

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO



**Título**

**REDES NACIONALES DE BANDA ANCHA EN EL PERÚ: ESCENARIOS AL  
2030**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN GESTIÓN  
Y POLÍTICA DE LA INNOVACIÓN Y LA TECNOLOGÍA**

**AUTOR**

Hugo Alfonso Rosas Lozada

**ASESOR**

Carlos Guillermo Hernández Cenzano

Agosto, 2021

## RESUMEN

El Estado Peruano inició el año 2012 un considerable impulso a la infraestructura de red nacional de banda ancha con la finalidad de masificar el uso de Internet en todo el territorio. En ese sentido, el año 2016 entró en operación la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RNDFO) y posteriormente los 21 Proyectos Regionales de Banda Ancha, redes que totalizan más de 40 mil km de fibra óptica en redes de transporte, distribución y acceso. Sin embargo, a mayo del 2021, solo el 3.2% de estas redes están en uso. El presente estudio exploratorio, examina las causas del escaso uso de la red, y utiliza la prospectiva para identificar escenarios futuros que incentiven su uso. Se inicia analizando la relación de la red con el entorno político-regulatorio, tecnológico, económico, social y ambiental; e identificando *drivers* o factores de cambio que afectan el uso de la red. Para el análisis del entorno tecnológico se efectúa un estudio bibliométrico de los documentos científicos y patentes, sobre tecnologías de redes de acceso, que identifican a 5G, NG-PON, XR-OPTICS y FSO como las tecnologías de vanguardia en el acceso. Se identifican en total 20 *drivers* y se utiliza el análisis estructural MICMAC y juicio experto con encuestas Delphi, para reconocer los 10 *key drivers*. Con estos *key drivers* se elaboran 5 hipótesis, y mediante el método de sistemas y matrices de impactos cruzados SMIC, se combinan y consiguen 32 escenarios prospectivos futuros más probables. Finalmente, basados en la deseabilidad, posibilidad y juicio experto, se determina que el futurible número 14 es el escenario-meta: “El Estado junto a los operadores de infraestructura de acceso local, con tecnología de vanguardia y servicios de valor agregado”; concluyendo que sí es posible desarrollar acciones presentes para incentivar el uso de las redes nacionales de banda ancha, pero es imprescindible el análisis multidimensional del entorno, la vigilancia tecnológica, la consulta a expertos y la ayuda de herramientas informáticas prospectivas que permiten ver dependencias e influencias ocultas entre los factores de cambio y entre las hipótesis de los escenarios futuros.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	i
ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	xvi
CAPÍTULO I: PROBLEMÁTICA Y OBJETIVOS .....	1
1.1    Situación Actual .....	1
1.1.1    Conectividad significativa.....	1
1.1.2    Brecha Digital .....	1
1.1.3    Redes Nacionales de banda ancha en el Perú .....	3
1.1.4    Tarifas en las Redes Nacionales.....	5
1.1.5    Redes Nacionales en el Mundo .....	7
1.2    Problemática.....	8
1.3    Objetivos.....	9
1.3.1    Objetivo General.....	9
1.3.2    Objetivos Específicos.....	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	10
2.1    Fundamentos Teóricos .....	10
2.1.1    Conectividad significativa.....	10
2.1.2    Brecha Digital .....	10
2.1.3    Banda Ancha .....	12
2.1.4    Infraestructura de Red de Banda Ancha .....	13
2.1.5    Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica .....	15

2.1.6	Proyectos Regionales .....	17
2.1.7	REDNACE y RNIE .....	20
2.1.1	Costos y Tarifas en las Redes Nacionales.....	21
2.1.2	Prospectiva.....	22
2.2	Marco Regulatorio.....	31
CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO .....		33
3.1	Métodos Exploratorios .....	33
3.1.1	Vigilancia Tecnológica .....	33
3.1.2	Exploración del Entorno.....	47
3.1.3	Análisis de Tendencias .....	79
3.1.4	Mapeo de Actores.....	81
3.1.5	Drivers .....	83
3.2	Métodos de Validación.....	83
3.2.1	Encuesta Delphi a Expertos.....	83
3.2.2	MICMAC.....	85
3.3	Métodos de Construcción de Futuribles.....	91
3.3.1	Base .....	91
3.3.2	Entorno.....	92
3.3.3	Detalles.....	92
3.3.4	Diversidad: <i>drivers</i> de mayor influencia y dependencia.....	92
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....		104
4.1	Presentación y análisis de resultados .....	104
4.1.1	Escenario más probable .....	104
4.1.2	Escenario tendencial.....	105
4.1.3	Escenario-meta.....	106
CONCLUSIONES .....		107
RECOMENDACIONES .....		109

REFERENCIAS ..... 110

ANEXOS..... 117



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Estado de los procesos de adjudicación e instalación de los proyectos regionales de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de las regiones. Fuente: elaboración propia en base a MTC (2021a). .....	5
Tabla 2 – Cuadro de precios de las etapas de 1Mbps de Internet Clear Channel, en Soles sin IGV, en las redes nacionales. Fuente: OSIPTEL (2018). .....	6
Tabla 3 - Cuadro de precios de las etapas de 1Mbps de Internet con contención 1:10, en Soles sin IGV, en las redes nacionales. Fuente: OSIPTEL (2018). .....	6
Tabla 4- Velocidad Mínima para el acceso a Internet fijo y móvil de banda ancha fijada por el Estado Peruano. Fuente: Resolución Ministerial N.° 482-2018 MTC/01.03 (2018).....	12
Tabla 5 - Velocidad Mínima para el acceso a Internet fijo y móvil de banda ancha fijada por la FCC. Fuente: FCC (2020a). .....	12
Tabla 6 - Datos técnicos de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica. Fuente: elaboración propia en base a Alcatel Lucent (2015). .....	16
Tabla 7 - Topes tarifarios para el servicio de Internet en por los proyectos regionales. Fuente: OSIPTEL (2018). .....	19
Tabla 8 - Topes tarifarios propuestos por OSIPTEL para el servicio de Internet, con overbooking, brindado por las redes nacionales de banda ancha, y aplicable a las Instituciones Públicas. Fuente: OSIPTEL (2018). .....	19
Tabla 9 – Cuadro de precios de las etapas de 1Mbps de Internet Clear Channel, en Soles sin IGV, en las redes nacionales. Fuente: OSIPTEL (2018). .....	21
Tabla 10 - Cuadro de precios de las etapas de 1Mbps de Internet con contención 1:10, en Soles sin IGV, en las redes nacionales. Fuente: OSIPTEL (2018). .....	22
Tabla 11 - Etapas en la ejecución de un estudio prospectivo Corporate Foresight. Fuente: elaboración propia en base a Ortega (2016). .....	24
Tabla 12 - Formato para tabulación de aseveraciones en encuesta Delphi. Fuente: Ortega (2016). .....	27
Tabla 13 - Formato para tabulación de drivers relevantes luego de encuesta Delphi. Fuente:	

Ortega (2016).....	28
Tabla 14 - Restricciones Legales del contrato de Concesión del Estado Peruano con Azteca Comunicaciones. Fuente: Informe 2, anexo 1, tabla 10, del Banco Mundial (2019). .....	32
Tabla 15 - Fuentes más relevantes según cantidad de artículos, del 2016 a la actualidad, para redes de acceso de banda ancha, de acuerdo con Scopus. Fuente: elaboración propia con programa Bibliometrix®.....	39
Tabla 16 - Países donde los autores más relevantes publican, sobre redes de acceso de banda ancha, en las 5 fuentes de información más importantes, desde el 2016 a la actualidad, según Scopus®. Fuente: elaboración propia con programa Bibliometrix®. ....	41
Tabla 17 – Dos innovaciones presentes en el mercado de banda ancha, y relacionadas con las tecnologías más investigadas según Scopus®, desde el 2016 hasta la actualidad. Fuente: elaboración propia en base a Infinera (2020) y X Projects (2021). ....	41
Tabla 18 - Driver TEC01. Fuente: elaboración propia en base a resultados del análisis bibliométrico.....	50
Tabla 19 - Driver TEC02. Fuente: elaboración propia en base a OECD & BID (2016). .....	53
Tabla 20 - Driver POL01. Fuente: elaboración propia en base a información de Banco Mundial (2019). .....	54
Tabla 21 - Driver POL02. Fuente: elaboración propia en base a audiencia pública del MTC (2021c).....	55
Tabla 22 - Driver POL03. Fuente: elaboración propia en base a información del Ministerio de Trabajo y Formación del Empleo (2019). .....	57
Tabla 23 - Driver POL04. Fuente: elaboración propia en base a Martínez Garza y otros (2020). .....	60
Tabla 24 - Velocidad media de carga y descarga, y latencia de las redes móviles de banda ancha por Operador, entre Octubre del 2019 y Marzo del 2020, adaptado de Tutela (2020). .....	61
Tabla 25 - Volumen de datos móviles según la banda LTE utilizada y porcentaje de tiempo de uso según el tipo de conexión de los operadores, entre Octubre del 2019 y Marzo del 2020, adaptado de Tutela (2020). ....	61
Tabla 26 - Costo de las bandas 4G-LTE que el Estado adjudicó a los operadores. MTC (2021). .....	62

Tabla 27 - Driver POL05. Fuente: elaboración propia en base a OECD & BID (2016). .....	62
Tabla 28 - Driver POL06. Fuente: elaboración propia en base a GAPTEL (2004). .....	63
Tabla 29 - Driver POL07. Fuente: elaboración propia en base a Banco Mundial (2019). ...	65
Tabla 30 - Driver POL08. Fuente: elaboración propia en base a APC (2020). .....	66
Tabla 31 - Driver POL09. Fuente: elaboración propia en base a GAPTEL (2008). .....	67
Tabla 32 - Driver POL10. Fuente: elaboración propia en base a OECD & BID (2016). .....	68
Tabla 33 - Driver ECO01. Fuente: elaboración propia en base a OSIPTEL (2018). .....	69
Tabla 34 - Porcentajes de costo por rubro, en el despliegue de infraestructura de red de telecomunicaciones. Fuente: GAPTEL (2008). .....	70
Tabla 35 - Driver ECO02. Fuente: elaboración propia en base a GAPTEL (2008). .....	71
Tabla 36 - Driver SOC01. Fuente: elaboración propia en base a OECD & BID (2016). .....	72
Tabla 37 - Driver SOC02. Fuente: elaboración propia en base a CEPLAN (2019). .....	73
Tabla 38 - Driver SOC03. Fuente: elaboración propia en base a TeleSemana.com (2018). .....	74
Tabla 39 – Tecnología e infraestructura de red, de acuerdo con la tipología territorial y la forma de ocupación del territorio. Fuente: elaboración propia en base a Cuervo & Délano (2019). .....	75
Tabla 40 - Driver AMB01. Fuente: elaboración propia en base a Cuervo & Délano (2019). .....	75
Tabla 41 - Driver AMB02. Fuente: elaboración propia en base a ANE (2018). .....	77
Tabla 42 - Driver AMB03. Fuente: elaboración propia en base a OMS (2005). .....	78
Tabla 43 - Tendencias en los entornos o dimensiones, al 2030. Fuente: CEPLAN. (2019). .....	79
Tabla 44 - Cuadro de expertos. Fuente: elaboración propia en base a información de los expertos. ....	82
Tabla 45 - Lista completa de Drivers o Factores de Cambio de las Redes de Banda Ancha del Perú. Fuente: elaboración propia en base al análisis multidimensional. ....	83
Tabla 46 - Nivel de importancia y periodo de ocurrencia de los drivers y nivel de experticia de los expertos. Fuente: elaboración propia en base a resultado de encuesta Delphi a expertos. ....	84
Tabla 47 - Drivers más importantes según consenso inicial de panel de expertos. Fuente: elaboración propia en base a resultado de encuesta Delphi a expertos. ....	85



Tabla 48 - Matriz de influencias entre los drivers, insumo para iniciar el método MICMAC. Fuente: elaboración propia en base juicio experto y plantillas de influencia MICMAC.....	85
Tabla 49 - Drivers con mayor influencia y dependencia directa en las redes nacionales según MICMAC. Fuente: elaboración propia en base a resultado del cuadrante 3 del análisis estructural MICMAC.....	86
Tabla 50 - Drivers con mayor influencia y dependencia indirecta, de las redes de banda ancha nacionales. Fuente: elaboración propia en base al resultado del programa MICMAC.....	90
Tabla 51 - Cadena de Drivers para la formación de hipótesis. Fuente: elaboración propia en base a gráfica del programa MICMAC. ....	93
Tabla 52 - Probabilidad de ocurrencia de la aseveración positiva (+) de los drivers, según encuesta Delphi a expertos. Fuente: elaboración propia en base a encuesta a panel de expertos.....	94
Tabla 53 - Hipótesis construidas con cadenas de drivers más influyentes y dependientes del cuadrante 3 y con valores de probabilidad. Fuente: elaboración propia en base a encuesta Delphi a panel de expertos.....	95
Tabla 54 - Matrices de probabilidades condicionadas a la realización de cada hipótesis. Fuente: elaboración propia en base a encuesta Delphi a panel de expertos.....	97
Tabla 55 - Matrices de probabilidades condicionadas a la no-realización de cada hipótesis. Fuente: elaboración propia en base a encuesta Delphi a panel de expertos.....	97
Tabla 56 – Primer escenario posible. Histograma de probabilidad del escenario futuro validado 14. Fuente: elaboración propia en base a información resultante del método SMIC. ....	100
Tabla 57 – Primer escenario posible. Nombre y descripción del escenario futuro validado 14. Fuente: elaboración propia en base a información resultante del método SMIC. ....	100
Tabla 58 - Segundo escenario posible. Histograma de probabilidad del escenario futuro validado 27. Fuente: elaboración propia en base a información resultante del método SMIC. ....	101
Tabla 59 - Segundo escenario posible. Nombre y descripción del escenario futuro validado 27. Fuente: elaboración propia en base a información resultante del método SMIC. ....	101
Tabla 60 – Tercer escenario posible. Histograma de probabilidad del escenario futuro validado 23, según método SMIC. Fuente: elaboración propia en base a información resultante del método SMIC.....	102

Tabla 61 – Tercer escenario posible. Nombre y descripción del escenario futuro validado 23. Fuente: elaboración propia en base a información resultante del método SMIC. ....	102
Tabla 62 - Cuarto escenario posible. Histograma de probabilidad del escenario futuro validado 15. Fuente: elaboración propia en base a información resultante del método SMIC. ....	103
Tabla 63 - Cuarto escenario posible. Nombre y descripción del escenario futuro validado 15. Fuente: elaboración propia en base a información resultante del método SMIC. ....	103
Tabla 64 - Escenarios más probable. Fuente: elaboración propia en base a información resultante del método SMIC y juicio experto. ....	104
Tabla 65 - Escenario tendencial. Fuente: elaboración propia en base a información resultante del método SMIC y juicio experto.....	105



