología 2G. Desde el inicio de operaciones inició con la tecnología 3G.

¹² Algunos operadores han optimizado el uso de espectro con portadoras de menos de 5 MHz.

Figura N° 06.- Bloques de Recurso (RB) desplegados por operador (junio de 2022)



Elaboración: DPRC-OSIPTTEL usando información reportada por las empresas operadoras al OSIPTTEL.

La Tabla N° 03 evidencia que Entel y Telefónica cuentan con más RB/Sector. Tal situación se debe a que ambos operadores cuentan con 20+20 MHz en la banda AWS (1700/2100 MHz), la misma que se adjudicó en el año 2013¹³.

Tabla N° 03.- Sectores 4G y número de RB por operador (junio de 2022)

Operador	Sectores 4G	Bloques de recurso (RB)	RB/Sector
América Móvil	49 216	3 405 860	69
Entel Perú	23 668	2 176 175	92
Telefónica del Perú	30 828	2 647 350	86
Viettel Perú	12 575	668 625	53

Elaboración: DPRC-OSIPTTEL usando información reportada por las empresas operadoras al OSIPTTEL.

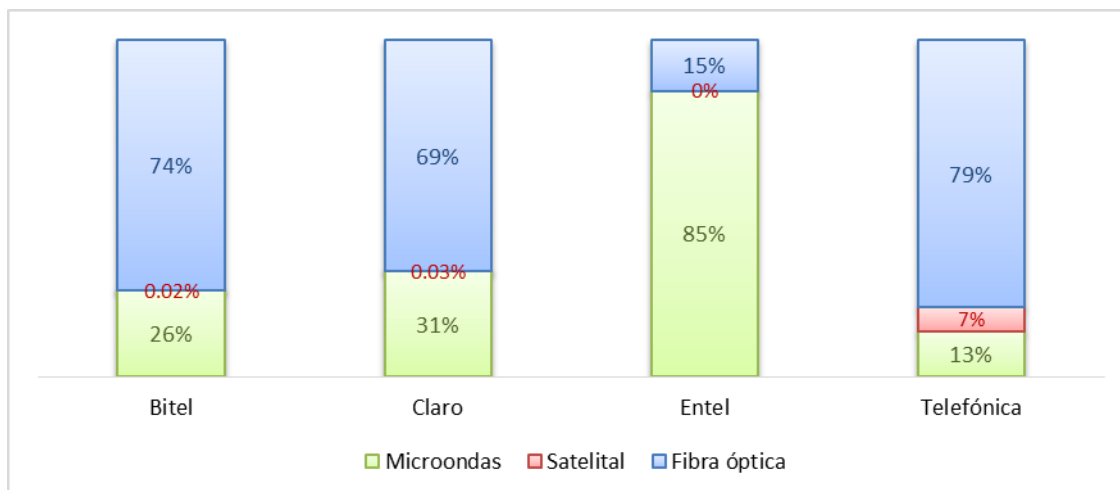
En la sección 4.1 se analiza la capacidad implementada por los operadores desde una perspectiva geográfica. Dicho análisis permitirá conocer con mayor detalle las zonas del Perú que podrían contar con una baja capacidad y por tanto serían vulnerables a experimentar potenciales problemas de calidad de servicio.

3.2. Red de transporte

Según los reportes de las empresas operadoras al OSIPTTEL, en el Perú se han desplegado enlaces de *backhaul* con fibra óptica y microondas, y en menor medida enlaces satelitales (para mayor detalle revisar la Figura N° 07). Se aprecia que los operadores Telefónica, Viettel y Claro cuentan con más enlaces de *backhaul* de fibra óptica, mientras que en el caso de Entel cuenta con más enlaces microondas.

¹³ Para mayor detalle sobre el proceso de licitación: <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos/proyecto/5599>

Figura N° 07.- Enlaces de *backhaul* por operador y tecnología (2022-II)

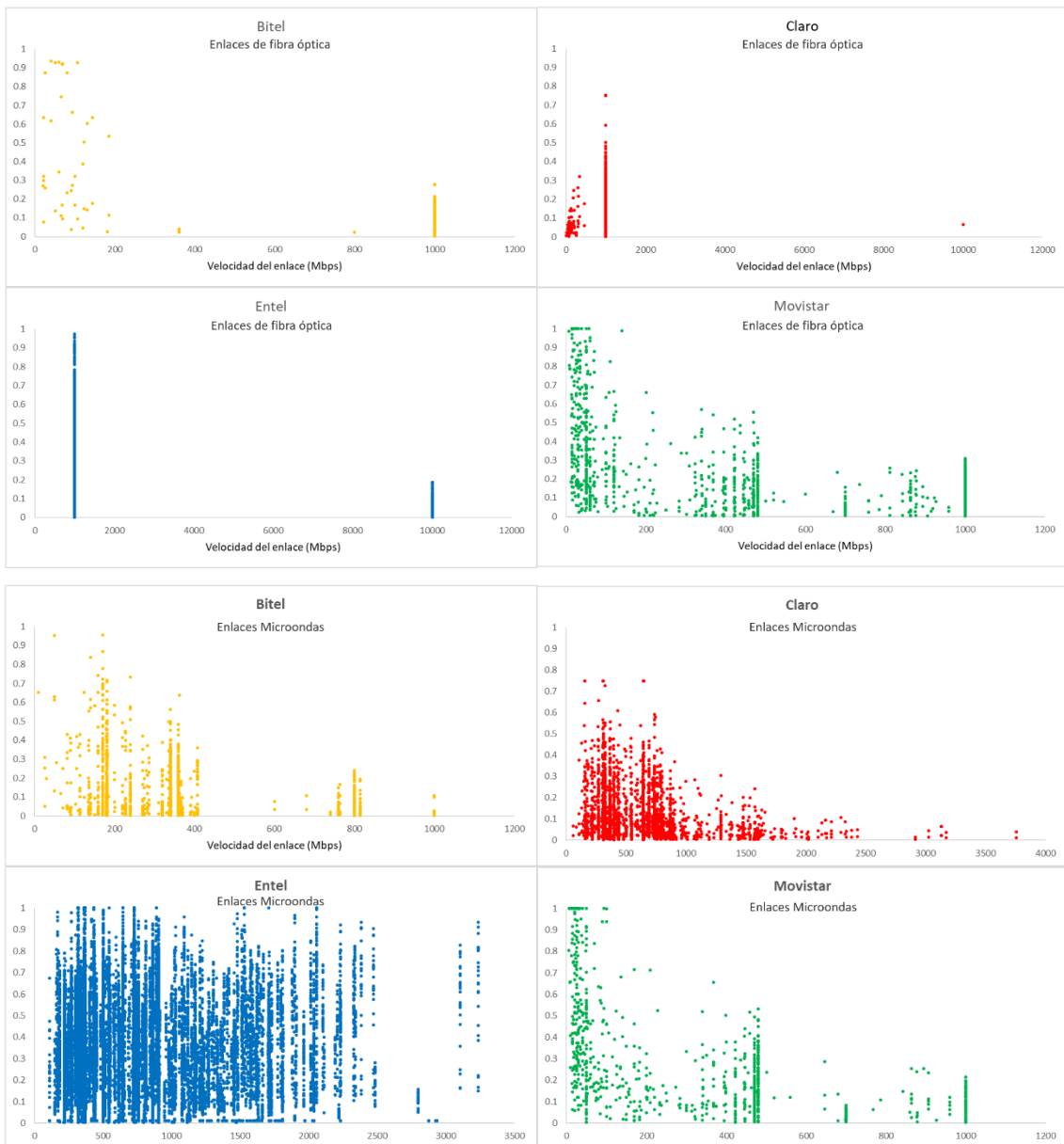


Elaboración: DPRC-OSIPTEL usando información reportada por las empresas operadoras al OSIPTEL

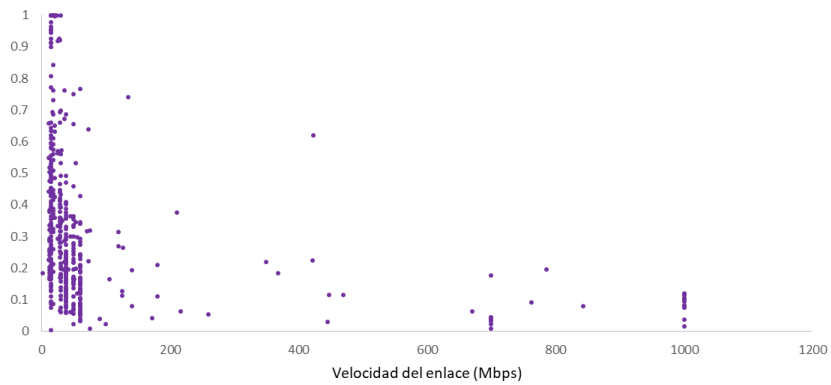
Tal como se comentó previamente, el comportamiento de las redes móviles cambia en el tiempo. En las horas pico se presenta la mayor demanda de recursos, por tanto, hay mayor probabilidad que existan problemas de congestión, mientras que en horas no pico la demanda por los recursos es mínima y la probabilidad de congestión también es mínima. Un indicador, de los muchos existentes, que permiten conocer la congestión de la red es la “tasa de ocupación del enlace de *backhaul*” (en adelante, TOE), la cual evidencia el porcentaje de uso del enlace en un instante de tiempo determinado (de preferencia en la hora pico). Si la TOE se encuentra al 100% o cercana a dicho valor, es altamente probable que dicha estación tenga una alta demanda de tráfico y por tanto se debe realizar trabajos de optimización y/o despliegue de nueva infraestructura. Por el contrario, si el nivel de congestión es mínimo, se tiene opción para atender a más clientes o para implementar nuevas tecnologías en la red de acceso.

Por ejemplo, la Figura N° 08 muestra la TOE de los enlaces de *backhaul* de fibra óptica, microondas y satelital. En primer lugar, se evidencia que, para la mayoría de los casos, la existencia de una mayor velocidad en el enlace de *backhaul* implica una menor saturación del mismo; es decir, son pocos los casos en los que se tiene una velocidad de enlace alta y una saturación también alta. Por otro lado, el gráfico también evidencia que para enlaces de *backhaul* de fibra óptica se tiene velocidades de hasta 10 Gbps (implementados por Bitel y Claro), para el caso de enlaces microondas se tiene enlaces que superan los 3 Gbps implementados por Entel y Claro), mientras que en el caso de enlaces satelitales algunos cuentan con hasta 1 Gbps (implementados por Telefónica del Perú).

Figura N° 08.- TOE de *backhaul* (muestra de hora pico de un día de junio del 2022)



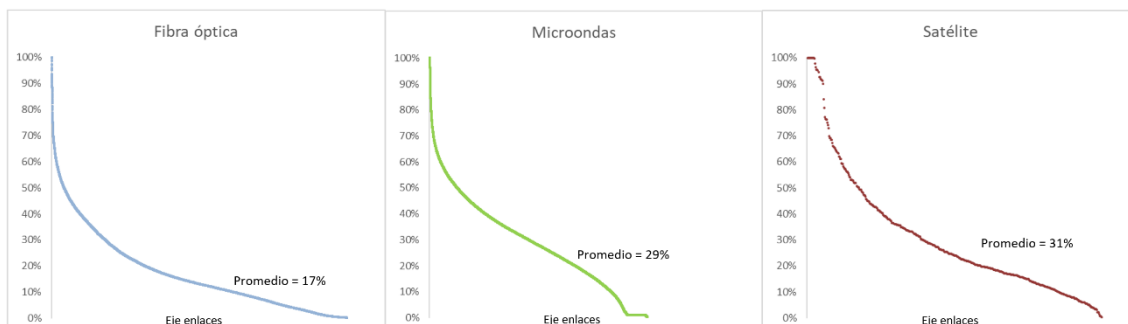
Enlaces satelitales



Elaboración: DPRC-OSIPTEL usando información reportada por las empresas operadoras al OSIPTEL.