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Índices de conectividad significativa rural (ICSr), urbana (ICSu), general (ICg) del 2017, en países de América Latina con información disponible. Fuente: IICA (2020). .....	1
Figura 2 - Penetración de internet en hogares de América Latina durante el 2018, 2019 y 2020. Fuente: IICA (2020).....	2
Figura 3 - Evolución porcentual de la tasa de acceso de los hogares al servicio de Internet Fijo, entre el 2012 y el 2019, en el Perú. Fuente: PUNKU (2021a).....	2
Figura 4 - Etapas del Procedimiento de Resolución Contractual del Contrato de Concesión de la RDNFO. Fuente: adaptado de MTC (2021a).....	4
Figura 5 - Tarifa Promedio por Mbps de Internet fijo, en soles, sin IGV. Adaptado de la información reportada en el marco del Requerimientos de Información Periódica del 2015-Q4 al 2020-Q4. Fuente: PUNKU (2021).....	7
Figura 6 - Modelo de negocio al por menor utilizando empresas minoristas intermediarias RSP. Fuente: ITU (2012). .....	8
Figura 7 - Relación entre brecha digital, participación social e inclusión digital. Fuente: Agustín & Clavero (2010).....	11
Figura 8 - Etapas de una Red de Telecomunicaciones. Fuente: elaboración propia en base a ITU (2020).....	14
Figura 9 - Redes de fibra óptica en el Perú en el año 2011. Fuente MTC (2019). .....	15
Figura 10 - Redes de fibra óptica en el Perú el 2016, incluye despliegue de la RDNFO. Fuente MTC (2019).....	16
Figura 11 - Sub etapas de las RDNFO y Redes Regionales. Fuente: elaboración propia en base a MTC (2021a). .....	18
Figura 12 - Histograma de requerimientos de velocidad de descarga de las Instituciones Públicas del Estado Peruano el 2017. Fuente: OSIPTEL (2018).....	19
Figura 13 - Ratio o Tasa de contención o sobresuscripción 1:10 (10%) en el backhaul o transporte de las redes nacionales de banda ancha. Fuente: OSIPTEL (2018). .....	20
Figura 14 - Precios de las etapas de Internet con precios referenciales equivalentes a 1Mbps en Soles sin IGV, en las redes nacionales. Fuente: elaboración propia en base a OSIPTEL	

(2018). .....	21
Figura 15 - Triángulo griego planteado por Godet, para explicar la esencia del proceso prospectivo. Fuente: Godet & Durance (2009) .....	23
Figura 16 - Mapa de influencia y dependencia de los drivers ubicados por el software MICMAC Versión 6.1.2, basado en el método prospectivo creado por Michel Godet. Fuente: La Prospective (2021a). .....	29
Figura 17 - Características de cada uno de los cuadrantes. Los más importantes o influyentes y los más inciertos o dependientes. Fuente: Ortega (2016).....	30
Figura 18 - Palabras clave de autor más frecuentes en los documentos científicos de Scopus®, sobre redes de acceso de banda ancha, desde el 2016 hasta la actualidad. Fuente: elaboración propia con programa Bibliometrix®. .....	34
Figura 19 - Mapa de red de coocurrencia basado en las palabras clave del autor, en los documentos científicos de Scopus, sobre redes de acceso de banda ancha, desde el 2016 hasta la actualidad, y organizados por año de publicación. Fuente: elaboración propia con programa VOSviewer®. .....	35
Figura 20 - Mapa Temático por relevancia y grado de desarrollo en redes de acceso de banda ancha, en base a las palabras clave del autor, desde el 2016 hasta la actualidad, según Scopus. Fuente: elaboración propia con programa Bibliometrix®. .....	36
Figura 21 - Evolución de los temas de investigación desde el 2016 hasta la actualidad, en redes de acceso de banda ancha, según Scopus y las palabras clave de los autores. Fuente: elaboración propia con programa Bibliometrix®. .....	38
Figura 22 - Impacto de los autores más importantes de las 5 fuentes de información más importantes, de acuerdo con la cantidad de citas, sobre redes de acceso de banda ancha, desde el 2016 a la actualidad, según Scopus. Fuente: elaboración propia con programa Bibliometrix®.....	40
Figura 23 - Configuración de capacidad variable XR-Optics en un sistema punto-multipunto coherente con subportadoras digitales de 25Gbps. Fuente: Infinera (2020).....	42
Figura 24 - Evolución de cantidad anual de patentes registradas de la tecnología SCM por la empresa Infinera, en los últimos 6 años, y por código CPC. Fuente: elaboración propia con PatentInspiration®. .....	43
Figura 25 - Evolución de cantidad de patentes de la tecnología SCM por la empresa Infinera, por trimestre en los últimos 6 años. Fuente: elaboración propia con PatentInspiration®. ....	44

Figura 26 - Diagrama de componentes de la solución Loon. Fuente: patente estadounidense US9590721.....	45
Figura 27 - Diagrama de conexiones ópticas FSO entre los globos Loon. Fuente: patente EP 3111270B1 de la European Patent Specification. ....	45
Figura 28 - Cantidad de patentes por año de la empresa Loon con respecto a Comunicaciones Ópticas. Fuente: elaboración propia con Lens.org. ....	46
Figura 29 - Palabras que se repiten con mayor frecuencia en las patentes de la empresa Loon. Fuente: elaboración propia con PatentInspiration®.....	46
Figura 30 - Objetivos de Desarrollo Sostenible. (PNUD, 2021). ....	48
Figura 31 - Tecnologías emergentes de redes de acceso. Fuente: elaboración propia en base a resultados del análisis bibliométrico. ....	50
Figura 32 - Porcentaje de uso de Internet en el trabajo del total de usuarios entre 15 y 74 años, del año 2010. Fuente: OECD & BID (2016). ....	52
Figura 33 - Comparación entre países de América Latina con respecto al Apoyo directo a las start-ups durante el año 2012. Fuente: OECD & BID (2016). ....	52
Figura 34 - Integradores de servicio como intermediarios en la instalación y puesta en marcha de los servicios de telecomunicaciones hacia el usuario final. Elaboración propia. ....	57
Figura 35 - Niveles y procesos de compartición de infraestructura. Fuente: Martínez Garza y otros (2020). ....	58
Figura 36 - Modelos ejemplo de compartición de infraestructura pasiva y activa en redes móviles. Fuente: Martínez Garza y otros (2020). ....	58
Figura 37 - Beneficios de la compartición de infraestructura. Fuente: Martínez Garza y otros (2020). ....	59
Figura 38 – Diagrama de evaluación técnica-económica del impacto de los servicios diversos sobre el análisis económico de la red. (OECD & BID, 2016). ....	65
Figura 39 - Comparación del costo de la interconexión Internacional en ciudades de América, al cuarto trimestre del 2017. Fuente: Cullen-International en OSIPTEL (2018). ....	69
Figura 40 - Innovación en la economía digital para nuevos y mejores empleos. Fuente: OECD & BID (2016). ....	72
Figura 41 - Principios de la economía circular, según Fundación Ellen MacArthur. Fuente:	

ANE (2018).....	77
Figura 42 - Mapa de actores, diagrama tipo cebolla, con vínculos entre actores. Fuente: elaboración propia en base a (Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, 2019).....	82
Figura 43 - Gráfico de niveles de influencias directas fuertes entre los drivers. <i>Fuente: resultado del programa MICMAC.</i> .....	86
Figura 44 - Mapa de influencias y dependencias directas entre los drivers, según el programa MICMAC. Se señala el cuadrante 3 con los drivers simultáneamente más influyentes y dependientes. <i>Fuente: resultado del programa MICMAC.</i> .....	87
Figura 45 - Recomendación de cantidad de interacciones del método MICMAC para alcanzar el 100% de estabilidad del sistema. Fuente: programa MICMAC.....	87
Figura 46 – Porcentajes de estabilidad de influencia y dependencia de los cálculos de matrices luego de cada iteración. Fuente: resultado del programa MICMAC. ....	88
Figura 47 - Mapa de desplazamiento de drivers en las matrices de influencias y dependencias, luego de 5 iteraciones. Fuente: resultado del programa MICMAC.....	88
Figura 48 - Gráfico de niveles de influencia indirecta, fuertes, relativamente fuertes y moderadas, entre los drivers. Fuente: resultado del programa MICMAC. ....	89
Figura 49 – Variación del nivel de influencia de los drivers al pasar de la matriz MDI a la MII. Fuente: resultado del programa MICMAC. ....	89
Figura 50 - Variación del nivel de dependencia de los drivers al pasar de la matriz MDI a la MII. Fuente: resultado del programa MICMAC. ....	89
Figura 51 – Drivers más influyentes y dependientes por cada cuadrante en las redes nacionales de banda ancha. Fuente: resultado del programa MICMAC.....	91
Figura 52 - Distancia perpendicular a línea diagonal del cuadrante 3 para reconocer los drivers de cabeza, cola y cuerpo de las hipótesis. Fuente: elaboración propia en base a gráfica del programa MICMAC. ....	93
Figura 53 - Cadenas de drivers del cuadrante 3 de influencia y dependencia de drivers. Fuente: elaboración propia en base a distancias perpendiculares a la bisectriz del cuadrante 3 de Figura 52.....	94
Figura 54 - Histograma de sensibilidad de influencia de las hipótesis según todos los expertos. Fuente: gráfica resultante del programa SMIC.....	98
Figura 55 - Histograma de sensibilidad de dependencia de las hipótesis, según todos los	

expertos. Fuente: gráfica resultante del programa SMIC. .... 98

Figura 56 - Histograma de los 32 escenarios sugeridos, ordenados de mayor a menor según el orden de probabilidad. Fuente: gráfica resultante del programa SMIC. .... 99



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Reporte 001-20210421 – RDNFO - Estadística de OSIPTEL 21-abril-2021 .....	117
Anexo B. Matrices con las Tazas de influencia indirecta de los 20 drivers luego de las cinco iteraciones del programa MICMAC .....	119





## INTRODUCCIÓN

Las redes de telecomunicaciones de banda ancha son un factor clave para la prosperidad económica y el bienestar social de un país, así como para la competitividad y la creación de empleo. El Grupo de Análisis y Prospectiva del Sector de Telecomunicaciones de España, señala que los países líderes europeos han invertido sostenidamente en desplegar nuevas redes de transporte y acceso, porque un retraso en la instalación de estas nuevas redes supone un riesgo en la evolución de la competitividad y productividad del país (GAPTEL, 2008).

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Frontiers Economics, empresa de consultoría económica, cuantifican con porcentajes el impacto positivo de la infraestructura de red de telecomunicaciones en el avance hacia los Objetivos de Desarrollo (ODS), como el fin de la pobreza y el hambre cero, el aumento de la salud y el bienestar, el trabajo decente y crecimiento económico, la reducción de las desigualdades, y la acción por el clima. Estas empresas determinan que el aumento del 1% en la inversión total de telecomunicaciones reduce la pobreza en 0.0132% (García et al., 2019).

En el Perú, desde 1994, la Red Científica Peruana (RCP) empezó a brindar el servicio de internet a usuarios finales, sin embargo, 15 años después, al 2011, las redes de banda ancha de fibra óptica se encontraban presentes principalmente en la zona costera, donde se concentran las ciudades y empresas más grandes del país; con poca o nula penetración en sierra y selva. Hasta el 2013, la cobertura fuera de Lima se limitaba a 71 capitales de provincia, primando el despliegue en la costa y con elevados costos de ancho de banda de transporte (MTC, 2019).

Debido al bajo nivel de penetración de las redes de banda ancha, el Estado Peruano impulsó y ejecutó una serie de inversiones nacionales y regionales para acometer con miles de kilómetros de fibra óptica las capitales de provincia y principales ciudades del país, y dar a la población acceso al Internet de Banda Ancha. En julio de 2012, promulgó la Ley N° 29904, Ley de Promoción de la Banda Ancha y Construcción de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RDNFO), que declaró de necesidad pública e interés nacional la construcción de la RDNFO, para impulsar el desarrollo, utilización y masificación de la Banda Ancha en todo el territorio nacional. Se designó al Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) como la entidad responsable de coordinar la implementación de la red (Ley N.º29904, 2012).

El año 2016 finalmente entró en operación la RDNFO, pero seis años después, en mayo del 2021, el MTC y el Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL), reportan en audiencia pública que solo el 3.2% de la capacidad de la RDNFO y las Redes Regionales está en uso, atendiendo únicamente a 23 clientes directos. Sentencian también que no se ha beneficiado a los 6 millones de personas proyectadas; y la demanda actual de tráfico es de 16.1 Gbps-mes en vez de los 241 Gbps-mes proyectados. Debido a ello, el MTC expresa el deseo de resolver el contrato de concesión de la RDNFO, firmado con la empresa Azteca Comunicaciones, situación que se definirá el 16 Julio del 2021 (MTC, 2021c).

Ante esta coyuntura, la presente tesis buscará y propondrá escenarios, siguiendo los lineamientos de la prospectiva, que busquen maximizar el uso de las redes nacionales de banda ancha hacia el 2030, exponiendo los desafíos que se deben afrontar en el presente para aproximarnos a los escenarios óptimos.

Se optó por el estudio prospectivo, por ser eficaz y práctico para entender los escenarios futuros de un determinado sistema complejo, como algo no completamente incierto; y es útil también para focalizar esfuerzos presentes con miras al desarrollo de capacidades futuras a ser construidas. Esto significa incorporar el cambio y la incertidumbre en el camino a la acción, anticipar, conocer y reflexionar acerca del entorno y las tendencias, organizarnos para responder lo impredecible y construir estrategias que permitan alcanzar el escenario meta para las redes nacionales de banda ancha (Cuervo & Guerrero, 2018).

Dentro de las herramientas prospectivas se utilizarán algunas de la escuela del *corporate foresight*, y otras de la escuela francesa. Se emplearán herramientas metodológicas exploratorias, como el análisis del entorno o *environmental scanning* y el análisis de tendencias, para facilitar la identificación de *drivers* o factores de cambio que impactan directa o indirectamente el sistema en estudio. Las herramientas utilizadas para validar los *drivers* son encuestas Delphi a grupo de expertos y análisis estructural mediante “Matriz de Impactos Cruzados y Multiplicación Aplicada a una Clasificación” (MICMAC). Una vez validados los *drivers*, se construyen hipótesis y escenarios futuros utilizando el método “Sistemas y Matrices de Impactos Cruzados” (SMIC), para finalmente seleccionar el escenario meta.

En el capítulo I, se expone la situación actual local y mundial de las redes de banda ancha, especificando el nivel de conectividad, las brechas, costos y tarifas; junto con la problemática

y los objetivos de la tesis. Seguidamente, en el capítulo II, se desarrollan los principales conceptos teóricos de las redes nacionales de banda ancha y de la metodología empleada, que forman parte del estudio. Se detallan las redes de telecomunicaciones nacionales y los conceptos de vigilancia tecnológica, análisis bibliométrico y prospectiva, así como el marco legal-regulatorio. En el capítulo III se desarrolla el proceso metodológico prospectivo y el estudio bibliométrico, como parte de la vigilancia tecnológica necesaria para el análisis multidimensional; se utilizan las herramientas prospectivas para identificar los *drivers* y los escenarios futuros. Finalmente, en el capítulo IV, se muestran los resultados identificando el escenario-meta, que permite plantear estrategias de desarrollo presente e incentivar el uso de las redes nacionales de banda ancha en el Perú. Al término del documento, se plantean las conclusiones y recomendaciones.