Por otro lado, la Figura N° 09 evidencia que en promedio los enlaces satelitales y los enlaces microondas tienen una TOE mayor que la fibra óptica. Tal situación se explica debido a que la capacidad de la fibra óptica está por encima de la capacidad de las redes microondas la cual a su vez está por encima de las redes satelitales.

Figura N° 09.- TOE de *backhaul* en hora pico (muestra de hora pico de un día de junio del 2022)



Elaboración: DPRC-OSIPTEL usando información reportada por las empresas operadoras al OSIPTEL

Finalmente, es necesario que los operadores realicen un constante monitoreo de la red de transporte en la medida que se puede tener la mejor red de acceso (por ejemplo 4G o 5G), pero si los enlaces de *backhaul* se saturan constantemente en la hora pico, los usuarios recibirán una inadecuada prestación del servicio. Así, en casos de saturación de los enlaces el operador deberá implementar las acciones necesarias para corregir dicha situación.

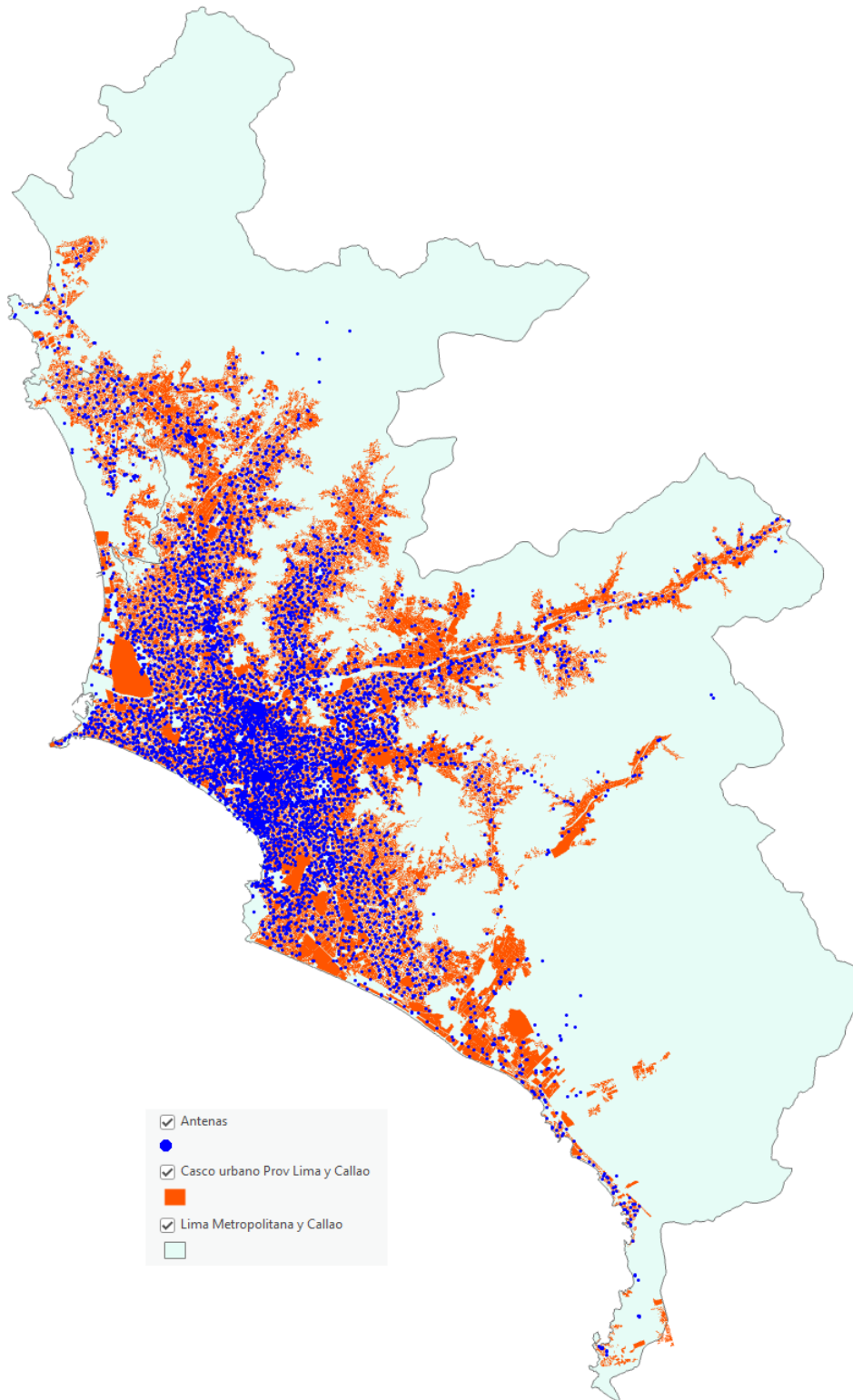
4. ANALISIS GEOGRÁFICO DE LA CAPACIDAD IMPLEMENTADA EN LA RED DE ACCESO

Tal como se evidenció en la Figura N° 05, en el último año, el despliegue de infraestructura 2G y 3G se encuentra estancado, siendo que los operadores están orientando sus inversiones en el despliegue de infraestructura 4G. En ese sentido, si bien también en la presente sección se analiza a las tecnologías 2G y 3G, el análisis detallado se centrará en la capacidad de la red con tecnología 4G.

A junio del 2022, en el Perú existían más de 300 mil sectores en operación, los cuales se encuentran distribuidos en todo el territorio nacional. La Figura N° 10 muestra el despliegue de sectores en la Provincia de Lima y la Provincia Constitucional del Callao (en el Anexo N° 03 se presenta el despliegue de sectores a nivel nacional). La citada figura evidencia que por lo general los operadores instalan infraestructura en las zonas que cuentan con población (casco urbano), mientras que el despliegue en zonas no pobladas es casi nulo. Asimismo, se observa que hay

zonas con mayor densidad de sectores que otras, siendo las zonas periféricas las que cuentan con menor densidad de infraestructura.

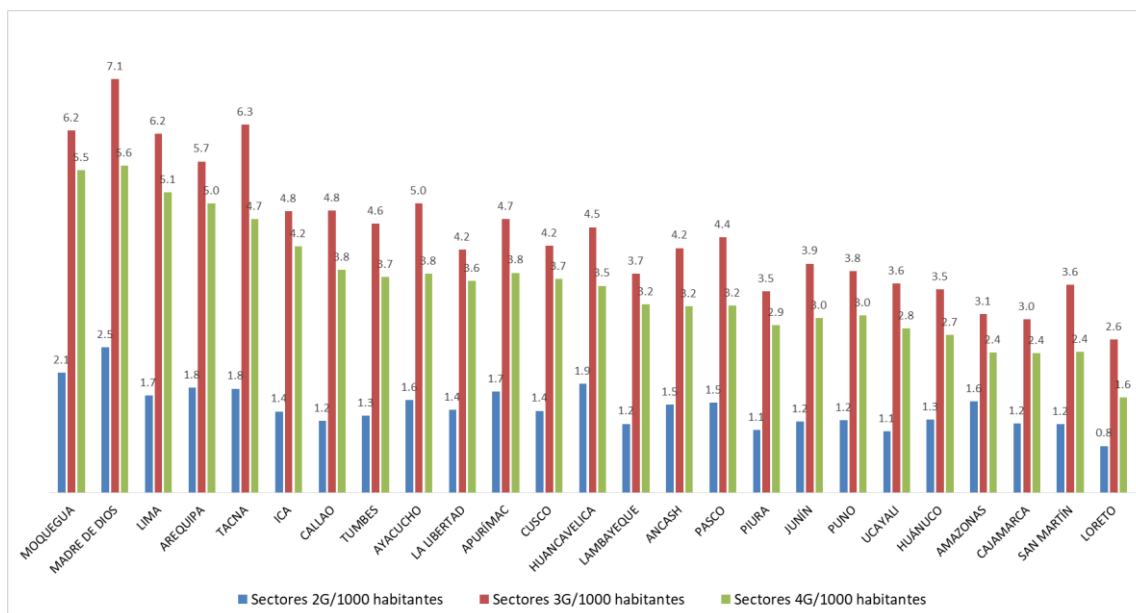
Figura N° 10.- Despliegue de sectores en las provincias de Lima y Callao (2022-II)



Elaboración: DPRC-OSIPTEL usando información reportada por las empresas operadoras al OSIPTEL e información del INEI. Los puntos muestran las antenas, los cuales corresponden también a la ubicación de los sectores.

La Figura N° 11 muestra el despliegue de sectores por región. Para la tecnología 4G se observa que las regiones de Madre de Dios, Moquegua, Lima y Arequipa presentan la mayor cantidad de sectores respecto a cada 1000 habitantes, mientras que las menores cifras se tienen para las regiones de San Martín, Amazonas, Cajamarca y Loreto.

Figura N° 11.- Sectores 2G/3G/4G por cada 1000 habitantes por región (2022-II)



Elaboración: DPRC-OSIPTEL usando información reportada por las empresas operadoras al OSIPTEL.

A nivel provincial se observa que hay dos provincias que aún no cuentan con antenas 4G, y por tanto con sectores 4G (Putumayo en la región Loreto y Purús en la región Ucayali). Asimismo, la provincia de Purús en Ucayali tampoco cuenta con tecnología 3G. Para mayor detalle sobre el despliegue de celdas 2G/3G/4G a nivel provincial, revisar el Anexo N° 04.

Sin embargo, para tener una visión más amplia de la infraestructura de acceso desplegada, se requiere analizar las celdas y su capacidad implementada a nivel distrital. Para ello, se implementa un modelo que permitirá contar con indicadores a nivel distrital. El modelo usa la siguiente información:

- Base de CCPP a nivel nacional con información de población¹⁴: Formato Excel.
- Reporte de Infraestructura de celdas (en el marco de la Resolución N° 096-2015): Formato Excel.
- Polígonos de distritos (Información proporcionada por el INEI): Formato .shp.

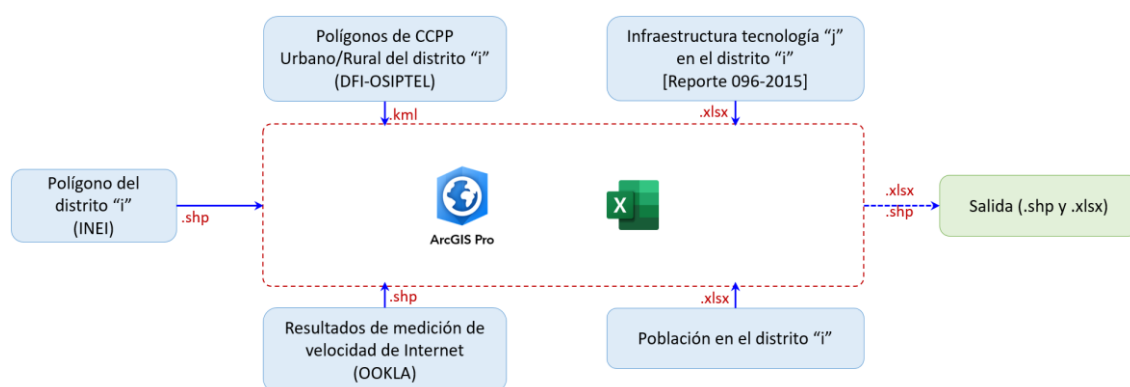
¹⁴ Disponible en: <https://www.osiptel.gob.pe/media/oddkm3da/informe-001-ce-ccpp-2020-1.xlsx>

- Polígonos de CCPP urbanos (usados por OSIPTEL en las acciones de supervisión): Formato .kml.
- Resultados de mediciones publicados por OOKLA¹⁵: Formato .shp.

La salida del modelo contiene diversas variables a nivel distrital (para el procesamiento de los archivos que se encuentran en formato georreferenciado (.shp, .kml e información con coordenadas geográficas) se usó la herramienta ArcGIS Pro):

- Sectores por tecnología/población del distrito
- Velocidad distrital (para los distritos que cuentan con resultados de las mediciones de OOKLA)
- Velocidad/Bloques de recursos 4G
- Velocidad/Bloques de recursos 4G/Área del casco urbano.