## CAPÍTULO I: PROBLEMÁTICA Y OBJETIVOS

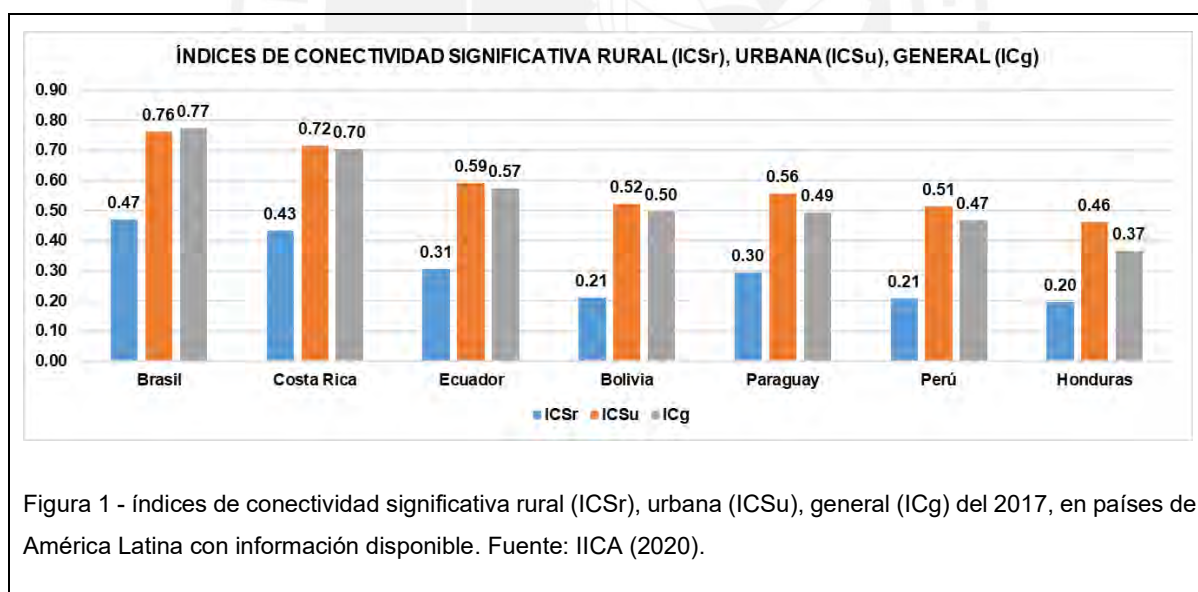
En el presente capítulo se detalla la situación actual, la problemática y los objetivos del presente estudio.

### 1.1 Situación Actual

Se analiza la situación actual de la conectividad y la brecha digital del Perú con respecto a otros países de América Latina, así como el estado actual y porcentaje de uso de las redes nacionales de banda ancha en el Perú.

#### 1.1.1 Conectividad significativa

El Perú es uno de los últimos países en conectividad según el índice de conectividad significativa general del 2017. El Perú tiene un indicador de conectividad del 47%, cuando el promedio ponderado de los países analizados por IICA en América Latina el 2017 es del 70%. Puede parecer un porcentaje alto, pero si se separan las zonas urbanas de las zonas rurales, el porcentaje de conectividad significativa en áreas urbanas del Perú es 2.5 veces mayor que en áreas rurales (IICA et al., 2020).



#### 1.1.2 Brecha Digital

Para la cuantificación de la brecha digital, Agustín y Clavero (2010), sugieren analizar la brecha de infraestructura, equipamiento, condiciones de accesibilidad, y la brecha en habilidades y conocimientos de los usuarios actuales y potenciales de Internet.

Con respecto a la brecha de infraestructura, el indicador de penetración de Internet al 2020 en hogares de América Latina muestra a Perú entre los últimos países con 61% de penetración, a pesar de considerar redes de banda ancha tanto fijas como móviles.

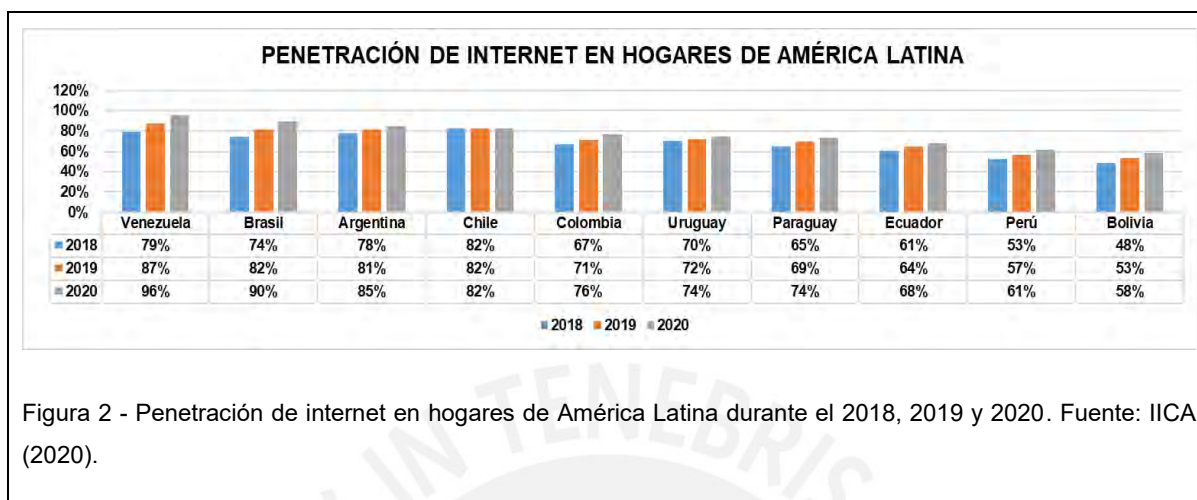


Figura 2 - Penetración de internet en hogares de América Latina durante el 2018, 2019 y 2020. Fuente: IICA (2020).

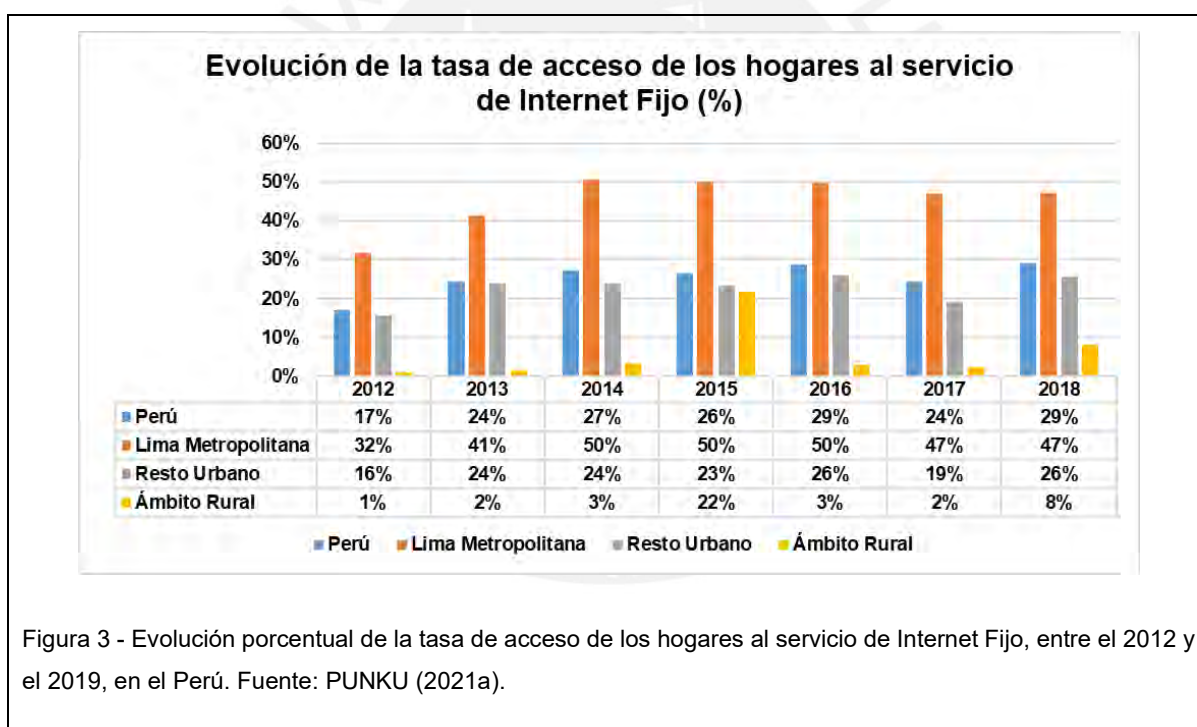


Figura 3 - Evolución porcentual de la tasa de acceso de los hogares al servicio de Internet Fijo, entre el 2012 y el 2019, en el Perú. Fuente: PUNKU (2021a).

Es necesario evaluar también la tasa de acceso al servicio de Internet. Según el servicio PUNKU (2021a) de OSIPTEL, la tasa de acceso de los hogares peruanos a las redes de Internet móvil en el 2019 es de 74.17%, pero la tasa de acceso al servicio de Internet fijo es solo de 29%. También se indica que la tecnología que predomina en el acceso fijo es el cablemódem de tecnología híbrida fibra-cobre (*Hybrid Fibre-Coaxial - HFC*). Tecnología de ancho de banda medio, de entre 50 y 300Mbps.

### 1.1.3 Redes Nacionales de banda ancha en el Perú

En el Perú, las Redes Nacionales de banda ancha están formadas principalmente por la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RDNFO) y las redes de los 21 Proyectos Regionales Banda Ancha para la conectividad y desarrollo social. Pero, a mayo del 2021, el MTC reportó que el porcentaje de uso de la red es tan solo del 3.2% (MTC, 2021c).

Uno de los problemas de la red es que el único servicio que puede ser brindado en la RDNFO es el de portador local, y la tarifa única vigente durante los primeros cinco (05) años de operación es de USD \$ 23 dólares mensuales más IGV por cada megabit por segundo (Mbps), tarifa que será actualizada a partir del 6 año: en octubre del 2021. Precio excesivo con respecto al precio de mercado (MTC, 2021c).

En audiencia pública virtual del 17 de mayo del 2021 (MTC, 2021c), el Estado Peruano representado por el MTC y OSIPTEL, declara que el contrato de concesión de la RDNFO, firmado con la empresa Azteca Comunicaciones, debe ser resuelto siguiendo el procedimiento formal de resolución de contrato, y por causal de interés público según lo siguiente:

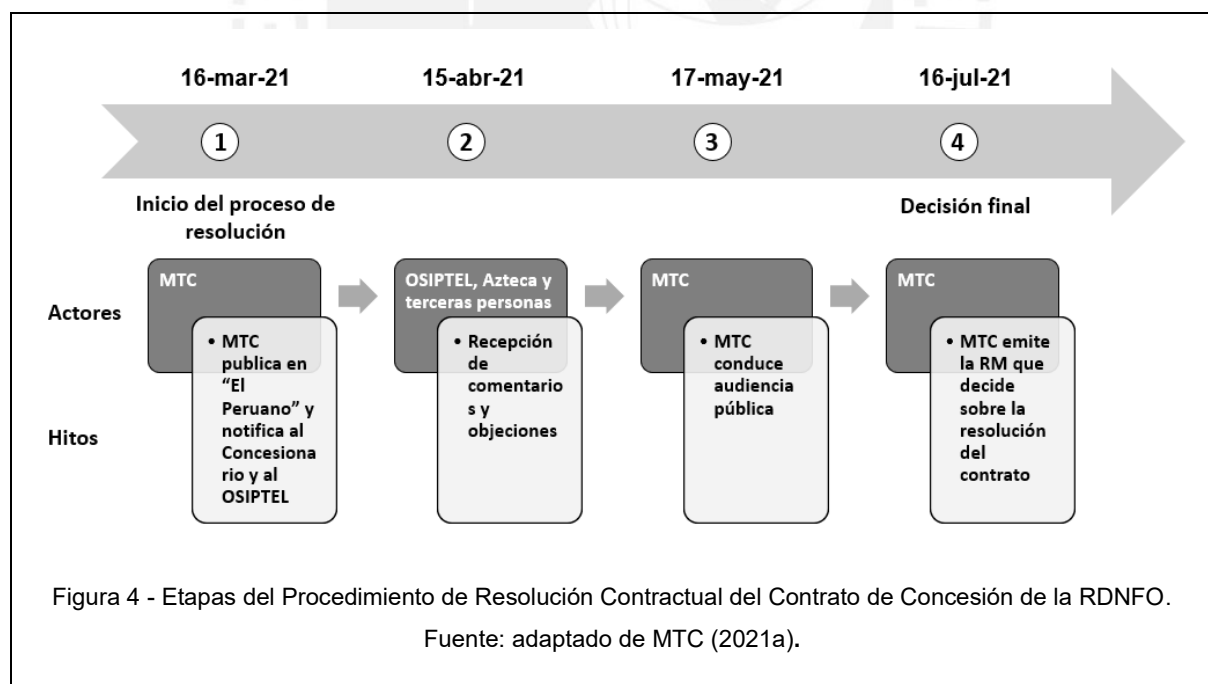
- Bajo impacto de la RDNFO sobre la población beneficiada: menos del 3.2% de uso de la RDNFO y con solo 23 clientes, no se ha beneficiado a los 6 millones de personas proyectadas, la demanda de tráfico actual en uso de la RDNFO es de 16.1 Gbps-mes en vez de los 241 Gbps-mes proyectados.
- Incremento tarifario del Megabit por segundo (Mbps): la tarifa actual del Mbps en la RDNFO es de USD 23 más IGV, comparado con el precio de mercado que oscila entre USD 7.5 y 14 más IGV por Megabit por segundo (Mbps), y debido a la baja demanda, la fórmula de reajuste de precio especificada en el contrato y programada para septiembre del 2021, agravaría la situación al significar un incremento del 967% de precio del Mbps, que costaría USD 243.35 más IGV.
- Necesidad de reducir el financiamiento del Estado. Al 31 de diciembre del 2020, el MTC ha aprobado pagos por conceptos de RPI y RPMO de USD 265 millones, cifra que supera en USD 166.5 millones a la proyectada de USD 98.5 millones por los primeros 5 años 2015-2020. Montos incluyen IGV. Debido a la escasa cantidad de usuarios, los ingresos de la red solo cubran el 7.7% de los costos en los que incurre el Estado

Las acciones del Estado post caducidad solicitan que Azteca Comunicaciones continúe en operación de la red por los siguientes 6 meses, que permita al MTC realizar estudios técnicos

necesarios para determinar el mejor mecanismo para la operación de la infraestructura a largo plazo, y bajo este nuevo mecanismo, se encargará a un Interventor la operación y mantenimiento por un período de hasta 3 años (MTC, 2021c).

Por otro lado, la empresa Azteca Comunicaciones expresa que cumplió cabalmente con sus compromisos de diseñar la RDNFO, financiar el despliegue de la red, desplegar la infraestructura en tiempo y forma, operar y mantener la red, prestar el servicio de portador local y cumplir con los niveles de calidad de servicio SLA.

Azteca señala que los argumentos del Estado no tienen relación con el interés público y que la resolución sería ilegal, unilateral, arbitraria e ilegítima. Atribuye los problemas de la RDNFO a la falta de actividad del Estados al no completar la Red Nacional del Estado Peruano, ni incluir sus servicios dentro de la RDNFO, e indica que el cambio de concesionario no solucionará sino agravará el problema, ya que se incurrirá en mayores costos, y solicitan que las mismas nuevas condiciones que tendría el nuevo concesionario, le sean facilitadas a Azteca, para que pueda cumplir con las metas trazadas (MTC, 2021c). El 16 de julio del 2021 es la fecha programada para que el MTC emita la resolución ministerial que decide sobre la resolución del contrato.



Con respecto a los 21 Proyectos Regionales de banda ancha, se programó que todos se adjudicasen desde el 2014 hasta el segundo trimestre del 2015, sin embargo, las últimas seis regiones recién han firmado sus contratos de concesión a mediados del 2019. Solo seis

proyectos están operativos, tres están en reformulación o juicio, y doce de los proyectos aún están en proceso de instalación.

Tabla 1 – Estado de los procesos de adjudicación e instalación de los proyectos regionales de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de las regiones. Fuente: elaboración propia en base a MTC (2021a).

Nro.	Región	Adjudicación	Estado	Empresa Privada Operadora
1	Lambayeque	05-Mar-2015	Operativo	Telefónica del Perú
2	Huancavelica	05-Mar-2015	Operativo	Consorcio Gilat
3	Apurímac	05-Mar-2015	Operativo	Consorcio Gilat
4	Ayacucho	05-Mar-2015	Operativo	Consorcio Gilat
5	Tumbes	16-Dic-2015	Reformulación	Redes Andinas de Comunicaciones
6	Piura	16-Dic-2015	Reformulación	Redes Andinas de Comunicaciones
7	Cajamarca	16-Dic-2015	Reformulación	Redes Andinas de Comunicaciones
8	Cusco	16-Dic-2015	Operativo	Consorcio Gilat
9	Lima	18-Dic-2017	Operativo	América Móvil Perú
10	Ica	18-Dic-2017	En instalación	Consorcio GMC Conecta
11	Amazonas	18-Dic-2017	En instalación	Consorcio GMC Conecta
12	Junín	18-Dic-2017	En instalación	Consorcio Telecomunicaciones Rurales del Perú
13	Puno	18-Dic-2017	En instalación	Consorcio Telecomunicaciones Rurales del Perú
14	Tacna	18-Dic-2017	En instalación	Consorcio Telecomunicaciones Rurales del Perú
15	Moquegua	18-Dic-2017	En instalación	Consorcio Telecomunicaciones Rurales del Perú
16	Huánuco	27-May-2019	En instalación	Consorcio Bandtel
17	Pasco	27-May-2019	En instalación	Consorcio Bandtel
18	Áncash	10-Jul-2019	En instalación	Consorcio YOFC
19	Arequipa	10-Jul-2019	En instalación	Consorcio YOFC
20	San Martín	10-Jul-2019	En instalación	Consorcio YOFC
21	La Libertad	10-Jul-2019	En instalación	Consorcio YOFC

#### 1.1.4 Tarifas en las Redes Nacionales

La tarifa del megabit por segundo en las redes nacionales se compone de varios costos. Se muestran los precios de cada una de las etapas, considerando los enlaces como canales de transporte sin ningún nivel de contención o sobresuscripción, es decir *clear channels* en el transporte, y velocidad de descarga garantizada de 40% en la red de acceso regional. Bajo estas condiciones, el precio total en soles sin IGV por Mbps asciende a S/ 267 soles mensuales.



Tabla 2 – Cuadro de precios de las etapas de 1Mbps de Internet Clear Channel, en Soles sin IGV, en las redes nacionales. Fuente: OSIPTEL (2018).

Servicio Final de Banda Ancha	Velocidad	USD / mes	TC USD	SOLES / mes	Observación
Salida Internacional	1Mbps	\$ 8.00	3.80	S/ 30.40	Clear Channel
Red de Transporte RDNFO	1Mbps	\$ 23.00	3.80	S/ 87.40	Clear Channel
Red de Transporte REGIONAL	1Mbps	\$ 23.00	3.80	S/ 87.40	Clear Channel
Red de Acceso Regional	1Mbps			S/ 38.02	Garantizado 40%
Gastos Operativos	1Mbps	\$ 11.54	3.80	S/ 43.85	Clear Channel
Tasas de aporte al Estado	1Mbps			S/ 0.76	Pronatel, MTC, Osiptel
Total, Soles sin IGV (S/)	1Mbps			S/ 287.83	

Por otro lado, si se considera una contención de 1:10 en las redes de transporte y manteniendo el 40% de descarga garantizada en la red de acceso, el precio total en soles sin IGV por Mbps asciende a S/ 63.68. mensuales. Aún es un precio alto si se considera el precio de mercado de Mbps.

Tabla 3 - Cuadro de precios de las etapas de 1Mbps de Internet con contención 1:10, en Soles sin IGV, en las redes nacionales. Fuente: OSIPTEL (2018).

Servicio Final de Banda Ancha	Velocidad	USD / mes	TC USD	SOLES / mes	Observación
Salida Internacional	1Mbps	\$ 8.00	3.80	S/ 3.04	Contención 1:10
Red de Transporte RDNFO	1Mbps	\$ 23.00	3.80	S/ 8.74	Contención 1:10
Red de Transporte REGIONAL	1Mbps	\$ 23.00	3.80	S/ 8.74	Contención 1:10
Red de Acceso Regional	1Mbps			S/ 38.02	Garantizado 40%
Gastos Operativos	1Mbps	\$ 11.54	3.80	S/ 4.39	Contención 1:10
Tasas de aporte al Estado	1Mbps			S/ 0.76	Pronatel, MTC, Osiptel
Total, Soles sin IGV (S/)	1Mbps			S/ 63.68	

Se debe tener en consideración que el precio de venta del Mbps de Internet de los grandes operadores hacia los usuarios finales está en constante descenso. La tarifa promedio por 1Mbps ha tenido una variación acumulada del -95.1% en los últimos 5 años, desde último cuarto del 2015 hasta el último cuarto del 2020, llegando a costar actualmente S/ 1.1 soles mensuales por 1Mbps más IGV con velocidad garantizada del 40%. La tarifa promedio se calcula dividiendo los ingresos por cada conexión del servicio de acceso a Internet fijo y la velocidad promedio de cada conexión (PUNKU, 2021). Un hogar peruano que tiene contratado el servicio de Internet fijo de 100Mbps a un operador de telecomunicaciones, paga en promedio S/ 110 soles mensuales sin IGV, por la componente de Internet dentro del paquete de servicios que usualmente recibe.

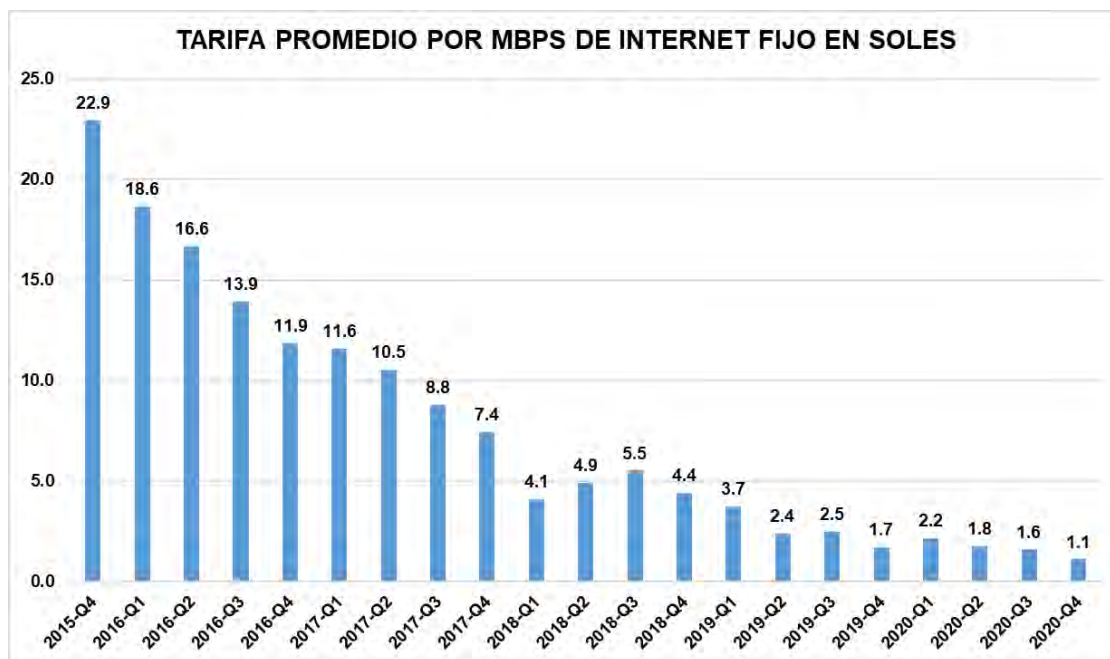


Figura 5 - Tarifa Promedio por Mbps de Internet fijo, en soles, sin IGV. Adaptado de la información reportada en el marco del Requerimientos de Información Periódica del 2015-Q4 al 2020-Q4. Fuente: PUNKU (2021)

### 1.1.5 Redes Nacionales en el Mundo

El caso más exitoso de despliegue y uso de redes nacionales de banda ancha en el mundo es el caso de Australia.

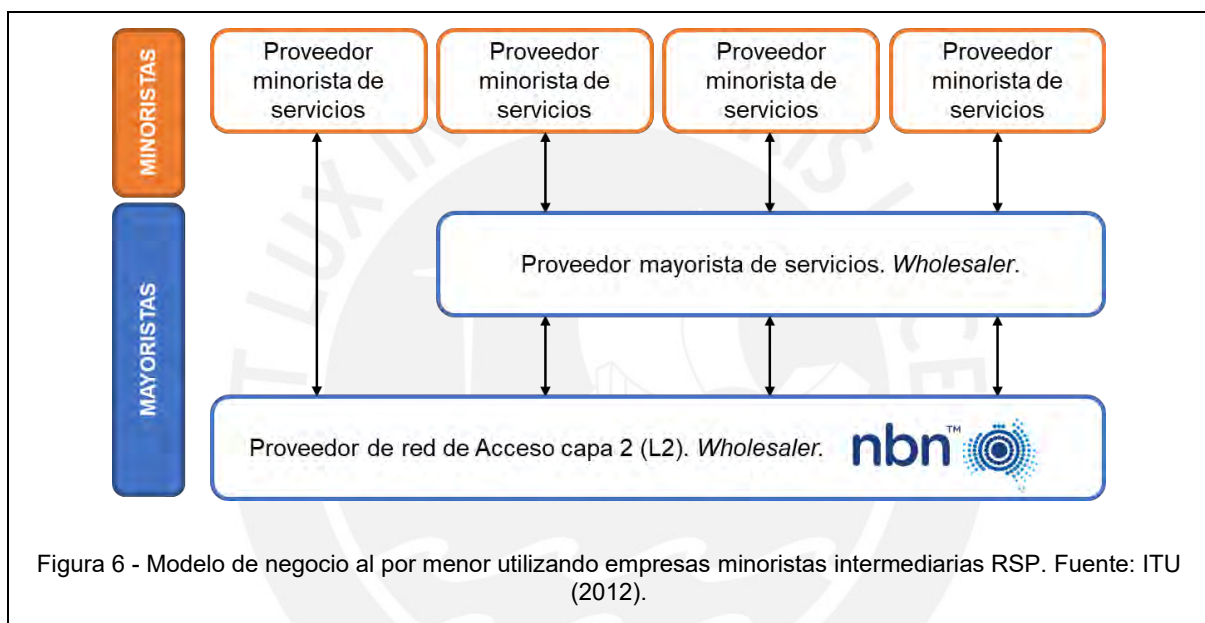
#### 1.1.5.1 Red Nacional de Australia

En noviembre del 2009 el gobierno australiano decidió invertir 43 billones de dólares australianos durante 8 años para implementar y operar la National Broadband Network (NBN) australiana. El objetivo era conectar el 90% de los hogares australianos, escuelas e instituciones con conexiones de banda ancha superiores a 25Mbps, y el 10% restante con 12Mbps utilizando medios inalámbricos o satelitales (ITU, 2012). La red es administrada por NBN Co Ltd., una empresa estatal australiana, y tiene un doble rol: administrar y fomentar la venta a través de revendedores, que son empresas licenciadas *Retail Service Providers* (RSP) para la venta de Internet y Datos a usuarios finales (NBN, 2020).

La NBN es una red multi-tecnología en el acceso, utiliza tanto redes ópticas como redes híbridas *Hybrid Fibre Coaxial* (HFC), redes inalámbricas y satelitales, y tiene acceso web a un mapa de cobertura y disponibilidad.

Los precios para los RSP son iguales dentro de una misma tecnología, independientemente del sitio de entrega del servicio (ITU, 2012). Existen planes ya establecidos para migrar los servicios, y con precios variables que se adaptan a los precios del mercado (NBN, 2020). Para proporcionar este precio uniforme, las áreas regionales y rurales reciben subsidios cruzados con las áreas metropolitanas de menor costo. Sin embargo, como los costos de RSP pueden variar, los precios minoristas pueden variar entre los RSP.

A Junio del 2016, ITnews (2016) de Australia indica que tres revendedores RSP ocupaban más del 80% de los servicios brindados por la NBN, y existían registrados 136 mil usuarios a la red australiana de banda ancha, que representa el 12.4% del mercado australiano.



## 1.2 Problemática

La problemática planteada en el presente trabajo es la siguiente:

- Escaso uso actual de las redes nacionales de banda ancha en el Perú.

A mayo del 2021, y luego de 6 años de funcionamiento de las redes nacionales de banda ancha, estas tienen solo el 3.2% de uso, y únicamente 23 clientes. Los ingresos de la red solo cubren el 7.7% de los costos en los que incurre el Estado por operación y mantenimiento. Adicionalmente, no se cumplió con beneficiar a los 6 millones de personas proyectadas, la demanda de tráfico actual es de 16.1 Gbps/mes en vez de los 241 Gbps/mes proyectados (MTC, 2021c).

Las causas son diversas, el alto precio del servicio, las restricciones comerciales, los elevados

costos de operación y mantenimiento, la inapropiada tecnología utilizada en las redes de acceso, la escasa migración de las instituciones estatales a la red, entre otras; que serán analizadas metodológicamente en la presente tesis.

A su vez, los efectos o consecuencias son considerables, el insuficiente decrecimiento de la brecha digital, los insuficientes ingresos que no cubren la operación y mantenimiento de la red y originan un mayor desembolso de dinero por parte del Estado. La incapacidad de brindar servicios con altos anchos de banda y servicios de valor agregado imposibilita la migración de la mayoría de las instituciones del Estado, entre otros efectos a ser profundizados en el marco metodológico.

### **1.3 Objetivos**

Los objetivos trazados en el presente trabajo son los siguientes:

#### **1.3.1 Objetivo General**

El objetivo general es desarrollar un análisis prospectivo al 2030 que determine factores de cambio presentes y obtenga escenarios futuros, que incentiven el uso de las redes nacionales de banda ancha en el Perú para el beneficio de la ciudadanía; utilizando métodos exploratorios, de construcción y validación de futuribles.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Los objetivos específicos del presente trabajo son los siguientes:

1. Examinar los entornos político, tecnológico, económico, social y ambiental, en busca de *drivers* o factores de cambio que incentiven el uso de las redes nacionales de banda ancha.
2. Elaborar vigilancia tecnológica, mediante análisis bibliométrico, de las tecnologías actuales y emergentes de banda ancha para las redes de acceso, como parte del análisis del entorno tecnológico de las redes nacionales de banda ancha.
3. Validar y ponderar los *drivers* con encuestas Delphi a expertos y con análisis estructural MICMAC.
4. Prospectar hipótesis con los *drivers* para determinar escenarios futuros utilizando el método SMIC.
5. Seleccionar el escenario-meta que incentive con mayor probabilidad el uso de las redes nacionales de banda ancha.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En el marco teórico se desarrollan los principales conceptos o fundamentos teóricos de las materias nombradas en el estudio, y además se expone el entorno legal-regulatorio de las redes nacionales de banda ancha.