Figura N° 12.- Esquema general de entradas y salida del modelo implementado

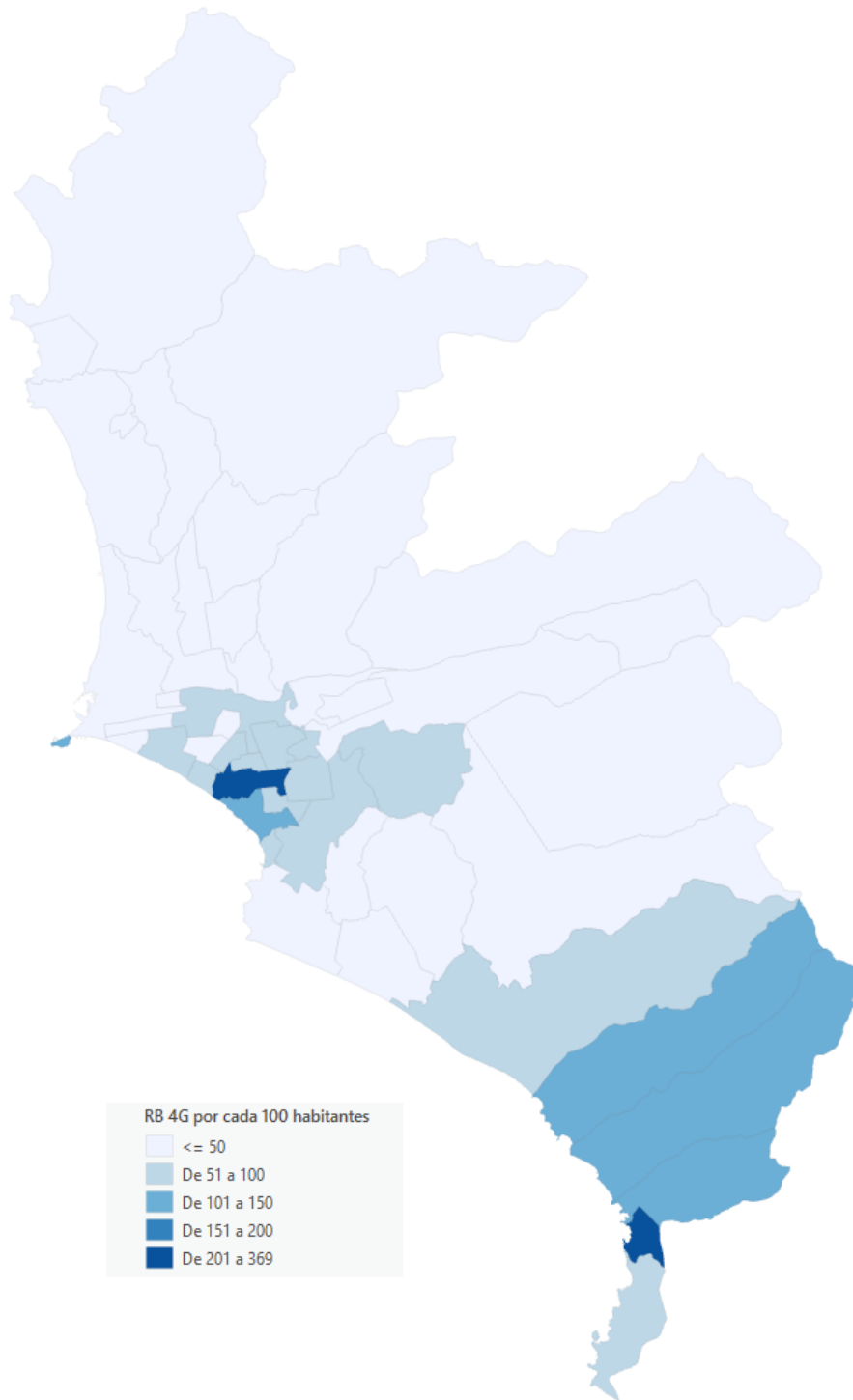


Elaboración: DPRC-OSIPTEL

En primer lugar, se calcula la relación entre los sectores desplegados a nivel distrital y la población del distrito. Para el caso de Lima Metropolitana se observa que los distritos de San Isidro, Miraflores y distritos vecinos, junto con los distritos de la zona sur (balnearios) cuentan con la mayor cantidad de RB por cada 100 habitantes. Cabe señalar que mientras existan más RB por habitante, se tendrá la potencialidad de acceder a una mayor velocidad de Internet móvil. En el Anexo N° 05 se muestran los mapas a nivel nacional para las tecnologías 2G, 3G y 4G. Cabe señalar que, esta métrica se distorsiona cuando se trata de distritos pequeños (que cuentan con menos de 1000 habitantes), por tanto en dichos casos no resulta la métrica más adecuada.

¹⁵ Disponible en: <https://www.ookla.com/ookla-for-good>

Figura N° 13.- RB 4G por cada 100 habitantes en Lima Metropolitana y el Callao (2022-II)



Elaboración: DPRC-OSIPTel usando información reportada por las empresas operadoras al OSIPTel e información del INEI.

Así, se plantea calcular la métrica de infraestructura desplegada en una determinada área geográfica. Para ello se requiere calcular el área de cada distrito, pero para eliminar distorsiones se plantea usar el área del distrito que cuenta con población. Dado que solo se tiene polígonos

del casco urbano de los CCPP urbanos¹⁶, para los CCPP rurales se asumirá un radio de 200 m a partir de las coordenadas del centro poblado. El área poblada de cada distrito se calculará sumando todas las áreas de los polígonos urbanos y rurales que pertenecen a dicho distrito (tal como se muestra en la Figura N° 14).

Figura N° 14.- Cálculo del área poblada por distrito



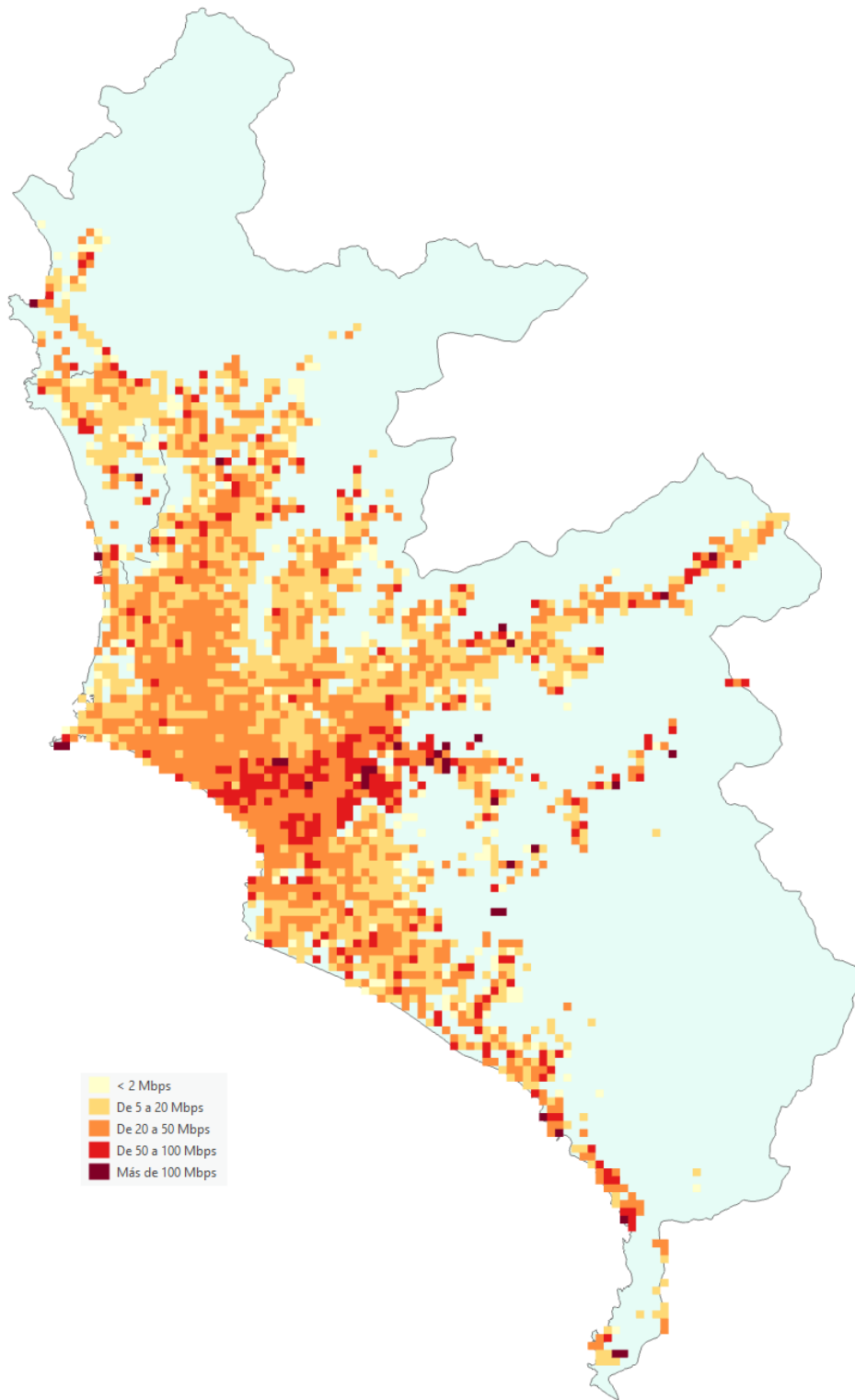
Elaboración: DPRC-OSIPTEL

Posteriormente se carga en ArcGIS Pro la información de velocidad de descarga publicada por OOKLA. Por ejemplo, la Figura N° 15 presenta un mapa con los resultados de medición de velocidad publicados por OOKLA para Lima Metropolitana y el Callao. El gráfico muestra que los distritos de San Borja, Miraflores y distritos vecinos cuentan con las mayores velocidades de descarga de la red móvil. Para obtener la velocidad distrital se interseca el archivo de velocidad (.shp) con el archivo de distritos (.shp) y se obtiene las mediciones que pertenecen a cada distrito. Posteriormente la velocidad distrital se obtiene usando la información de las mediciones de las cuadrículas proporcionadas por OOKLA.

$$Velocidad_{distrito\ "i"} = \frac{\sum_{j=1}^{j\ cuadrículas} (Velocidad_{Cuadrícula\ "j"} * Mediciones_{Cuadrícula\ "j"})}{Total\ de\ Mediciones_{distrito\ "i"}}$$

¹⁶ Información proporcionada por la Dirección de Fiscalización e Instrucción (DFI) del OSIPTEL.

Figura N° 15.- Mediciones de velocidad de OOKLA a julio de 2022

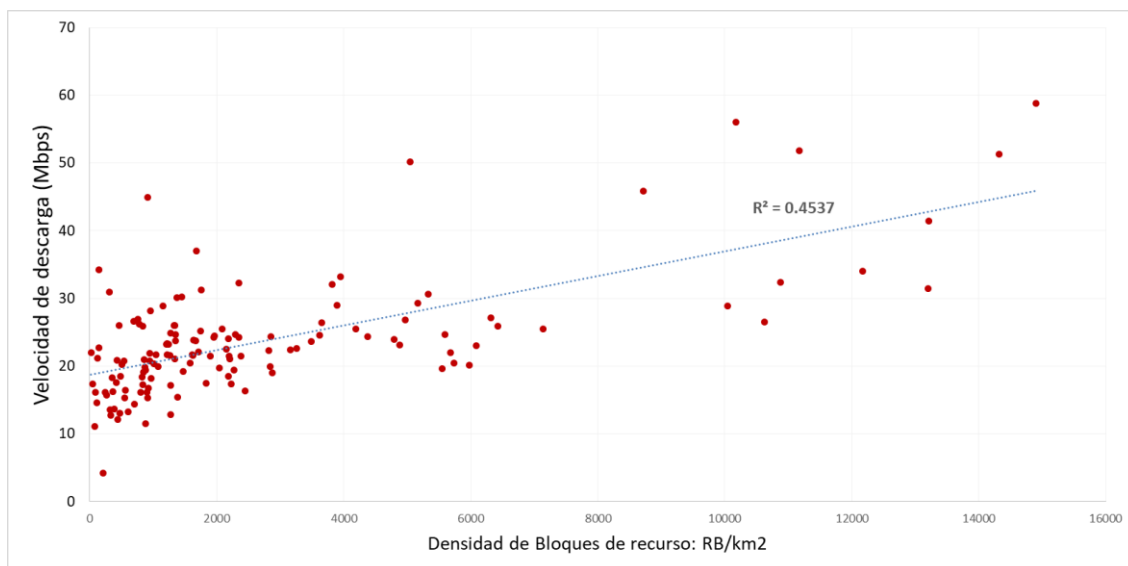


Elaboración: DPRC-OSIPTEL usando información de OOKLA.

Finalmente se correlaciona las variables de densidad de infraestructura (expresada como bloques de recurso /área poblada del distrito) con la velocidad de Internet móvil del distrito (calculada de la información de OOKLA). Los resultados evidencian que a mayor densidad de

bloques de recurso implementados (RB/km²), los usuarios disfrutaron de una mayor velocidad de acceso a Internet móvil, con correlación de 0.67 (ver Figura N° 16). Tal situación implica que, mientras una determinada área geográfica cuente con más EBC, más antenas, más celdas y más bloques de recurso, se espera que los usuarios experimenten una mayor velocidad de acceso.

Figura N° 16.- Relación entre la velocidad de descarga y la densidad de bloques de recurso (RB/km²)



Elaboración: DPRC-OSIPTEL usando información de OOKLA. La muestra considera a los distritos que en el reporte de OOKLA cuentan con al menos 200 mediciones. Cada punto es un distrito.

5. CONCLUSIONES

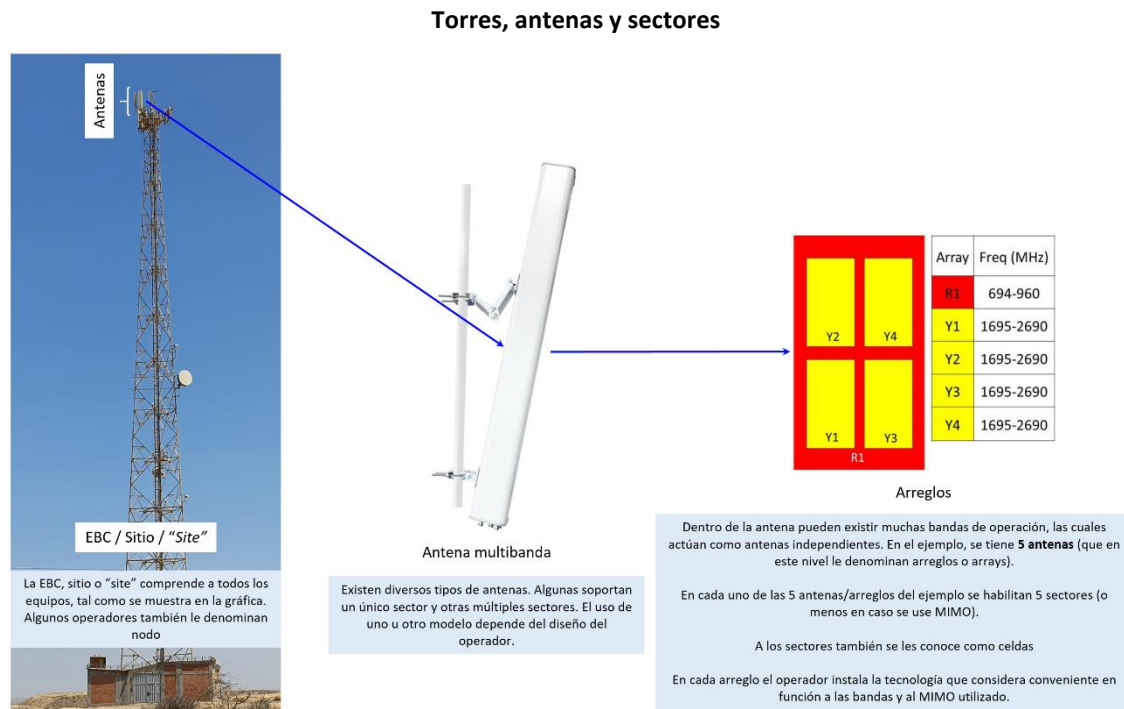
- Se evidencia una correlación positiva ($R = 0.67$) entre la densidad de infraestructura móvil con tecnología 4G (Bloques de Recurso/km²) implementada en el distrito y la velocidad de descarga experimentada por los usuarios en dicho distrito. Es decir, mientras se despliegue más EBC, más antenas, más sectores y en específico más Bloques de Recurso, hay mayor probabilidad de que los usuarios experimenten una mejor velocidad de acceso a Internet móvil.
- Por el lado de las redes de transporte, los enlaces de *backhaul* que utilizan fibra óptica presentan la menor TOE promedio (17%) frente a los enlaces de microondas (29%) y satelitales (31%).
- Se evidencia que a mayor velocidad del enlace de *backhaul*, la TOE es menor. Mientras que con enlaces de menor velocidad, la TOE es mayor.

ANEXO N° 01: TORRES/SITES, ANTENAS Y SECTORES/CELDAS

Corresponde que la terminología utilizada en el presente documento quede clara para una adecuada lectura del mismo:

- **EBC:** Estación Base Celular también conocida como sitio o “site”. Algunos operadores también le conocen como “nodo”. Visualmente se aprecia como una estructura elevada (torre, poste o similar), pero también puede no ser tan visible (por ejemplo en escenarios *indoor* o en escenarios con camuflaje).
- **Antena:** Las antenas se instalan en la parte superior de la torre. Existen diversos tipos y tamaños de antenas. Algunas soportan solo una banda de frecuencia, mientras que otras soportan múltiples bandas.
- **Arreglos:** En el caso de las antenas multibanda, internamente contienen diversos arreglos de antenas, los cuales permiten implementar múltiples sectores o celdas. Por ejemplo si hay 2 arreglos, podrían implementarse dos sectores o celdas: Una antena permitiría implementar un sector 2G y el otro arreglo permitiría implementar un sector 3G.

Para mayor detalle revisar el siguiente gráfico:

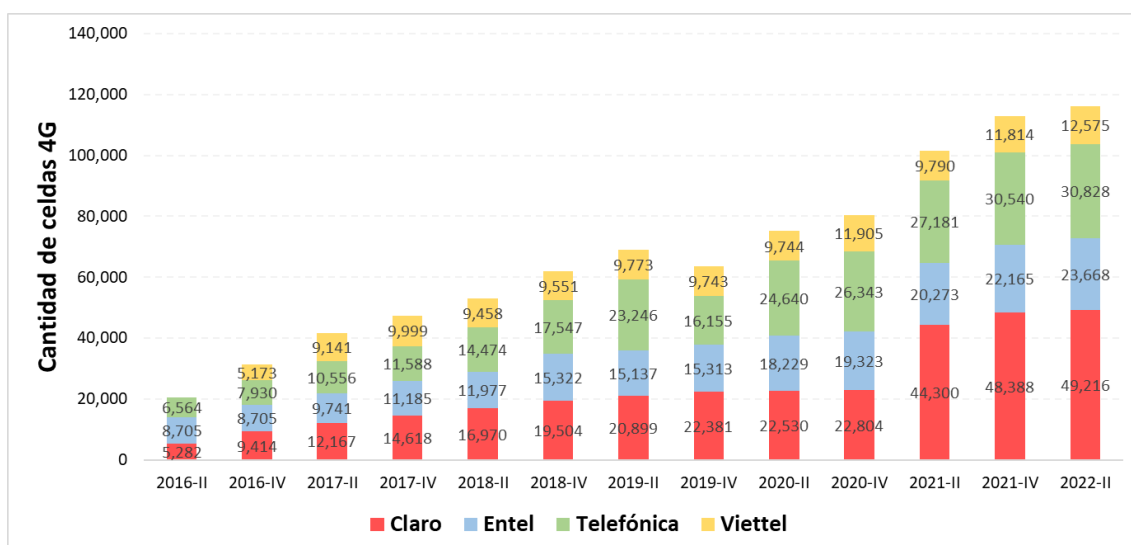
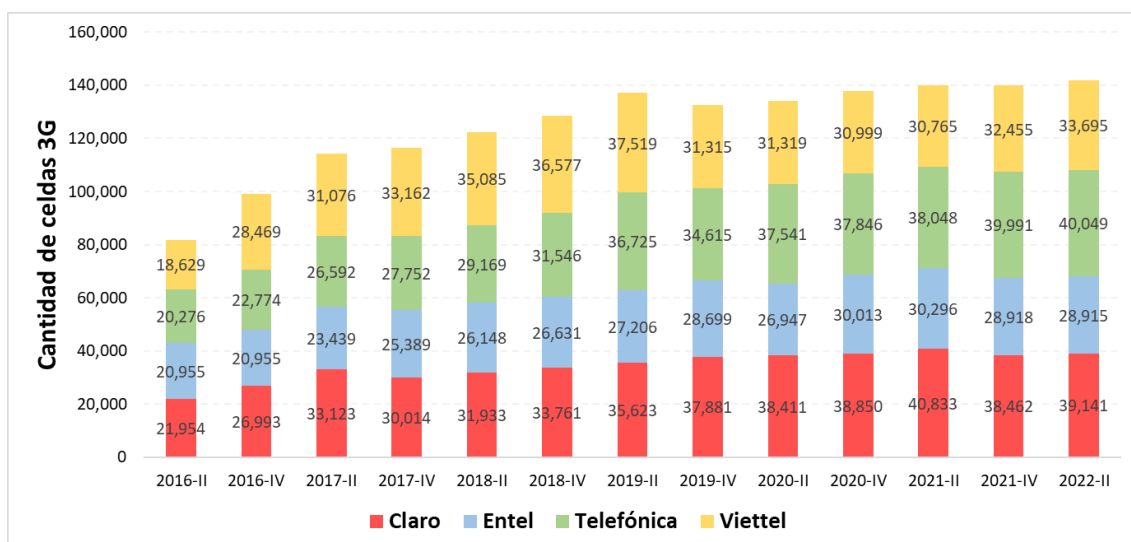
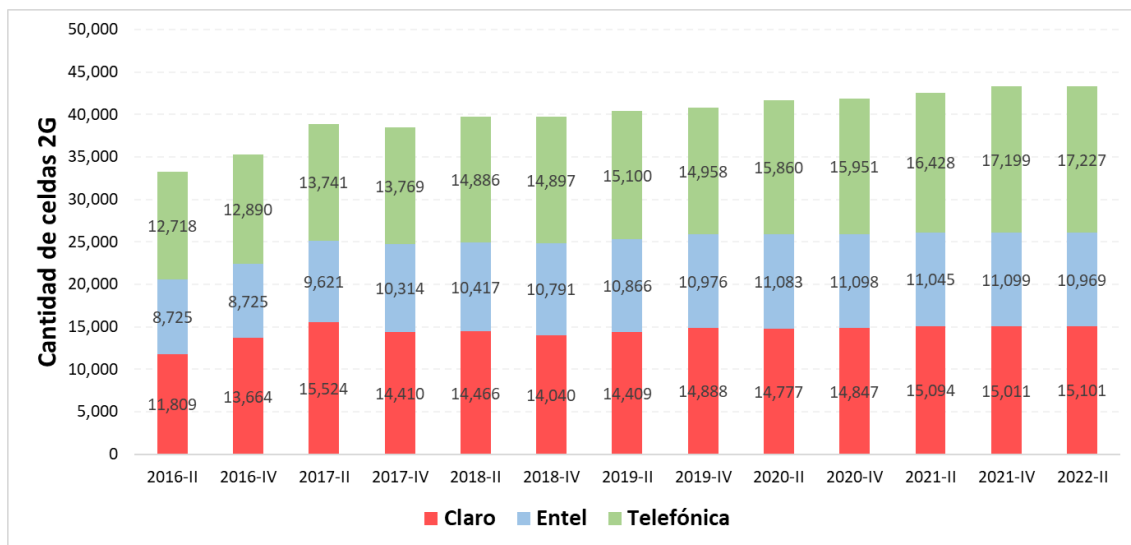


Elaboración: DPRC-OSIPTEL usando álbum del autor e información disponible en la página web de Commscope¹⁷.