### 2.1 Fundamentos Teóricos

#### 2.1.1 Conectividad significativa

La conectividad significativa mide el nivel de infraestructura de red de telecomunicaciones existente, la cantidad de población con acceso permanente a Internet, pero con dispositivos apropiados, velocidad y planes de datos suficientes para las actividades que realizan (IICA et al., 2020).

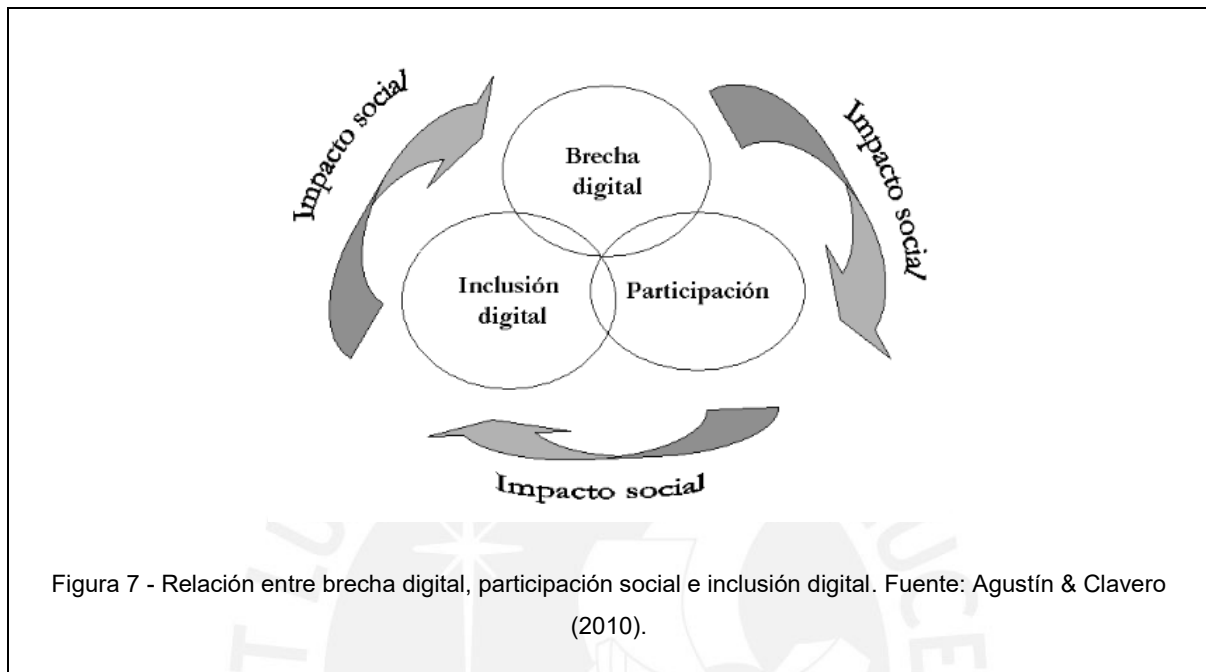
Para estimar el índice de conectividad significativa rural (ICSr) y urbana (ICSu), se pueden tomar en cuenta los porcentajes de población que utilizan Internet, el promedio de la población que tiene dispositivos móviles inteligentes y el porcentaje de personas con acceso a una computadora; así como la cantidad de población con acceso a banda ancha fija y con cobertura de redes móviles avanzadas (IICA et al., 2020).

#### 2.1.2 Brecha Digital

La **brecha digital** se define inicialmente como la desigualdad entre los que tienen y no tienen una computadora, para acceder a Internet y a sus servicios y contenidos (Agustín & Clavero, 2010). Sin embargo, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, 2001) expone un concepto más íntegro, definiéndola como “el **desfase o división** entre individuos, hogares, áreas económicas y geográficas con diferentes niveles socioeconómicos con relación tanto a sus **oportunidades de acceso a las tecnologías de la información** y a la comunicación como al uso de Internet para una amplia variedad de actividades”.

Adicionalmente, el concepto de **inclusión digital** fue acuñado el 2003, por la *Communication Rights in the Information Society* (CRIS), como el **conjunto de políticas públicas** relacionadas con la construcción, administración, expansión, ofrecimiento de contenidos y desarrollo de capacidades locales en las redes digitales públicas, en cada país y en la región, considerando la privacidad, seguridad y equidad para todos los ciudadanos, con lo cual forma parte integral de un proceso anunciado como democratizador (Robinson, 2005).

La **participación social** cierra el círculo que relaciona la brecha digital y la inclusión digital, ya que aporta iniciativas y **necesidades propias de cada población**, para alcanzar objetivos económicos y sociales comunes en busca de una mejor calidad de vida de determinada sociedad (Agustín & Clavero, 2010).



Un estudio presentado por la Asociación Iberoamericana de Centros de Investigación y Empresas de Telecomunicaciones, realizado por Convergencia Research (2013) considera que para analizar la brecha digital se debe tener presente las siguientes dimensiones:

**Brecha de infraestructura:** red con cobertura total para la población urbana y rural.

**Brecha de adopción o acceso:** brecha entre los que tienen cobertura de red y no contratan los servicios, debido principalmente a la brecha socioeconómica. Hay dos problemáticas adicionales clave: La capacidad de pago del servicio y un dispositivo. La motivación, relacionada con aspectos culturales y educativos, y con encontrarle valor a estar conectado a Internet.

**Brecha de conocimiento y uso:** una vez conectado, la brecha de uso es la diferencia entre las aplicaciones disponibles y las que se utilizan. Las aplicaciones deben ser útiles y estar disponibles a precios disponibles (Convergencia Research, 2013).

### 2.1.3 Banda Ancha

La entidad estadounidense *Federal Communications Commission* (FCC, 2020b), define la banda ancha como la característica de una red de telecomunicaciones que permite, a los usuarios del servicio, el acceso de alta velocidad a Internet, y extrapola el concepto hacia las redes de telecomunicaciones en general, que brindan servicios de alta velocidad tanto de datos como de Internet, en redes cableadas e inalámbricas.

En el Perú, según resolución ministerial aprobada en junio del 2018, N° 482-2018 MTC/01.03, la velocidad mínima considerada como “Banda Ancha”, fija y móvil, es de 4Mbps de descarga (*download*) y 1 Mbps de carga (*upload*), siendo considerada como “descarga” la velocidad de transferencia en el sentido: red hacia el usuario final, y “carga” en el sentido: usuario final hacia la red (Resolución Ministerial N.° 482-2018 MTC/01.03, 2018)

Tabla 4- Velocidad Mínima para el acceso a Internet fijo y móvil de banda ancha fijada por el Estado Peruano.

Fuente: Resolución Ministerial N.° 482-2018 MTC/01.03 (2018).

Año	Velocidad mínima de descarga (Download)	Velocidad mínima de carga (Upload)
2018	4 Mbps	1 Mbps

La FCC es más exigente, y considera que las velocidades mínimas para que un servicio sea considerado de “Banda Ancha”, son 25Mbps de descarga y 3Mbps de carga para redes fijas y 10Mbps y 3Mbps respectivamente para redes móviles. La FCC considera que ésta es la mínima velocidad que posibilita al usuario originar y recibir video y voz de alta calidad, así como datos a alta velocidad (FCC, 2020a).

Tabla 5 - Velocidad Mínima para el acceso a Internet fijo y móvil de banda ancha fijada por la FCC. Fuente: FCC (2020a).

Año - Red	Velocidad mínima de descarga (Download)	Velocidad mínima de carga (Upload)
2015 - Redes fijas	25 Mbps	3 Mbps
2015 - Redes móviles	10 Mbps	3 Mbps

#### 2.1.4 Infraestructura de Red de Banda Ancha

La infraestructura de red banda ancha se subdivide en: transporte, distribución y acceso.

Las redes de transporte son de alta capacidad, entre 100Gbps y 800Gbps por cada canal de transmisión. Normalmente se utilizan enlaces de fibra óptica y protocolos de transporte como *Optical Transport Networking* (OTN) para el empaquetamiento del gran flujo de información en contenedores, que facilitan la operación y mantenimiento (O&M), y para aplicar topologías de protección de alta disponibilidad. Estas redes maximizan el uso de los recursos ópticos, utilizando estándares como el ITU-T G.694.1 para multiplexar varias señales ópticas de alta capacidad sobre un mismo filamento de fibra óptica con *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) (ITU-T G.694.1, 2020).

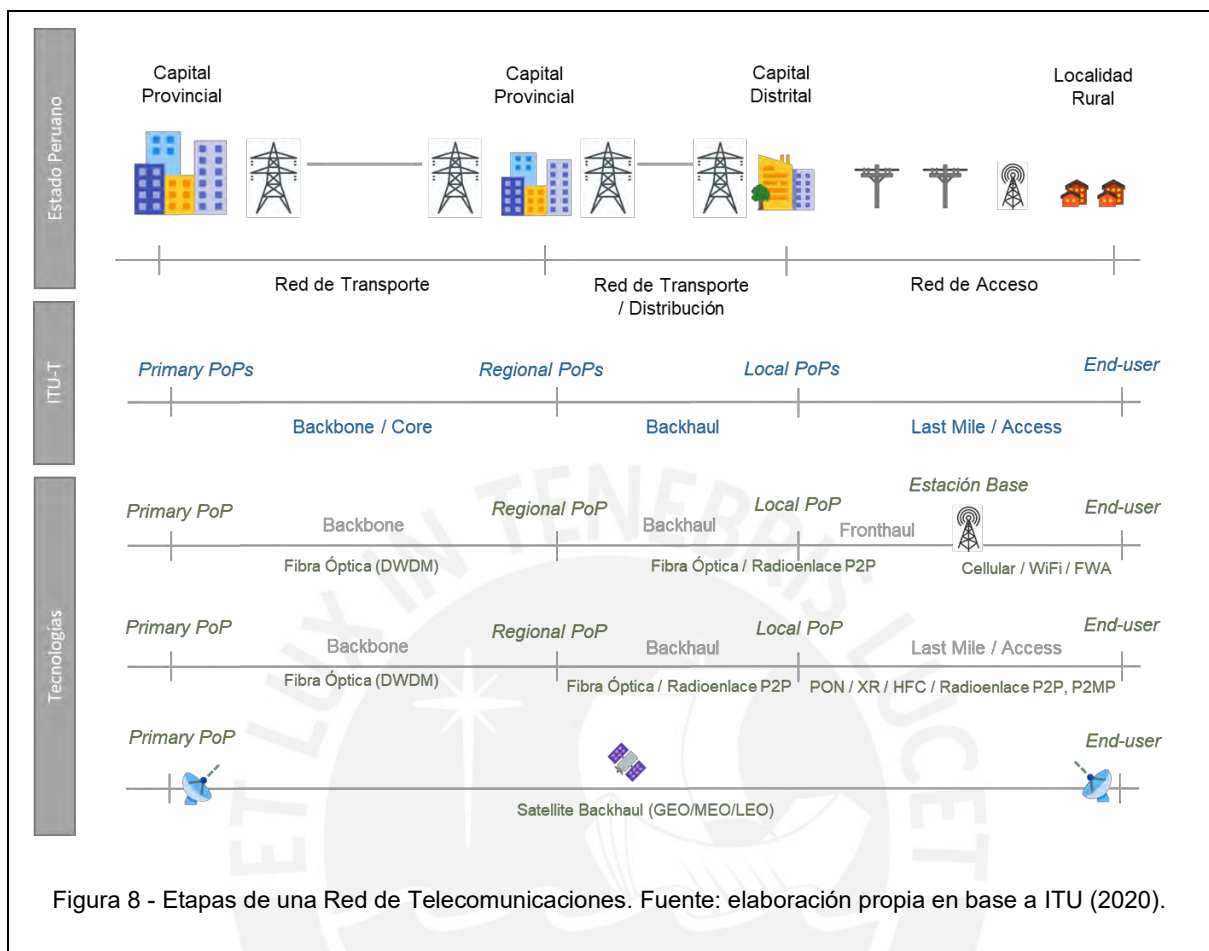
Las redes de distribución pueden utilizar enlaces de fibra óptica como medio de transporte los, o enlaces de radio microondas punto a punto. Las velocidades de transmisión también son altas, entre 10Gbps y 200Gbps por cada canal de transmisión. Para hacer uso efectivo de los recursos ópticos se utilizan estándares como *Coarse Wavelength Division Multiplexing* (CWDM) y DWDM. Así mismo se pueden transmitir enlaces 10GbE o 100GbE directamente sobre los filamentos de fibra óptica, haciendo uso de *transceivers* ópticos, o sobre radio microondas punto a punto de alta capacidad.

Las redes de acceso o de última milla, son las encargadas de llevar la información desde los nodos finales de telecomunicaciones hasta los usuarios. Las tecnologías de acceso pueden utilizar filamentos de fibra óptica activa o pasiva (*Passive Optical Network - PON*), radios microondas punto a punto (PTP) y radios punto multipunto (PMP), enlaces ópticos aéreos (*Free Space Optics – FSO*), accesos satelitales y accesos a través de las redes móviles 3G, 4G o 5G (ITU,2020).

Las redes de transporte de alta capacidad unen continentes, países y provincias; las redes de distribución unen las capitales de provincia con las capitales de distritos, y las redes de acceso unen las capitales de distrito hasta las localidades rurales y usuarios finales. Estas subdivisiones o componentes pueden recibir otros nombres en diferentes países, de acuerdo con la región o tipo de tecnología utilizada.

En el presente estudio tomará especial atención a las acciones sobre las redes de acceso de banda ancha, porque que las redes de transporte y distribución nacionales, como la RDNFO, están completamente operativas y cuentan con alta capacidad de transferencia de información.





En el presente estudio tomará especial atención a las acciones sobre las redes de acceso de banda ancha, porque que las redes de transporte y distribución nacionales, como la RDNFO, están completamente operativas y cuentan con alta capacidad de transferencia de información.