¹⁷ La marca de la antena es con fines ilustrativos. Información disponible en: <https://www.commscope.com/product-type/antennas/base-station-antennas-equipment/base-station-antennas/sector/>

ANEXO N° 02: DESPLIEGUE DE SECTORES POR OPERADOR

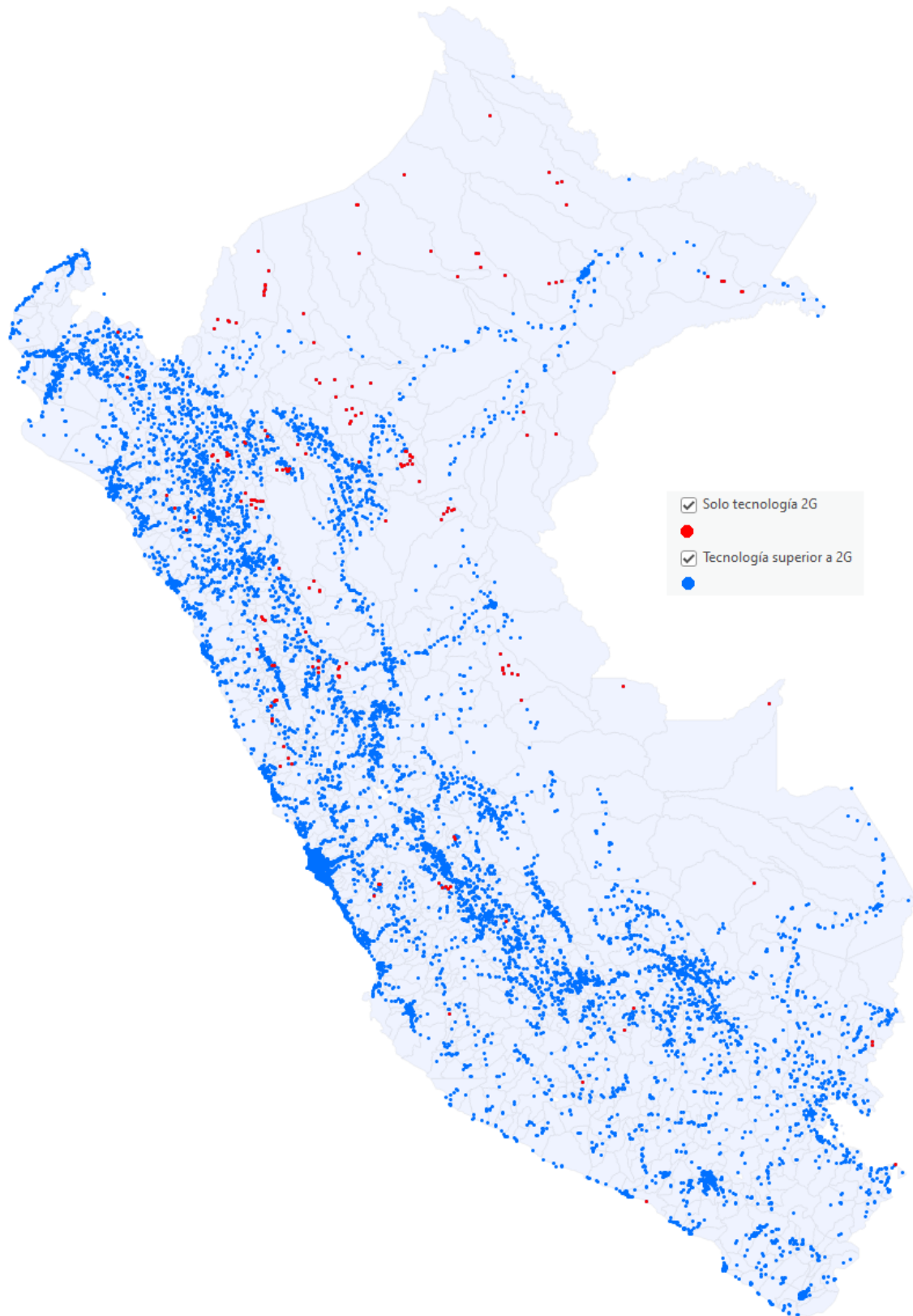
Evolución del despliegue de sectores (celdas) 2G/3G/4G por operador



Elaboración: DPRC-OSIPEL usando información reportada por las empresas operadoras al OSIPEL.

ANEXO N° 03: DESPLIEGUE DE SECTORES A NIVEL NACIONAL (Junio de 2022)

Sectores desplegados en el Perú (Junio de 2022)



Elaboración: DPRC-OSIPTEL usando información proporcionada por las empresas operadoras.

ANEXO N° 04: SECTORES POR TECNOLOGÍA, SECTORES/1000 HABITANTES Y RB 4G/1000 HABITANTES

REGIÓN-PROVINCIA	2G	3G	4G	RB 4G	Habitantes	Sectores 2G/1000 habitantes	Sectores 3G/1000 habitantes	Sectores 4G/1000 habitantes	RB 4G/1000 habitantes
AMAZONAS-BAGUA	110	176	126	9,825	76,488	1.4	2.3	1.6	128.5
AMAZONAS-BONGARA	62	134	103	7,500	26,370	2.4	5.1	3.9	284.4
AMAZONAS-CHACHAPOYAS	129	378	314	24,800	57,303	2.3	6.6	5.5	432.8
AMAZONAS-CONDORCANQUI	47	15	10	800	43,239	1.1	0.3	0.2	18.5
AMAZONAS-LUYA	74	138	88	6,575	45,664	1.6	3.0	1.9	144.0
AMAZONAS-RODRIGUEZ DE MENDOZA	52	73	61	4,550	31,763	1.6	2.3	1.9	143.2
AMAZONAS-UTCUBAMBA	134	275	231	17,400	107,487	1.2	2.6	2.1	161.9
ANCASH-AIJA	18	28	17	1,175	6,809	2.6	4.1	2.5	172.6
ANCASH-ANTONIO RAYMONDI	31	49	36	2,625	13,765	2.3	3.6	2.6	190.7
ANCASH-ASUNCION	3	24	21	1,550	7,530	0.4	3.2	2.8	205.8
ANCASH-BOLOGNESI	65	146	87	6,075	24,497	2.7	6.0	3.6	248.0
ANCASH-CARHUAZ	37	132	85	5,965	46,516	0.8	2.8	1.8	128.2
ANCASH-CARLOS FERMIN FITZCARRALD	28	56	31	2,350	18,374	1.5	3.0	1.7	127.9
ANCASH-CASMA	74	236	170	13,065	51,891	1.4	4.5	3.3	251.8
ANCASH-CORONGO	19	36	25	1,800	7,649	2.5	4.7	3.3	235.3
ANCASH-HUARAZ	255	755	590	46,775	164,858	1.5	4.6	3.6	283.7
ANCASH-HUARI	136	328	250	17,190	59,407	2.3	5.5	4.2	289.4
ANCASH-HUARMHEY	71	160	130	10,350	30,664	2.3	5.2	4.2	337.5
ANCASH-HUAYLAS	63	126	101	7,450	51,874	1.2	2.4	1.9	143.6
ANCASH-MARISCAL LUZURIAGA	31	47	43	3,275	21,040	1.5	2.2	2.0	155.7
ANCASH-OCROS	36	38	29	2,225	7,564	4.8	5.0	3.8	294.2
ANCASH-PALLASCA	47	113	69	4,900	24,279	1.9	4.7	2.8	201.8
ANCASH-POMABAMBA	21	59	52	4,225	25,608	0.8	2.3	2.0	165.0
ANCASH-RECUAY	39	97	78	5,800	17,716	2.2	5.5	4.4	327.4
ANCASH-SANTA	586	1,933	1,543	122,475	436,733	1.3	4.4	3.5	280.4
ANCASH-SIHUAS	38	68	56	4,375	27,409	1.4	2.5	2.0	159.6
ANCASH-YUNGAY	54	163	86	6,195	51,737	1.0	3.2	1.7	119.7
APURÍMAC-ABANCAY	163	517	372	28,200	112,523	1.4	4.6	3.3	250.6
APURÍMAC-ANDAHUAYLAS	248	644	548	39,750	146,243	1.7	4.4	3.7	271.8
APURÍMAC-ANTABAMBA	24	79	43	3,250	11,438	2.1	6.9	3.8	284.1
APURÍMAC-AYMARAE	94	221	150	11,025	25,393	3.7	8.7	5.9	434.2
APURÍMAC-CHINCHEROS	67	171	160	11,775	46,607	1.4	3.7	3.4	252.6
APURÍMAC-COTABAMBAS	77	243	224	15,375	52,850	1.5	4.6	4.2	290.9
APURÍMAC-GRAU	50	79	74	5,600	21,864	2.3	3.6	3.4	256.1
AREQUIPA-AREQUIPA	1,791	6,216	5,379	403,040	1,088,151	1.6	5.7	4.9	370.4
AREQUIPA-CAMANA	117	339	302	22,675	62,724	1.9	5.4	4.8	361.5
AREQUIPA-CARAVELI	131	263	236	17,650	45,565	2.9	5.8	5.2	387.4
AREQUIPA-CASTILLA	90	218	154	11,035	35,804	2.5	6.1	4.3	308.2
AREQUIPA-CAYLLOMA	175	452	404	30,650	90,749	1.9	5.0	4.5	337.7
AREQUIPA-CONDESUYOS	65	96	90	6,005	17,035	3.8	5.6	5.3	352.5
AREQUIPA-ISLAY	118	331	349	27,530	53,857	2.2	6.1	6.5	511.2
AREQUIPA-LA UNION	47	69	59	3,940	13,188	3.6	5.2	4.5	298.8
AYACUCHO-CANGALLO	51	126	100	7,175	31,959	1.6	3.9	3.1	224.5
AYACUCHO-HUAMANGA	403	1,584	1,126	84,970	289,649	1.4	5.5	3.9	293.4
AYACUCHO-HUANCA SANCOS	18	43	34	2,575	8,837	2.0	4.9	3.8	291.4
AYACUCHO-HUANTA	108	351	320	23,880	92,521	1.2	3.8	3.5	258.1
AYACUCHO-LA MAR	95	331	267	20,100	76,840	1.2	4.3	3.5	261.6
AYACUCHO-LUCANAS	103	237	172	12,525	52,841	1.9	4.5	3.3	237.0
AYACUCHO-PARINACOCAS	49	83	65	4,875	28,015	1.7	3.0	2.3	174.0
AYACUCHO-PAUCAR DEL SARA SARA	44	71	65	4,850	9,661	4.6	7.3	6.7	502.0
AYACUCHO-SUCRE	44	97	75	5,750	10,003	4.4	9.7	7.5	574.8
AYACUCHO-VICTOR FAJARDO	55	112	78	5,450	20,364	2.7	5.5	3.8	267.6
AYACUCHO-VILCAS HUAMAN	44	127	95	6,700	17,976	2.4	7.1	5.3	372.7
CAJAMARCA-CAJABAMBA	64	175	142	10,575	75,875	0.8	2.3	1.9	139.4

CAJAMARCA-CAJAMARCA	478	1,499	1,302	98,690	355,506	1.3	4.2	3.7	277.6
CAJAMARCA-CELENDIN	87	200	154	11,220	80,228	1.1	2.5	1.9	139.9
CAJAMARCA-CHOTA	175	363	287	21,350	145,551	1.2	2.5	2.0	146.7
CAJAMARCA-CONTUMAZA	64	146	110	7,720	28,234	2.3	5.2	3.9	273.4
CAJAMARCA-CUTERVO	146	230	186	13,525	121,653	1.2	1.9	1.5	111.2
CAJAMARCA-HUALGAYOC	74	227	165	12,415	78,882	0.9	2.9	2.1	157.4
CAJAMARCA-JAEN	226	606	470	37,175	186,509	1.2	3.2	2.5	199.3
CAJAMARCA-SAN IGNACIO	127	208	178	14,325	130,392	1.0	1.6	1.4	109.9
CAJAMARCA-SAN MARCOS	38	103	61	4,650	49,185	0.8	2.1	1.2	94.5
CAJAMARCA-SAN MIGUEL	54	116	76	5,600	46,847	1.2	2.5	1.6	119.5
CAJAMARCA-SAN PABLO	24	36	33	2,425	21,600	1.1	1.7	1.5	112.3
CAJAMARCA-SANTA CRUZ	58	123	88	7,000	38,633	1.5	3.2	2.3	181.2
CALLAO-CALLAO	1,226	4,806	3,800	293,250	994,494	1.2	4.8	3.8	294.9
CUSCO-ACOMAYO	44	134	85	6,250	24,470	1.8	5.5	3.5	255.4
CUSCO-ANTA	68	222	170	12,320	59,488	1.1	3.7	2.9	207.1
CUSCO-CALCA	108	230	206	15,340	68,144	1.6	3.4	3.0	225.1
CUSCO-CANAS	36	114	73	5,400	37,713	1.0	3.0	1.9	143.2
CUSCO-CANCHIS	82	320	270	20,505	102,933	0.8	3.1	2.6	199.2
CUSCO-CHUMBIVILCAS	71	214	163	11,850	71,905	1.0	3.0	2.3	164.8
CUSCO-CUSCO	681	2,463	2,221	165,570	453,325	1.5	5.4	4.9	365.2
CUSCO-ESPINAR	69	249	217	15,850	62,627	1.1	4.0	3.5	253.1
CUSCO-LA CONVENCION	262	540	524	39,010	158,753	1.7	3.4	3.3	245.7
CUSCO-PARURO	55	118	102	7,500	27,354	2.0	4.3	3.7	274.2
CUSCO-PAUCARTAMBO	58	115	100	7,750	45,000	1.3	2.6	2.2	172.2
CUSCO-QUISPICANCHI	125	333	240	18,425	94,980	1.3	3.5	2.5	194.0
CUSCO-URUBAMBA	126	323	275	20,860	63,009	2.0	5.1	4.4	331.1
HUANCAVELICA-ACOBAMBA	88	210	168	11,900	44,862	2.0	4.7	3.7	265.3
HUANCAVELICA-ANGARAES	77	209	167	12,390	51,261	1.5	4.1	3.3	241.7
HUANCAVELICA-CASTROVIRREYNA	61	91	81	6,300	14,812	4.1	6.1	5.5	425.3
HUANCAVELICA-CHURCAMPA	54	139	103	7,295	36,418	1.5	3.8	2.8	200.3
HUANCAVELICA-HUANCAVELICA	185	524	416	32,550	117,231	1.6	4.5	3.5	277.7
HUANCAVELICA-HUAYTARA	58	102	78	5,975	18,078	3.2	5.6	4.3	330.5
HUANCAVELICA-TAYACAJA	161	390	285	20,550	83,574	1.9	4.7	3.4	245.9
HUÁNUCO-AMBO	79	204	174	12,950	53,205	1.5	3.8	3.3	243.4
HUÁNUCO-DOS DE MAYO	28	125	63	4,275	34,434	0.8	3.6	1.8	124.2
HUÁNUCO-HUACAYBAMBA	22	35	29	2,150	16,689	1.3	2.1	1.7	128.8
HUÁNUCO-HUAMALIES	54	172	88	6,025	54,710	1.0	3.1	1.6	110.1
HUÁNUCO-HUÁNUCO	397	1,204	1,002	74,305	299,197	1.3	4.0	3.3	248.3
HUÁNUCO-LAURICOCHA	35	63	54	3,575	21,344	1.6	3.0	2.5	167.5
HUÁNUCO-LEONCIO PRADO	166	505	347	26,725	131,323	1.3	3.8	2.6	203.5
HUÁNUCO-MARAÑON	23	40	46	3,350	28,215	0.8	1.4	1.6	118.7
HUÁNUCO-PACHITEA	58	108	122	9,025	52,419	1.1	2.1	2.3	172.2
HUÁNUCO-PUERTO INCA	49	69	58	4,125	33,755	1.5	2.0	1.7	122.2
HUÁNUCO-YAROWILCA	28	75	37	2,625	21,558	1.3	3.5	1.7	121.8
ICA-CHINCHA	304	1,110	975	79,120	228,211	1.3	4.9	4.3	346.7
ICA-ICA	550	1,903	1,623	127,750	396,274	1.4	4.8	4.1	322.4
ICA-NASCA	112	371	401	30,675	69,902	1.6	5.3	5.7	438.8
ICA-PALPA	24	62	61	4,750	13,754	1.7	4.5	4.4	345.4
ICA-PISCO	212	711	575	46,025	154,076	1.4	4.6	3.7	298.7
JUNÍN-CHANCHAMAYO	161	567	397	30,025	153,962	1.0	3.7	2.6	195.0
JUNÍN-CHUPACA	61	218	178	13,470	54,077	1.1	4.0	3.3	249.1
JUNÍN-CONCEPCION	80	210	151	11,300	58,522	1.4	3.6	2.6	193.1
JUNÍN-HUANCAYO	690	2,501	1,903	146,525	565,784	1.2	4.4	3.4	259.0
JUNÍN-JAUJA	98	338	249	18,140	85,708	1.1	3.9	2.9	211.6
JUNÍN-JUNÍN	33	98	75	6,050	23,994	1.4	4.1	3.1	252.1
JUNÍN-SATIPO	156	434	380	28,235	214,926	0.7	2.0	1.8	131.4
JUNÍN-TARMA	159	414	298	22,805	91,259	1.7	4.5	3.3	249.9
JUNÍN-YAULI	133	281	225	16,950	41,839	3.2	6.7	5.4	405.1
LA LIBERTAD-ASCOPE	170	473	364	29,000	116,981	1.5	4.0	3.1	247.9
LA LIBERTAD-BOLIVAR	38	43	35	2,600	14,859	2.6	2.9	2.4	175.0

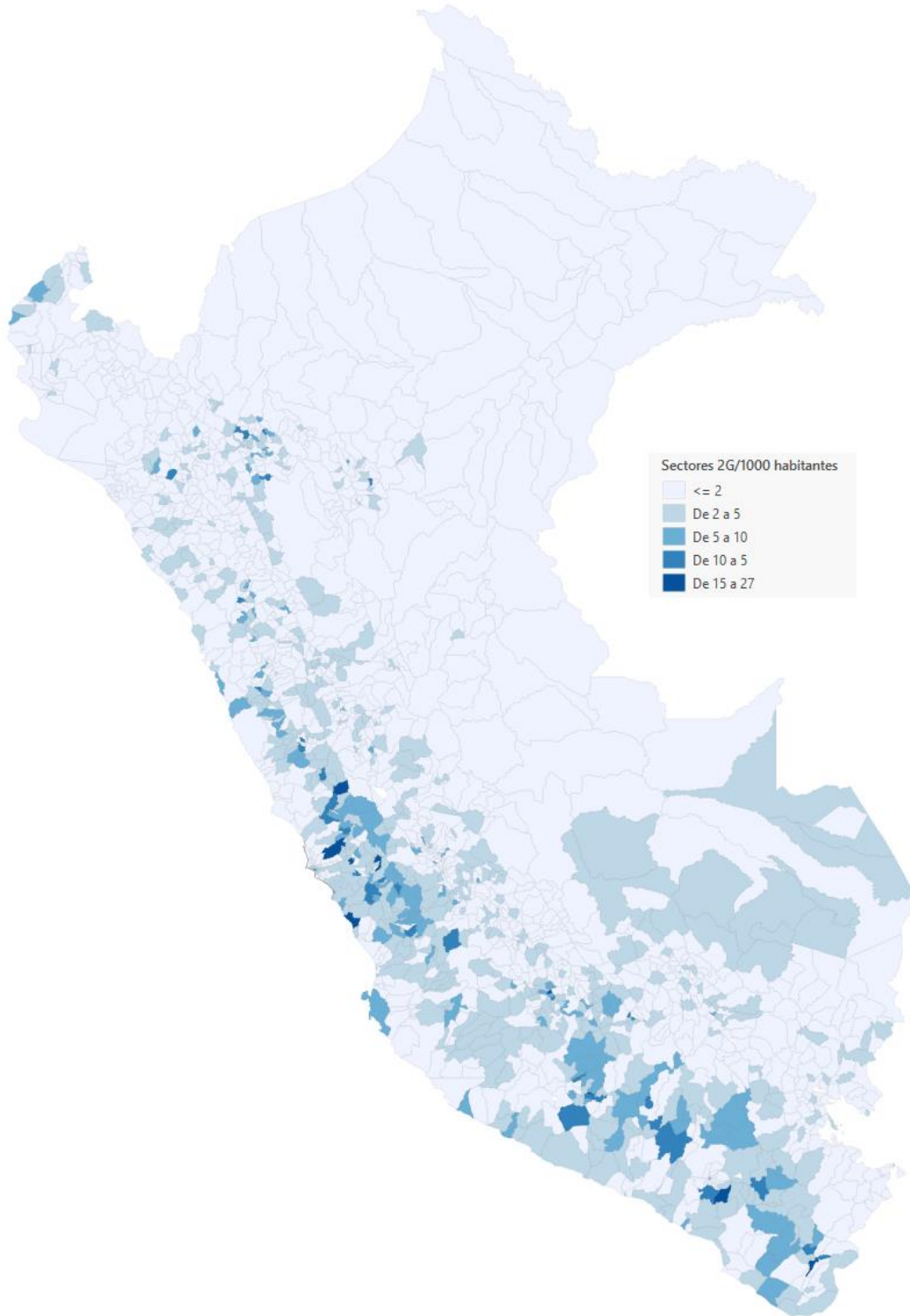
LA LIBERTAD-CHEPEN	110	285	219	17,425	80,200	1.4	3.6	2.7	217.3
LA LIBERTAD-GRAN CHIMU	38	79	63	4,450	27,300	1.4	2.9	2.3	163.0
LA LIBERTAD-JULCAN	49	71	63	4,425	28,324	1.7	2.5	2.2	156.2
LA LIBERTAD-OTUZCO	104	219	150	11,590	78,586	1.3	2.8	1.9	147.5
LA LIBERTAD-PACASMAYO	149	406	314	24,725	103,278	1.4	3.9	3.0	239.4
LA LIBERTAD-PATAZ	119	154	235	17,020	79,000	1.5	1.9	3.0	215.4
LA LIBERTAD-SANCHEZ CARRION	168	434	318	22,725	146,926	1.1	3.0	2.2	154.7
LA LIBERTAD-SANTIAGO DE CHUCO	82	229	145	9,975	51,898	1.6	4.4	2.8	192.2
LA LIBERTAD-TRUJILLO	1,406	4,603	4,210	325,265	972,870	1.4	4.7	4.3	334.3
LA LIBERTAD-VIRU	122	466	381	30,650	92,157	1.3	5.1	4.1	332.6
LAMBAYEQUE-CHICLAYO	1,033	3,294	2,976	240,015	808,854	1.3	4.1	3.7	296.7
LAMBAYEQUE-FERREÑAFE	79	256	180	13,125	100,185	0.8	2.6	1.8	131.0
LAMBAYEQUE-LAMBAYEQUE	321	1,000	760	57,700	304,369	1.1	3.3	2.5	189.6
LIMA-BARRANCA	209	657	554	42,620	144,899	1.4	4.5	3.8	294.1
LIMA-CAJATAMBO	23	22	55	4,875	6,746	3.4	3.3	8.2	722.7
LIMA-CANTA	49	130	135	11,100	11,988	4.1	10.8	11.3	925.9
LIMA-CAÑETE	670	2,199	1,694	133,680	245,433	2.7	9.0	6.9	544.7
LIMA-HUARAL	293	853	735	59,870	188,284	1.6	4.5	3.9	318.0
LIMA-HUAROCHIRI	253	480	428	34,500	60,794	4.2	7.9	7.0	567.5
LIMA-HUAURA	369	993	888	68,770	231,334	1.6	4.3	3.8	297.3
LIMA-LIMA	13,795	52,978	44,136	3,376,580	8,579,913	1.6	6.2	5.1	393.5
LIMA-OYON	60	103	119	9,550	18,056	3.3	5.7	6.6	528.9
LIMA-YAUYOS	118	67	177	15,875	21,485	5.5	3.1	8.2	738.9
LORETO-ALTO AMAZONAS	100	241	148	11,100	124,382	0.8	1.9	1.2	89.2
LORETO-DATEM DEL MARAÑON	31	22	6	325	53,868	0.6	0.4	0.1	6.0
LORETO-LORETO	44	101	37	2,875	63,861	0.7	1.6	0.6	45.0
LORETO-MARISCAL RAMON CASTILLA	33	54	11	775	50,757	0.7	1.1	0.2	15.3
LORETO-MAYNAS	420	1,762	1,160	86,130	485,229	0.9	3.6	2.4	177.5
LORETO-PUTUMAYO	3	3	0	0	7,973	0.4	0.4	0.0	0.0
LORETO-REQUENA	41	112	63	4,625	59,091	0.7	1.9	1.1	78.3
LORETO-UCAYALI	52	72	48	3,725	56,524	0.9	1.3	0.8	65.9
MADRE DE DIOS-MANU	60	133	103	7,300	20,405	2.9	6.5	5.0	357.8
MADRE DE DIOS-TAHUAMANU	33	107	68	4,800	10,976	3.0	9.7	6.2	437.3
MADRE DE DIOS-TAMBOPATA	268	786	641	48,575	113,533	2.4	6.9	5.6	427.8
MOQUEGUA-GENERAL SANCHEZ CERRO	54	70	77	5,525	16,171	3.3	4.3	4.8	341.7
MOQUEGUA-ILO	121	404	392	30,750	74,843	1.6	5.4	5.2	410.9
MOQUEGUA-MARISCAL NIETO	190	627	511	38,250	86,506	2.2	7.2	5.9	442.2
PASCO-DANIEL ALCIDES CARRION	51	135	92	6,650	44,923	1.1	3.0	2.0	148.0
PASCO-OXAPAMPA	145	279	259	19,475	93,877	1.5	3.0	2.8	207.5
PASCO-PASCO	216	753	504	37,325	127,778	1.7	5.9	3.9	292.1
PIURA-AYABACA	151	204	169	12,375	123,086	1.2	1.7	1.4	100.5
PIURA-HUANCABAMBA	98	138	142	10,550	112,150	0.9	1.2	1.3	94.1
PIURA-MORROPON	141	527	331	25,105	164,567	0.9	3.2	2.0	152.6
PIURA-PAITA	149	546	493	40,325	130,634	1.1	4.2	3.8	308.7
PIURA-PIURA	880	2,955	2,585	210,715	807,085	1.1	3.7	3.2	261.1
PIURA-SECHURA	117	346	240	19,400	79,657	1.5	4.3	3.0	243.5
PIURA-SULLANA	282	1,080	845	66,700	315,191	0.9	3.4	2.7	211.6
PIURA-TALARA	208	686	587	45,335	144,414	1.4	4.8	4.1	313.9
PUNO-AZANGARO	150	391	283	20,900	114,865	1.3	3.4	2.5	182.0
PUNO-CARABAYA	79	214	134	9,020	76,082	1.0	2.8	1.8	118.6
PUNO-CHUCUITO	86	261	180	12,975	97,434	0.9	2.7	1.8	133.2
PUNO-EL COLLAO	52	207	132	9,800	66,815	0.8	3.1	2.0	146.7
PUNO-HUANCANE	63	170	103	7,300	61,897	1.0	2.7	1.7	117.9
PUNO-LAMPA	63	158	147	10,495	42,648	1.5	3.7	3.4	246.1
PUNO-MELGAR	84	235	172	11,910	69,480	1.2	3.4	2.5	171.4
PUNO-MOHO	28	66	54	4,050	20,845	1.3	3.2	2.6	194.3
PUNO-PUNO	303	963	762	58,395	225,863	1.3	4.3	3.4	258.5
PUNO-SAN ANTONIO DE PUTINA	79	227	202	15,375	39,646	2.0	5.7	5.1	387.8
PUNO-SAN ROMAN	405	1,468	1,317	101,730	308,974	1.3	4.8	4.3	329.3
PUNO-SANDIA	95	158	146	9,660	56,187	1.7	2.8	2.6	171.9