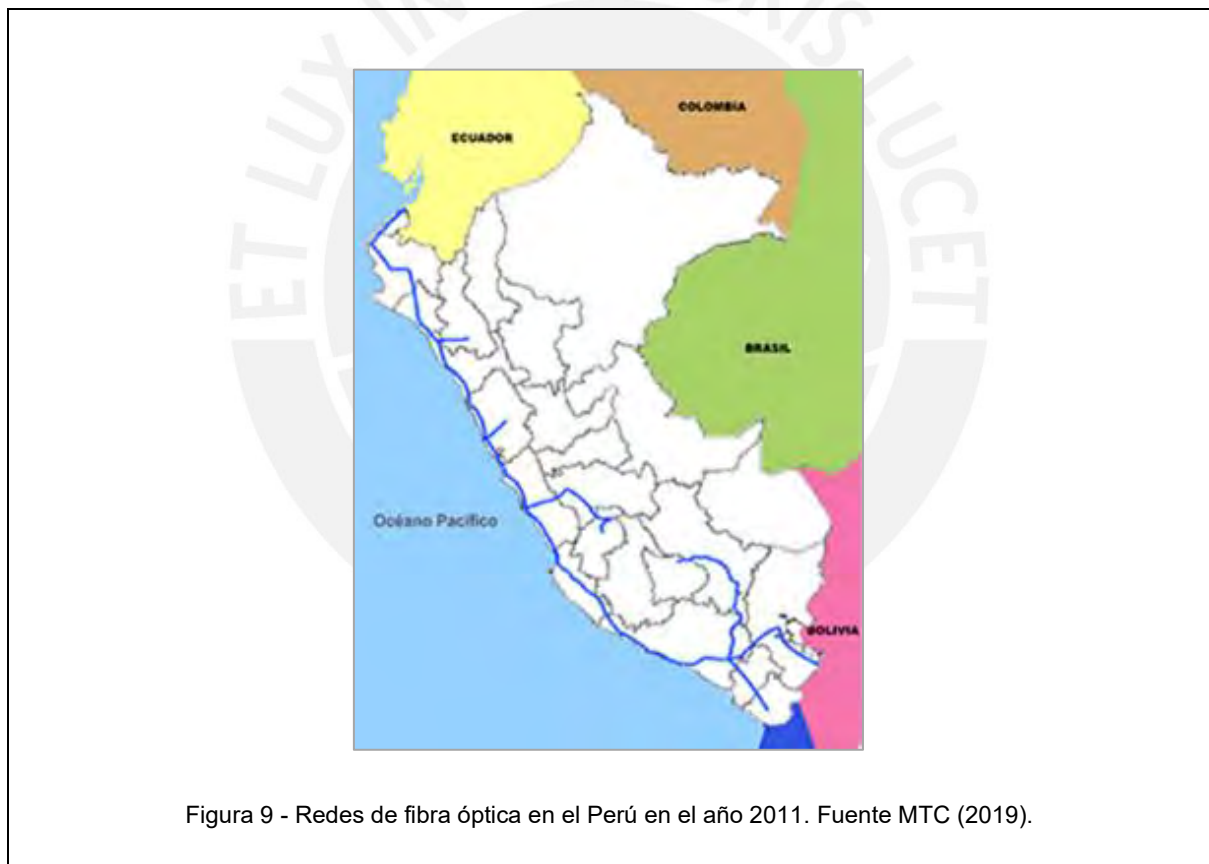
En adición a los operadores de telecomunicaciones tradicionales, uno de los actores involucrados en el despliegue de infraestructura de red son los proveedores de Infraestructura Pasiva. El 2014, el Estado Peruano aprobó la inscripción de proveedores de Infraestructura Pasiva para Servicios Públicos Móviles con DS N° 024-2014-MTC, y los definió como las empresas que, sin ser un concesionario de servicios públicos de telecomunicaciones, cuentan con infraestructura de soporte aérea, terrestre o subterránea. Sus redes tiene torres, postes, ductos, cámaras, cables, entre otros (MTC, 2014).

En la actualidad, hay registradas 58 empresas operadoras de Infraestructura Pasiva, en el Registro de Proveedores de Infraestructura Pasiva para Servicios Públicos Móviles, solo 2 de

ellas inscritas en la Región Lambayeque y 56 en las Regiones de Lima y Callao (MTC, 2014). Entre las empresas más grandes figuran Torres Unidas del Perú SRL, Redes Ópticas SAC, Telxius Torres Perú SAC y Ufinet Perú IP.

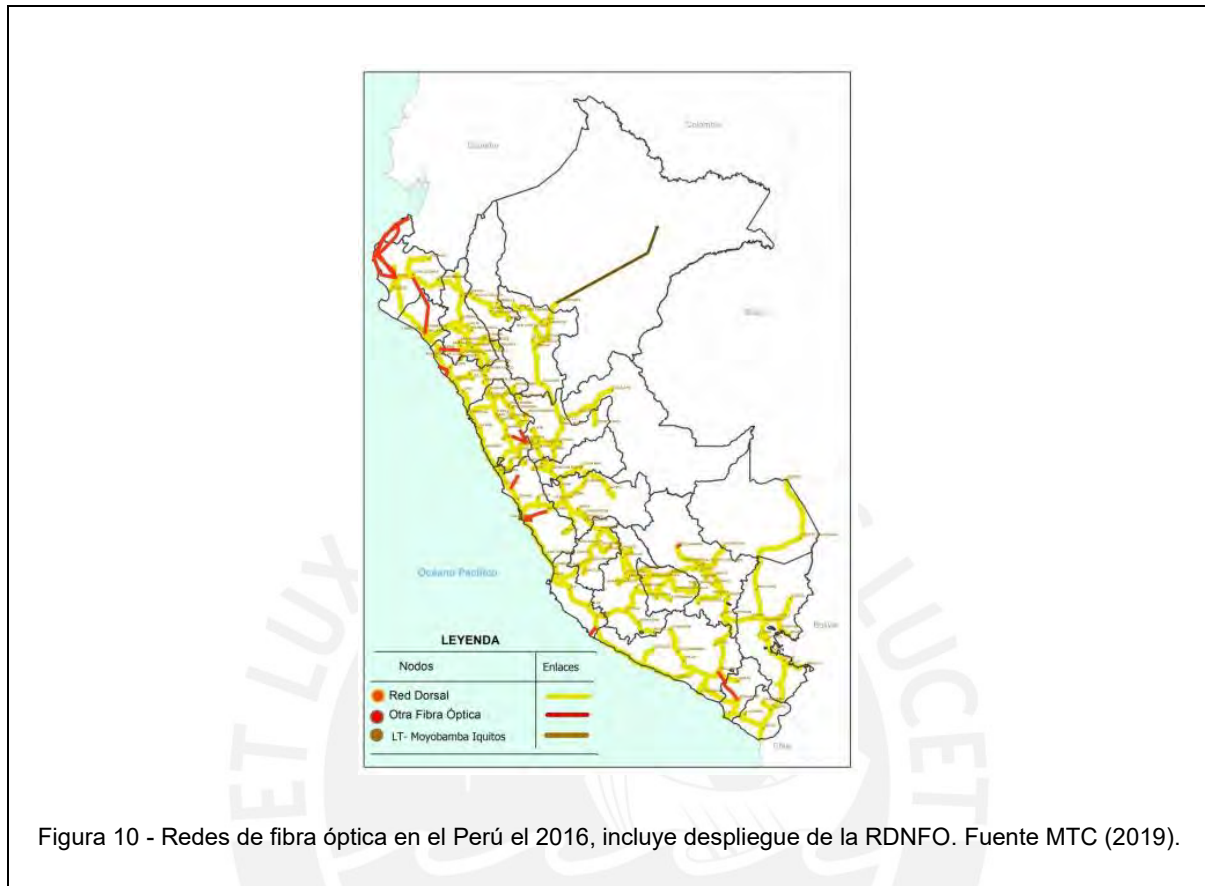
### 2.1.5 Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica

En el año 2011, las redes de fibra óptica en el Perú se encontraban desplegadas principalmente en la zona de la costa, donde se concentran las ciudades y empresas más grandes del país. Solo algunas ramificaciones llegaban a departamentos como Cajamarca, Junín, Puno, Ancash, Arequipa y Cajamarca. Hasta el 2013, la cobertura brindada por los Operadores de Telecomunicaciones privados se limitaba a 71 capitales de provincia, primando el despliegue en la costa y con elevados costos de ancho de banda de transporte (MTC, 2019).



Debido al bajo nivel de penetración, el Estado Peruano impulsó y ejecutó la construcción de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica. El 17 de junio de 2014, se suscribió con la empresa Azteca Comunicaciones Perú S.A.C. el Contrato de Concesión por 20 años del proyecto “Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica” por USD \$ 333 millones. La red inició operación en mayo

del 2015, tiene aproximadamente 13,636 km de extensión de fibra óptica, cubre 22 capitales de región, 180 capitales de provincia, 136 localidades, y contiene 315 nodos (MTC, 2021b).



Los datos técnicos con los que fue construida la RDNFO muestran que tiene capacidad suficiente para atender los requerimientos de transporte de Internet a nivel nacional, con 40 portadoras ópticas (lambdas) de 100G de crecimiento en una primera etapa, y capacidad de ampliación de hasta 80 lambdas de requerirse.

Tabla 6 - Datos técnicos de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica. Fuente: elaboración propia en base a Alcatel Lucent (2015).

RDNFO	Dato Técnico
Capa óptica	DWDM @ 100GHz
Despliegue WDM inicial	DWDM, 12 portadoras ópticas en 5 anillos Core
Capacidad de WDM	DWDM, hasta 40 lambdas en banda C
Escalabilidad de WDM	DWDM, hasta 80 lambdas
Capacidad de las portadoras ópticas	10GbE óptica tradicional, en distribución y acceso 100GbE óptica coherente, en anillos Core
Equipos DWDM	Nokia Alcatel 1830 PSS
Protocolo de red	IP/MPLS

Equipos IP/MPLS	Nokia Alcatel 7750-SR y 7720 SAS
Disponibilidad	99.999% (DWDM y MPLS Fast Re-Route FRR)
Nodos Core	8
Nodos de Distribución	180
Nodos de Agregación	22
Nodos de Conexión	136

El total de la oferta económica del contrato de concesión de la RDNFO contempla dos tipos de retribución, la Retribución por Inversiones (RPI) de pago trimestral por cada entrega, y la Retribución por Operación y Mantenimiento (RPMO) que se paga trimestral por cada entrega equivalente a los costos de operación y mantenimiento de la red (MTC & ProInversión, 2014).

El pago trimestral del RPI retribuye la inversión en que ha incurrido el concesionario, es incondicional e irrevocable, y se encuentra compuesto de 60 pagos trimestrales. Por otro lado, los pagos trimestrales del RPMO iniciaron con el acta de conformidad para el inicio de operaciones, y requieren de un informe de operatividad general del servicio de la red por parte de OSIPTEL. El valor del RPMO es ajustado trimestralmente de acuerdo con el índice internacional actualizado de productos terminados menos alimentos y energía: WPSSOP3500 (*Finished Goods Less Foods and Energy*), publicado por el Departamento de trabajo del Gobierno de los Estados Unidos de América, que en junio del 2014 era 188.5 y en abril del 2021 es 214.7 (MTC & ProInversión, 2014).

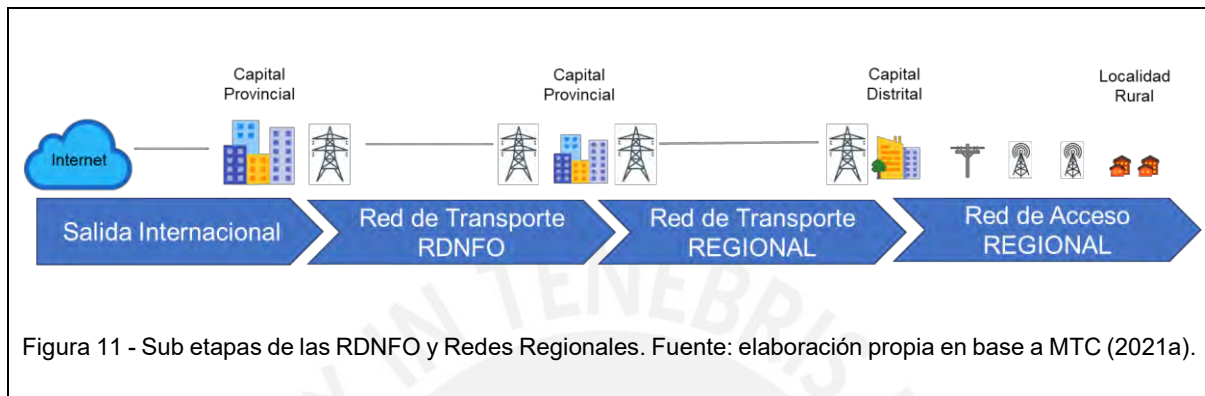
Uno de los inconvenientes de la RDNFO es que el único servicio que puede ser brindado es el de portador local, y la tarifa única durante los primeros cinco (05) años de operación es de USD \$ 23 dólares mensuales más IGV por cada Mbps, tarifa a ser actualizada en octubre del 2021 (MTC, 2021b).

### **2.1.6 Proyectos Regionales**

La Secretaría Técnica del Fondo de Inversión en Telecomunicaciones (FITEL), ahora Programa Nacional de Telecomunicaciones (PRONATEL), de acuerdo con las facultades dadas en el artículo 7.4 de la Ley N° 29904, formuló veintiún (21) Proyectos Regionales, de los cuales todos están adjudicados, doce (12) se encuentran en proceso de instalación, tres (03) están en reformulación y juicio, y solo seis (06) están operativos (MTC, 2021a). El detalle de estado de los proyectos regionales se muestra en la “Situación Actual” del Capítulo I.

Los 21 proyectos regionales son complementarios a la RDNFO e involucra el despliegue de

más de 30 mil kilómetros de fibra óptica, con alcance a las de capitales de distrito, partiendo desde los nodos de distribución de la RDNFO que se encuentran en las capitales de provincia. Asimismo, incluyen la implementación de una red de acceso inalámbrico que tiene como función principal brindar la cobertura de los servicios en las localidades beneficiarias (MTC, 2021a).



Los proyectos regionales permiten conectar a 1,530 capitales de distrito, que conforman el 82% de los distritos del país. Eso implica que más de 6,620 localidades tendrán acceso a Internet de alta velocidad, beneficiando a alrededor de 4 millones de peruanos, 7,348 instituciones educativas, 3,735 establecimientos de salud y 566 dependencias policiales. Asimismo, está permitido que accedan a los servicios aquellos hogares, entidades privadas y otras instituciones públicas que estén dentro del área de influencia de los proyectos (MTC, 2021a).

El financiamiento total es de US\$ 1,909 millones, han sido cofinanciados por el Estado y son operados por empresas privadas. Estos montos incluyen el despliegue de redes de transporte, y la operación y mantenimiento de la red de acceso. La componente de red de transporte será devuelta al Estado, y la operación y mantenimiento de dicha parte son integrados a la RDNFO (MTC, 2021a).

El Estado ha establecido los topes tarifarios para el servicio de Internet brindado por los proyectos regionales, aplicable solo a las Instituciones Públicas. La tarifa mensual para la velocidad de descarga de 2Mbps, garantizada al 40% es S/ 97.59 soles con IGV, y para 4Mbps es S/ 142.06 soles con IGV. Las empresas concesionarias pueden emplear precios menores si lo consideran necesario (OSIPTTEL, 2018).

Tabla 7 - Topes tarifarios para el servicio de Internet en por los proyectos regionales. Fuente: OSIPTEL (2018).

Velocidad de Descarga	Velocidad mínima garantizada	Renta Mensual (S/ con IGV)
2Mbps	40%	S/ 82.70
4 Mbps	40%	S/ 120.39

Osipitel indica que al 2018, el 83% de las Instituciones del Estado necesitan velocidades entre 1 y 4Mbps, mientras que el 17% requieren velocidades mayores, cifras que superan las velocidades de banda ancha consideradas hasta el momento, por ello se proponen nuevos precios y velocidades de descarga adicionales de hasta 40Mbps, con precios aproximados al precio de mercado (OSIPTEL, 2018).