PUNO-YUNGUYO	33	118	78	5,700	40,624	0.8	2.9	1.9	140.3
SAN MARTÍN-BELLAVISTA	46	144	76	5,700	56,887	0.8	2.5	1.3	100.2
SAN MARTÍN-EL DORADO	47	90	63	4,675	38,936	1.2	2.3	1.6	120.1
SAN MARTÍN-HUALLAGA	15	47	36	2,575	28,855	0.5	1.6	1.2	89.2
SAN MARTÍN-LAMAS	121	240	167	11,365	84,424	1.4	2.8	2.0	134.6
SAN MARTÍN-MARISCAL CACERES	59	185	128	9,250	66,140	0.9	2.8	1.9	139.9
SAN MARTÍN-MOYOBAMBA	138	501	338	25,070	124,083	1.1	4.0	2.7	202.0
SAN MARTÍN-PICOTA	46	121	69	5,250	42,956	1.1	2.8	1.6	122.2
SAN MARTÍN-RIOJA	118	428	268	19,110	122,128	1.0	3.5	2.2	156.5
SAN MARTÍN-SAN MARTÍN	323	957	714	54,140	194,015	1.7	4.9	3.7	279.1
SAN MARTÍN-TOCACHE	68	254	152	10,935	74,526	0.9	3.4	2.0	146.7
TACNA-CANDARAVE	28	57	44	3,100	6,172	4.5	9.2	7.1	502.3
TACNA-JORGE BASADRE	75	165	136	10,325	10,836	6.9	15.2	12.6	952.8
TACNA-TACNA	465	1,811	1,334	100,060	308,239	1.5	5.9	4.3	324.6
TACNA-TARATA	23	56	39	2,825	6,139	3.7	9.1	6.4	460.2
TUMBES-CONTRALMIRANTE VILLAR	79	228	169	13,175	21,126	3.7	10.8	8.0	623.6
TUMBES-TUMBES	170	604	520	40,540	157,911	1.1	3.8	3.3	256.7
TUMBES-ZARUMILLA	52	222	156	12,225	49,502	1.1	4.5	3.2	247.0
UCAYALI-ATALAYA	38	65	67	5,800	50,873	0.7	1.3	1.3	114.0
UCAYALI-CORONEL PORTILLO	418	1,530	1,228	94,660	398,249	1.0	3.8	3.1	237.7
UCAYALI-PADRE ABAD	80	243	147	11,000	61,025	1.3	4.0	2.4	180.3
UCAYALI-PURUS	3	0	0	0	2,931	1.0	0.0	0.0	0.0

ANEXO N° 05: DESPLIEGUE DE SECTORES A NIVEL DISTRITAL (Junio de 2022)

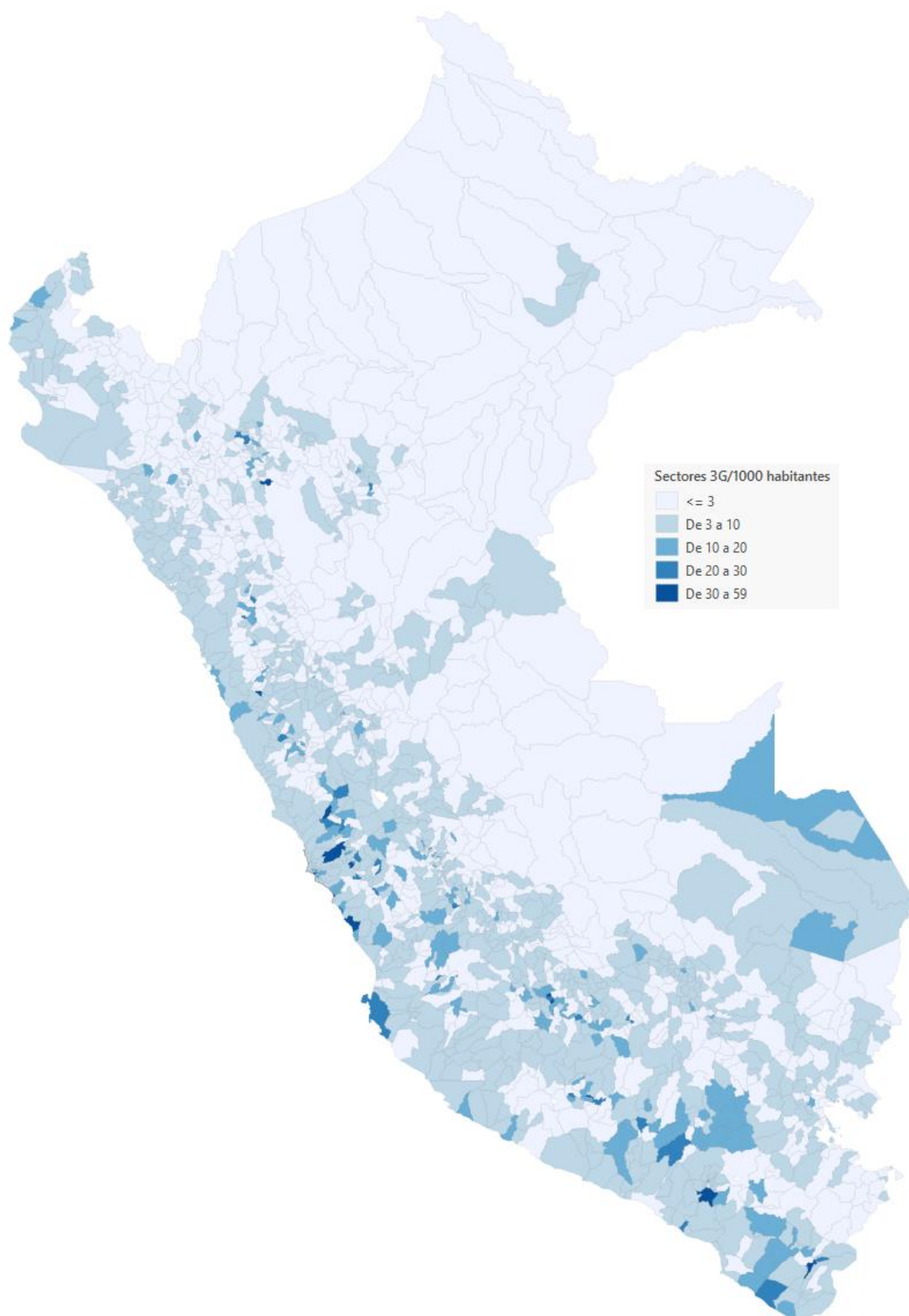
Los mapas del presente anexo muestran la infraestructura respecto a la población. Se podrían generar distorsiones en distritos con muy pocos habitantes (por ejemplo, para distritos con población menor o igual a 1000 habitantes). Estos mapas se deben leer en conjunto con los mapas de población del Anexo N° 05.