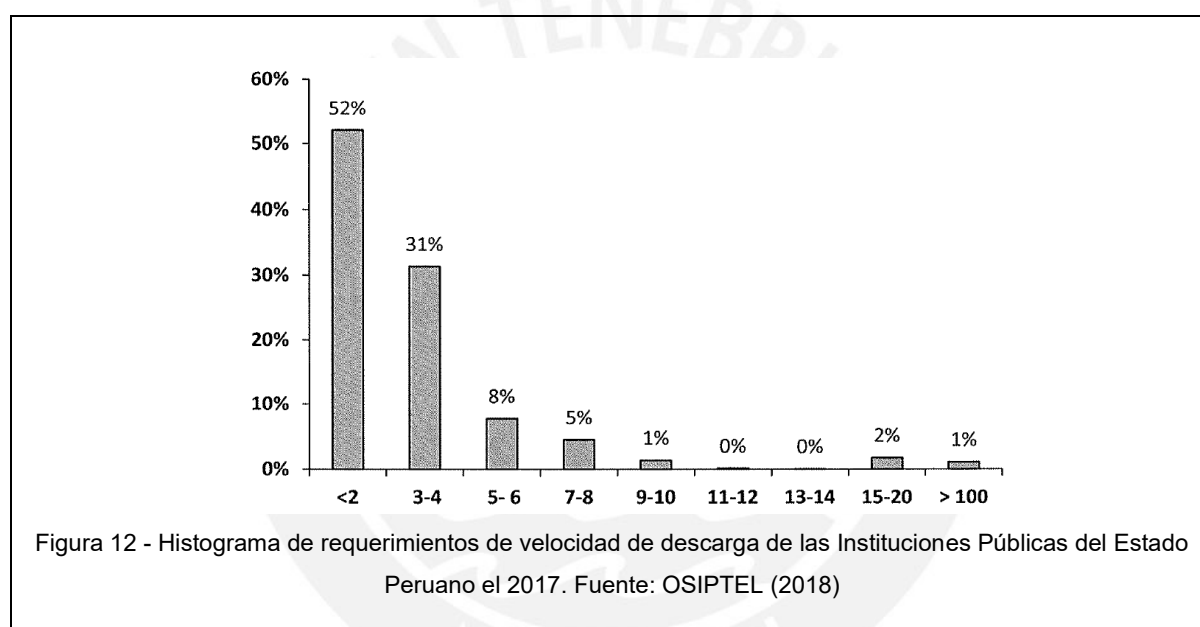
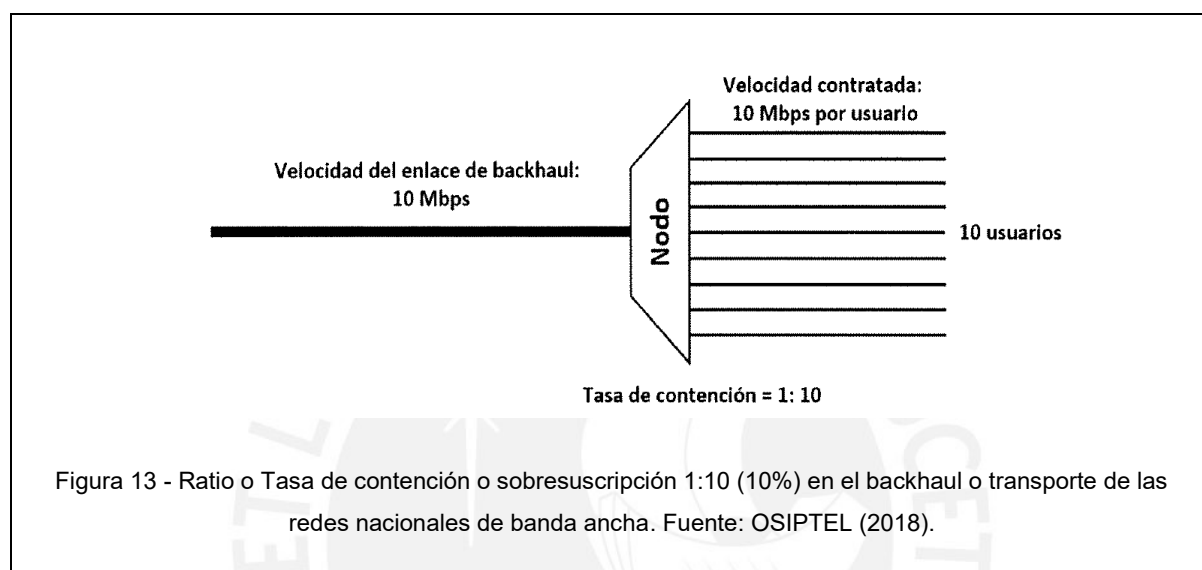


Tabla 8 - Topes tarifarios propuestos por OSIPTEL para el servicio de Internet, con overbooking, brindado por las redes nacionales de banda ancha, y aplicable a las Instituciones Públicas. Fuente: OSIPTEL (2018).

Velocidad de Descarga (Mbps)	Velocidad mínima garantizada (%)	Propuesta (S/ con IGV)
2	40%	S/ 89.72
4	40%	S/ 134.31
8	40%	S/ 166.73
12	40%	S/ 182.48
20	40%	S/ 203.94
40	40%	S/ 245.14

Es importante señalar que estos precios consideran una ratio de contención de 1:10 en el servicio de transporte o *backhaul*, que se define como el cociente entre la máxima demanda potencial y el ancho de banda real en el *backhaul*, es decir, la cantidad de usuarios que podrían compartir la capacidad del enlace del proveedor. La velocidad ofrecida nunca debe ser mayor que la velocidad del enlace. El Radio de Contención en los proyectos regionales es del 10% (OSIPTEL, 2018). Aún los nuevos precios propuestos son muy altos comparados con los precios de mercado, que siguen disminuyendo cada mes.



### 2.1.7 REDNACE y RNIE

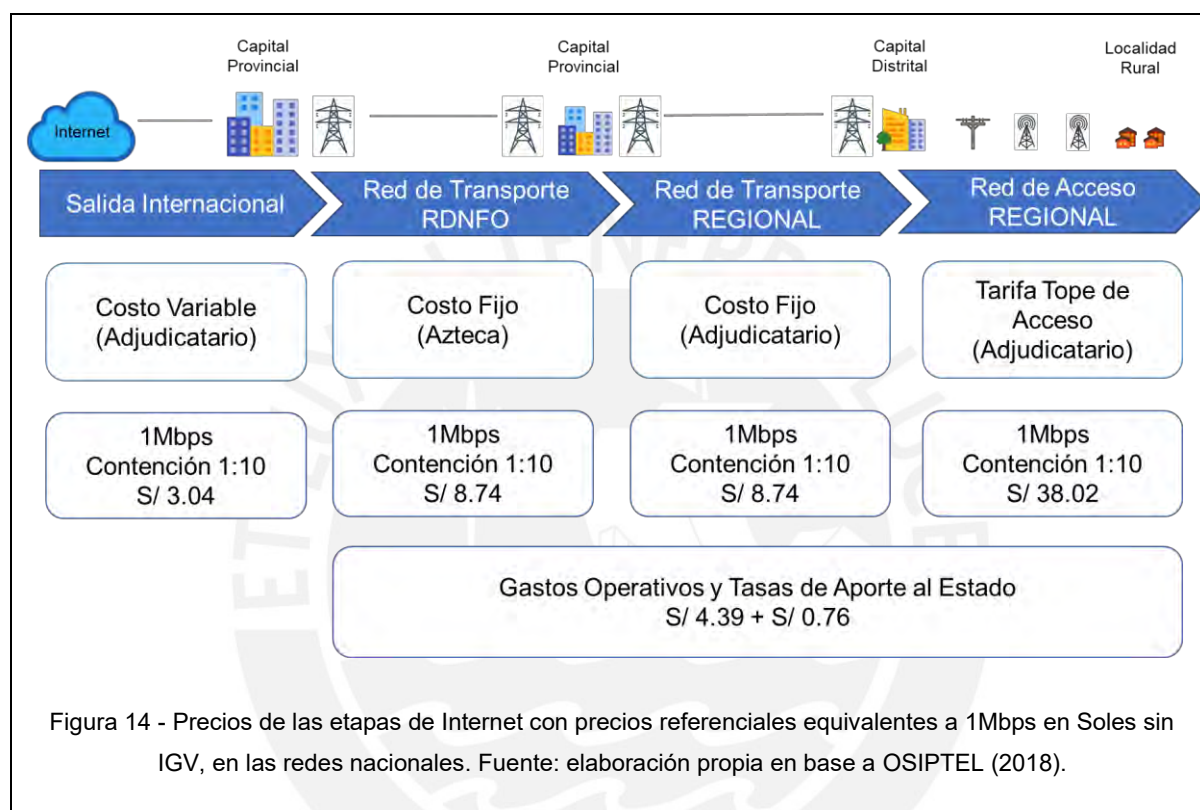
La Red Nacional del Estado (REDNACE) y la Red de Investigación y Educación (RNIE) se crean por los artículos 17 y 29 de la Ley de Banda Ancha. A pesar de que en la Ley se mencionan ambas redes con nombre propio, respecto a la RNIE la Ley no la detalla ni desarrolla ampliamente, solo delega al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (CONCYTEC) su implementación, y las considera como una única red, pero con dominios de gestión y monitorización separados, y se prevé para ellas la reserva de un porcentaje de capacidad de la RDNFO (Ley N.º29904, 2012).

La resolución suprema 006-2018-MTC, determina en 9% el porcentaje de reserva de la capacidad de Telecomunicaciones de la RDNFO para la implementación de la REDNACE, durante el periodo 2018. Este porcentaje será actualizado periódicamente mediante resolución suprema refrendada por el MTC y en función a la demanda (Resolución Suprema N.º 006-2018-MTC, 2018).



## 2.1.1 Costos y Tarifas en las Redes Nacionales

En las redes nacionales de banda ancha del Perú, el precio de venta está conformado por el costo de la salida internacional, el costo de la red de transporte correspondiente a la RDNFO, el costo de la red de transporte correspondiente a los Proyectos Regionales, el costo de la red de acceso de los Proyectos Regionales, los gastos operativos y las tasas de aportes al Estado; estas últimas referidas a los aportes a PRONATEL, MTC y OSIPTEL.



Si se analizan los precios de cada una de las etapas, considerando los enlaces como canales de transporte sin ningún nivel de contención o sobresuscripción, es decir *clear channels*, y en la red de acceso regional una velocidad de descarga garantizada de 40%, el precio total en soles sin IGV, por 1 Mbps, asciende a S/ 267 soles mensuales.

Tabla 9 – Cuadro de precios de las etapas de 1Mbps de Internet Clear Channel, en Soles sin IGV, en las redes nacionales. Fuente: OSIPTEL (2018).

Servicio Final de Banda Ancha	Velocidad	USD / mes	TC USD	SOLES / mes	Observación
Salida Internacional	1Mbps	\$ 8.00	3.80	S/ 30.40	Clear Channel
Red de Transporte RDNFO	1Mbps	\$ 23.00	3.80	S/ 87.40	Clear Channel
Red de Transporte REGIONAL	1Mbps	\$ 23.00	3.80	S/ 87.40	Clear Channel
Red de Acceso Regional	1Mbps			S/ 38.02	Garantizado 40%



Gastos Operativos	1Mbps	\$ 11.54	3.80	S/ 43.85	Clear Channel
Tasas de aporte al Estado	1Mbps			S/ 0.76	Pronatel, MTC, Osiptel
Total, Soles sin IGV (S/)	1Mbps			S/ 287.83	

Adicionalmente, si se considera una contención de 1:10 en las redes de transporte y manteniendo el 40% de descarga garantizada en la red de acceso, el precio total en soles sin IGV, por 1Mbps, asciende a S/ 63.68.

Tabla 10 - Cuadro de precios de las etapas de 1Mbps de Internet con contención 1:10, en Soles sin IGV, en las redes nacionales. Fuente: OSIPTEL (2018).

Servicio Final de Banda Ancha	Velocidad	USD / mes	TC USD	SOLES / mes	Observación
Salida Internacional	1Mbps	\$ 8.00	3.80	S/ 3.04	Contención 1:10
Red de Transporte RDNFO	1Mbps	\$ 23.00	3.80	S/ 8.74	Contención 1:10
Red de Transporte REGIONAL	1Mbps	\$ 23.00	3.80	S/ 8.74	Contención 1:10
Red de Acceso Regional	1Mbps			S/ 38.02	Garantizado 40%
Gastos Operativos	1Mbps	\$ 11.54	3.80	S/ 4.39	Contención 1:10
Tasas de aporte al Estado	1Mbps			S/ 0.76	Pronatel, MTC, Osiptel
Total, Soles sin IGV (S/)	1Mbps			S/ 63.68	

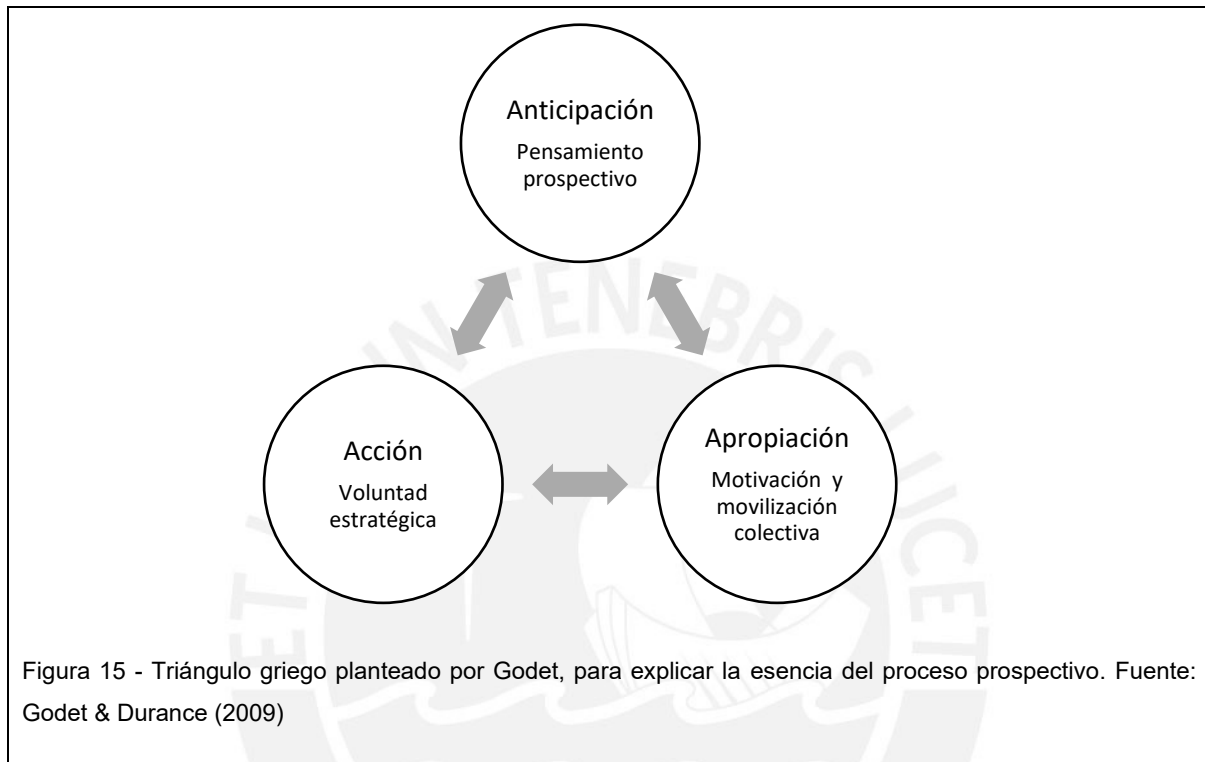
Por el contrario, el precio de venta de servicio de Internet por 1Mbps, de los operadores hacia los usuarios finales está en contante descenso. La tarifa promedio por 1Mbps ha tenido una variación acumulada del -95.1% en los últimos 5 años, desde último cuarto del 2015 hasta el último cuarto del 2020, llegando a costar actualmente S/ 1.1 soles mensuales por 1Mbps más IGV. Las tarifas promedio se calculan dividiendo los ingresos por cada conexión del servicio de acceso a Internet fijo y la velocidad promedio de cada conexión (PUNKU, 2021).