Sectores 2G por cada 1000 habitantes (Junio de 2022)



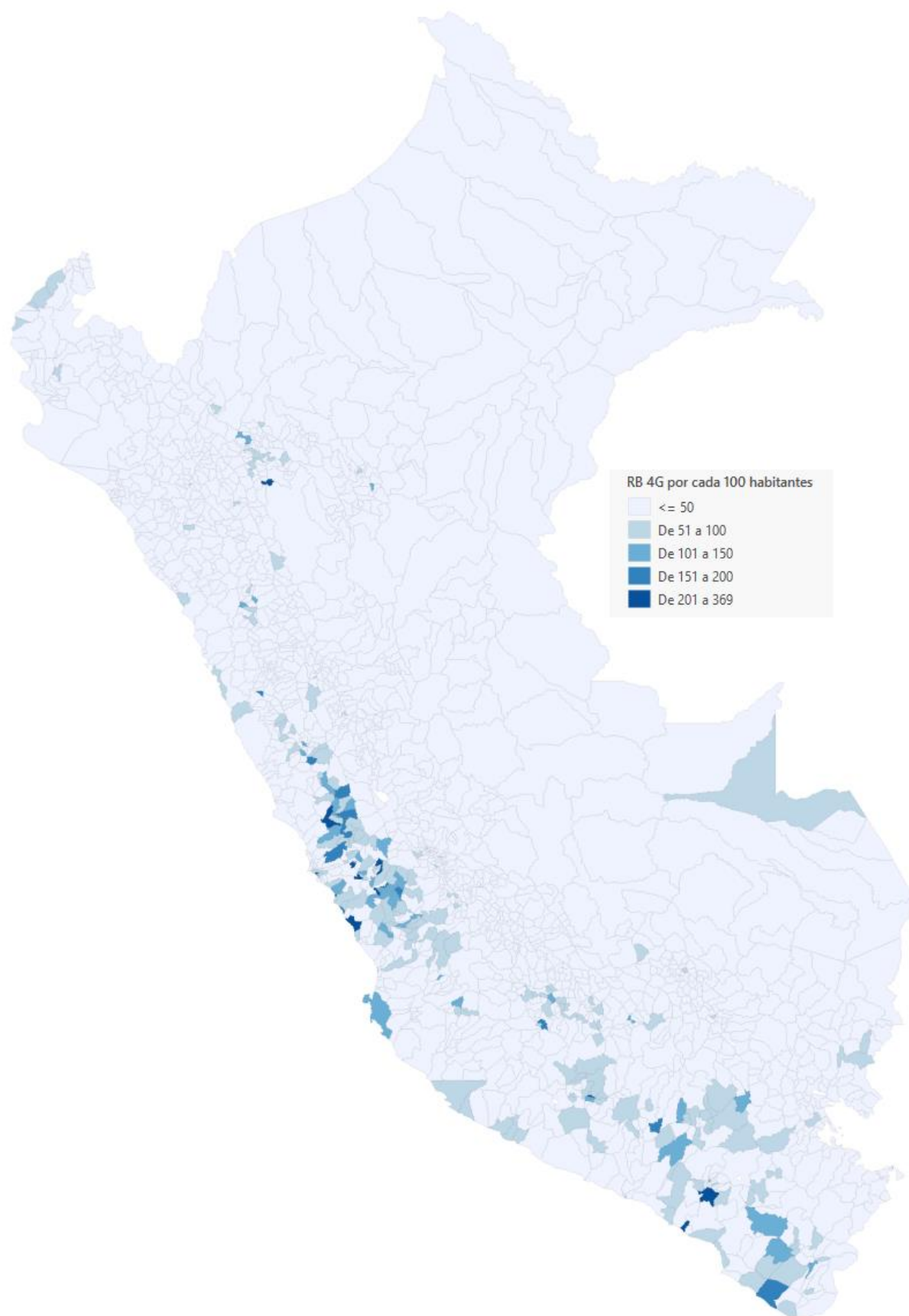
Elaboración: DPRC-OSIPTEL usando información proporcionada por el INEI y las empresas operadoras.

Sectores 3G por cada 1000 habitantes (Junio de 2022)



Elaboración: DPRC-OSIPTEL usando información proporcionada por el INEI y las empresas operadoras.

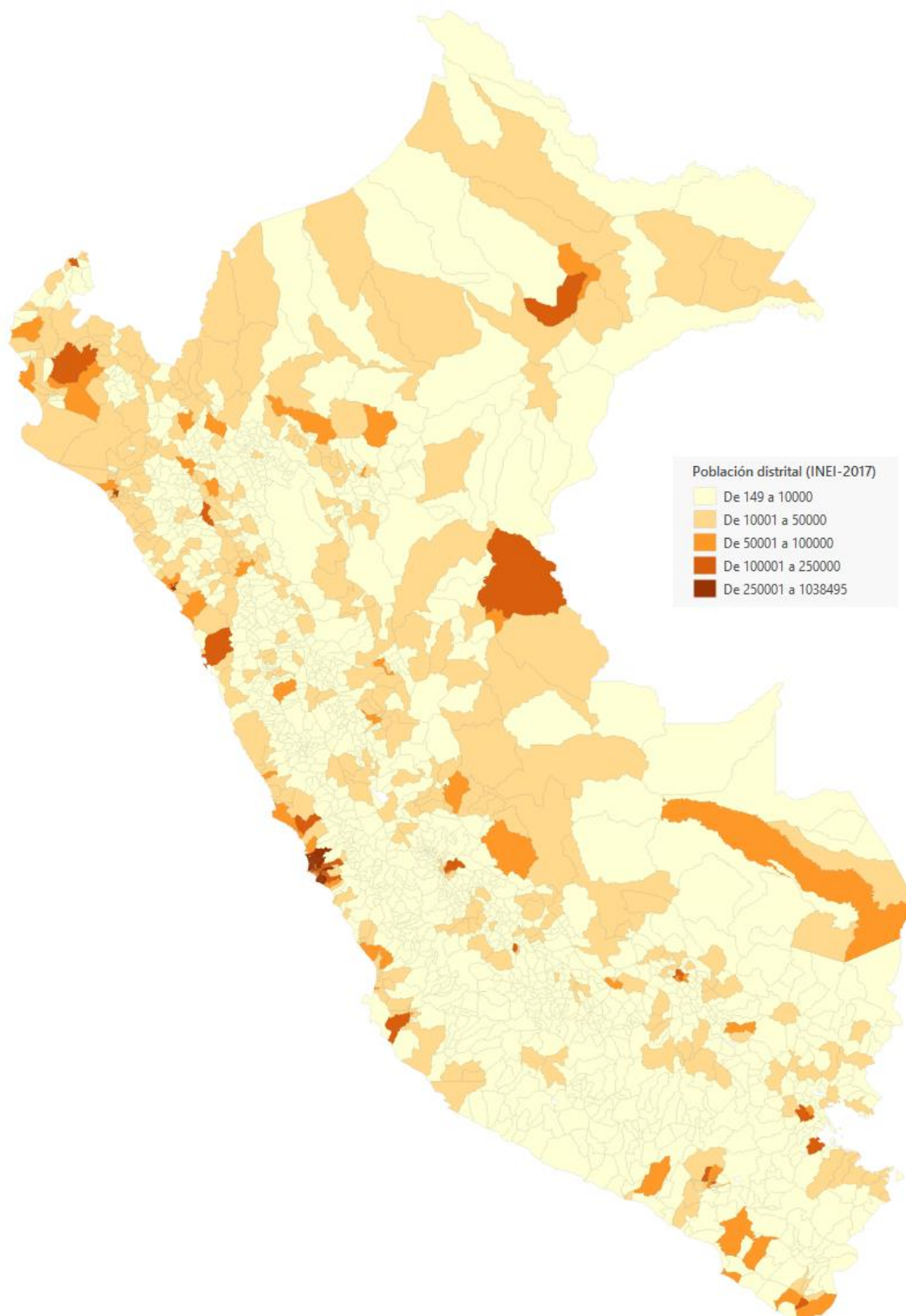
Bloques de Recurso (RB) 4G por cada 100 habitantes (Junio de 2022)



Elaboración: DPRC-OSIPTEL usando información proporcionada por el INEI y las empresas operadoras.

ANEXO N° 06: DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN A NIVEL DISTRITAL

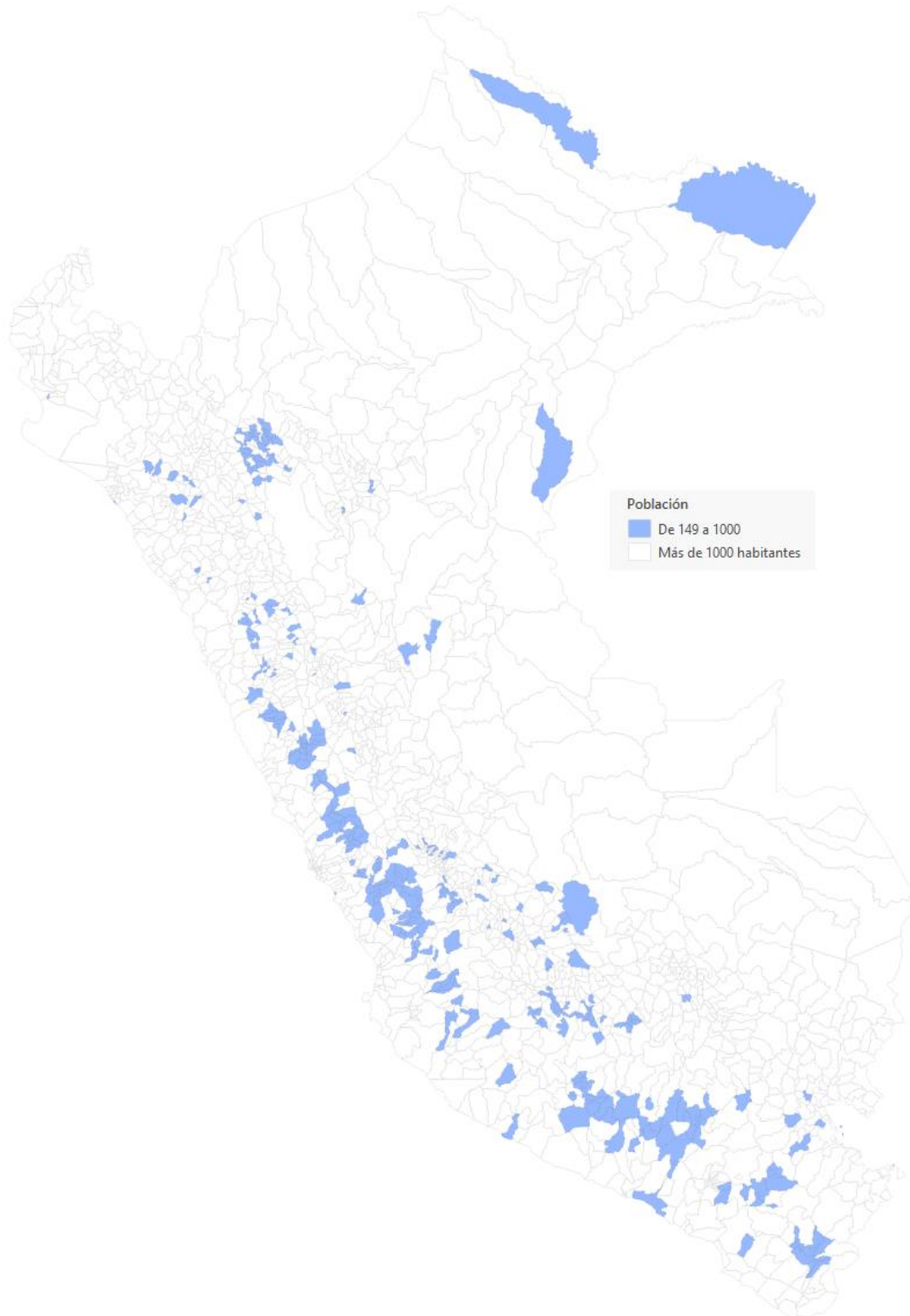
Distribución de la población distrital (2017)



Elaboración: DPRC-OSIPTEL usando información proporcionada por el INEI.

Se observa que hay 286 distritos que cuentan con menos de 1000 habitantes. Los mapas del Anexo N° 04 se deben leer en conjunto con este mapa.

286 distritos con menos de 1000 habitantes (2017)



Elaboración: DPRC-OSIPTEL usando información proporcionada por el INEI.