Por ejemplo, un hogar peruano que tiene contratado el servicio de Internet fijo de 100Mbps a un operador de telecomunicaciones debería estar pagando en promedio, a finales del 2020, S/ 110 soles mensuales sin IGV, solo por la componente de Internet dentro de los servicios adicionales que usualmente recibe, como alquiler del modem, telefonía y televisión por cable.

### 2.1.2 Prospectiva

La prospectiva es una previsión, preactiva y proactiva, de carácter participativo, que debe tener como objetivo la eficacia de la acción, y que permite aclarar las acciones presentes a la luz de los futuros posibles y deseables. Es observar el presente a partir del futuro (Godet & Durance, 2009). La preactividad es prepararse para los cambios previsibles, y la proactividad es actuar para provocar los cambios deseados.

El triángulo griego de la prospectiva estratégica considera la **anticipación**, como la producción de imágenes de futuro y pensamiento prospectivo; la **apropiación**, como la socialización de la información fomentando la interacción con los actores; y la **acción**, que consiste en la puesta en marcha en concordancia con un plan estratégico (Godet & Durance, 2009). El presente estudio exploratorio se focaliza en la anticipación.



Existen dos enfoques prospectivos que agrupan diversas herramientas metodológicas para el desarrollo del estudio: el **enfoque anglosajón** o *corporate foresight*, que sostiene que la tecnología es el principal motor de cambio en la sociedad y en el rumbo del futuro (Ortega, 2016); y el **enfoque francés**, que lideró Michel Godet, y que considerar el entorno y acciones sociales como principales modificadores o creadores del futuro (Godet & Durance, 2009). La presente tesis toma métodos exploratorios y de la validación del enfoque anglosajón y métodos de construcción de futuribles del enfoque francés.

El *foresight* emerge en los ochenta como una actividad de pronóstico tecnológico centrado en la evolución de la ciencia y tecnología, seguidamente vinculó tecnología con desarrollo de mercado; y posteriormente comprometió actores sociales para manejar sistemas más complejos. Finalmente involucra la innovación y considera distintas dimensiones del entorno: social, económico, político, entre otros. *Foresight*, nos permite anticipar y proyectar escenarios acordes a las necesidades a mediano y largo plazo, utilizando técnicas formales

para entregar construcciones estratégicas guía, metas posibles y probables de fácil comprensión, maximizando el compromiso con los resultados debido al enfoque multidisciplinario y métodos participativos; para iniciar la construcción del futuro desde hoy (Ortega, 2016). *Corporate Foresight* es el uso del *Foresight* en las empresas.

### 2.1.2.1 Etapas de Ejecución

Ortega (2016) sugiere 7 etapas para la ejecución de un estudio prospectivo. El siguiente cuadro muestra las etapas asociadas a los principales instrumentos metodológicos, e indica cuáles de ellos serán utilizados en la presente tesis:

Tabla 11 - Etapas en la ejecución de un estudio prospectivo Corporate Foresight. Fuente: elaboración propia en base a Ortega (2016).

Métodos	Etapas de Ejecución	Instrumentos Metodológicos	Tesis
<b>Métodos exploratorios:</b> Se identifican los drivers.	1. Búsqueda y análisis de información relevante. 2. Identificación de drivers.	Exploración del entorno	x
		Análisis de tendencias	x
		Vigilancia tecnológica	x
		Análisis Morfológico	
		Árbol de pertenencias	
<b>Métodos de validación:</b> Se evalúa la calidad de los drivers.	3. Validación de los drivers. 4. Identificación de los drivers relevantes.	Encuesta Delphi a expertos	x
		Ábaco de Regnier a expertos	
<b>Métodos de construcción de futuribles:</b> Se identifican los posibles cursos de acción del futuro.	5. Construcción de escenarios. 6. Validación de escenarios.	Ejes de Schwartz	
		Análisis Estructural Micmac	x
		Análisis Morfológico	
		Impactos Cruzados probabilísticos	x
<b>Métodos de apoyo a la definición de estrategias:</b> Se entrega información con alto valor agregado.	7. Preparación y presentación del informe final.	Retrospectiva del futuro	
		IGO	
		FODA	
		Análisis Multicriterio	

En el presente estudio se desarrollarán las etapas de ejecución 1 a la 6, manteniendo fuera del alcance la definición de estrategias.

### **2.1.2.2 El Driver**

El *driver* o factor de cambio, es la unidad básica de la incertidumbre, es una “variable, fenómeno o evento cuyo comportamiento o aparición puede generar un cambio significativo en el futuro del tema bajo estudio”. El *driver* como variable, puede tomar distintos valores a lo largo del tiempo. Es inestable, por ejemplo: el precio del Mbps de Internet. El *driver* como fenómeno, es un conjunto de variables que se comportan como un todo, por ejemplo: la globalización o la densificación de las ciudades. El *driver* como evento, es una situación que puede generar un escenario disruptivo, por ejemplo: una pandemia o la confirmación que las ondas radioeléctricas dan cáncer. El escenario futuro o “futurible” se construye por la combinación de ciertos drivers (Ortega, 2016).

Se deben especificar los posibles movimientos de los *drivers*, dependiendo de los valores, estados u ocurrencia que puedan tomar en el futuro, y es necesario considerar también un indicador o medida de referencia, para comparar o medir los movimientos del *driver*.

### **2.1.2.3 Métodos Exploratorios**

#### **2.1.2.3.1 Vigilancia Tecnológica**

La vigilancia tecnológica es el proceso de búsqueda de información tecnológica de sustento para un proceso de toma de decisiones informadas. Adicionalmente, esta información debe ser analizada y confrontada con información comercial y del entorno, complementando el término a vigilancia e inteligencia tecnológica (MINCTIP, 2015).

El proceso de vigilancia tecnológica tiene etapas: se debe establecer claramente el objetivo, identificar qué monitorear, fijar qué información buscar y dónde encontrarla; se debe analizar, valorizar y entender cómo difundir la información, establecer a quiénes debe dirigirse y los medios a utilizar para ese fin (MINCTIP, 2015).

El estudio bibliométrico es parte del proceso de vigilancia tecnológica, e identifica tendencias de investigación e indicadores dentro de los documentos de producción científica. Esta información debe ser valorizada y analizada aplicando estadística y métodos matemáticos con la información de los títulos, palabras clave, resúmenes, entre otros datos (Solano López et al., 2009)

Existen herramientas informáticas útiles para el análisis bibliométrico, principalmente basadas en minería de datos, VOSviewer® es una herramienta para visualizar redes bibliométricas; Biblioshiny es un aplicativo web para Bibliometrix®, que es una herramienta programada en

lenguaje R para el análisis bibliométrico y mapas científicos. Las bases de datos de producción científica, para temas tecnológicos relacionadas a redes de telecomunicaciones, pueden ser Scopus® con 80 millones de documentos, Web of Science®, o IEEE Xplore®.

En el presente estudio, se examina el entorno tecnológico utilizando análisis bibliométrico, los resultados obtenidos de los documentos científicos se relacionan con las innovaciones actuales de las empresas que más desarrollan y fabrican en el mercado internacional, y finalmente se analizan las patentes de estas empresas en busca de los tópicos más resaltantes de I+D de esas empresas, que nos señalen las tecnologías de vanguardia y emergentes.

#### **2.1.2.3.2 Exploración del Entorno**

Es el análisis exploratorio del entorno para encontrar *drivers*. Se inicia identificando las dimensiones o vértices del entorno del sistema a evaluar. Por lo general se usa el hexágono *Steep-V* que considera los siguiente vértices o dimensiones:

- Tecnológicos (TEC)
- Políticos (POL)
- Económicos (ECO)
- Sociales (SOC)
- Medioambientales (AMB)

Para identificar la mayor cantidad de *drivers*, cada vértice o dimensión puede ser subdividido en subsistemas utilizando criterios de corte como tipos de productos o tecnologías, o distintas áreas geográficas. Si no se logran identificar suficientes *drivers*, es factible también analizar cada uno de los subsistemas desde el punto de vista de la oferta y demanda (Ortega, 2016). La exploración del entorno tecnológico se basará en el análisis bibliométrico de vigilancia tecnológica. La exploración del entorno nos ayuda a identificar *drivers* de corto y mediano plazo. Para tomar en cuenta el largo plazo, es necesario el análisis de tendencias.

#### **2.1.2.3.3 Análisis de Tendencias**

El análisis de tendencias nos permite identificar *drivers* que impactan a largo plazo. Una tendencia es una fuerza social consistente, que mueve a la sociedad en un sentido definido y en cierto período de tiempo. Proporciona una dirección de futuro (Ortega, 2016).

Si se identifican las tendencias, y se descubren las causas o *drivers* que la originan, se puede prever las consecuencias de sus impactos.

## 2.1.2.4 Métodos de Validación

### 2.1.2.4.1 Encuesta Delphi a Expertos

Según Ortega (2016), “la encuesta Delphi es una consulta a un grupo de expertos, en forma individual, por medio de la iteración sucesiva de un cuestionario, que se apoya en los resultados más frecuentes de la ronda anterior, con el fin de generar convergencia de opiniones y, de ser posible, un consenso”

Se debe obtener la opinión de actores especialistas en 2 rondas, para obtener el mayor consenso posible. Los actores deben estar equitativamente distribuidos en los vértices. La encuesta Delphi debe considerar la “aseveración” en tiempo futuro y forma afirmativa de cada *driver*, iniciando con un verbo referido al movimiento que se considere más probable. Los especialistas tendrán la posibilidad de aceptar, rechazar o comentar las afirmaciones. La “importancia” es la intensidad del impacto del driver en el sistema. La importancia puede ser alta (valor 4), media (valor 2) o baja (valor1), y debe ser llenada por los actores encuestados. La “experticia” está referida al especialista entrevistado. La experticia puede ser alta (valor 4), media (valor 2) o baja (valor1), y debe ser llenada por el entrevistador. Se debe señalar el periodo de ocurrencia, que es el horizonte de tiempo en los especialistas creen que ocurrirá la aseveración, como el presente estudio explora escenarios al 2030, los periodos serán: 2021-2024 / 2025-2027 / 2028-2030 / Ya ocurrió / Nunca. (Ortega, 2016).

Tabla 12 - Formato para tabulación de aseveraciones en encuesta Delphi. Fuente: Ortega (2016).

Aseveración	Importancia			Experticia			Periodo de Ocurrencia				
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Ya ocurrió	2021-2025	2026-2030	2031-2050	Nunca

Para identificar los consensos se utiliza la regla 80-20 de Pareto. Si el 80% de los participantes coincide en una opinión de importancia alta y media, entonces se ha llegado a un consenso. (Ortega, 2016). De darse el consenso, se procede a la presentación de los *drivers* relevantes con el nivel de importancia, incertidumbre y observaciones:

Tabla 13 - Formato para tabulación de *drivers* relevantes luego de encuesta Delphi. Fuente: Ortega (2016).

Driver	Importancia			Experticia			Incertidumbre					Observación
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Ya ocurrió	2021-2025	2026-2030	2031-2050	Nunca	

## 2.1.2.5 Métodos de Construcción de Escenarios

### 2.1.2.5.1 Análisis Estructural

El análisis estructural permite **identificar la interrelación entre los *drivers***, las relaciones de influencia y dependencia entre ellos, propias de todo análisis sistémico. Para el análisis se utilizan tablas de dos entradas “i”, “j” o matrices de análisis estructural; el llenado de estas matrices es cualitativo, y se hace por cada pareja de *drivers*. Se revisa si existe relación de influencia entre el *driver* i y el *driver* j. Si la respuesta es negativa se califica con cero (0), si la respuesta es positiva pero débil se califica con uno (01), si es positiva y media se califica con dos (02), y si la relación es fuerte se califica con tres (03). Esta matriz se llama Matriz de Influencias Directas (MDI), y debe ser llenada por el especialista que desarrolla el estudio.

En el presente estudio se utilizará la herramienta llamada “Matriz de Impactos Cruzados y Multiplicación Aplicada a una Clasificación” (MICMAC), método desarrollado por la escuela de prospectiva francesa y que utiliza el software Micmac disponible gratuitamente. Con este método, se ejecuta la potenciación de la matriz de influencias directas MDI, con la finalidad de identificar relaciones adicionales de influencia y dependencia entre las variables, dejando ver los *drivers* clave y esenciales para el crecimiento del sistema, mediante la obtención de la Matriz de Influencias Indirectas (MII). Esta matriz se calcula por iteraciones sucesivas, en cantidad sugerida por el mismo software, y desplaza las variables en su valor de influencia y dependencia, mostrando un valor escondido de algunas variables que verdaderamente impactan el sistema (La Prospective, 2021a).



# MICMAC

Version 6.1.2 - 2003 / 2004

Method created by Michel GODET and François BOURSE in 1989.

## Mapa de Influencia y Dependencia de los Drivers

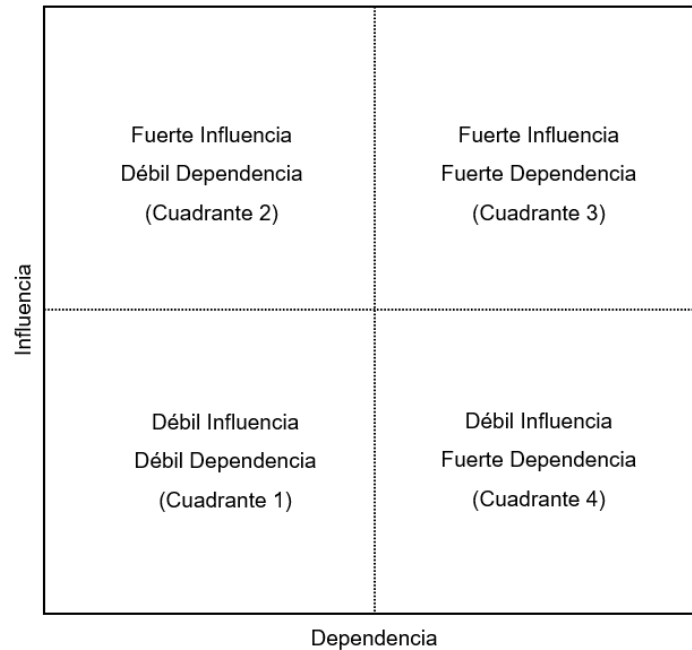


Figura 16 - Mapa de influencia y dependencia de los *drivers* ubicados por el software MICMAC Versión 6.1.2, basado en el método prospectivo creado por Michel Godet. Fuente: La Prospective (2021a).

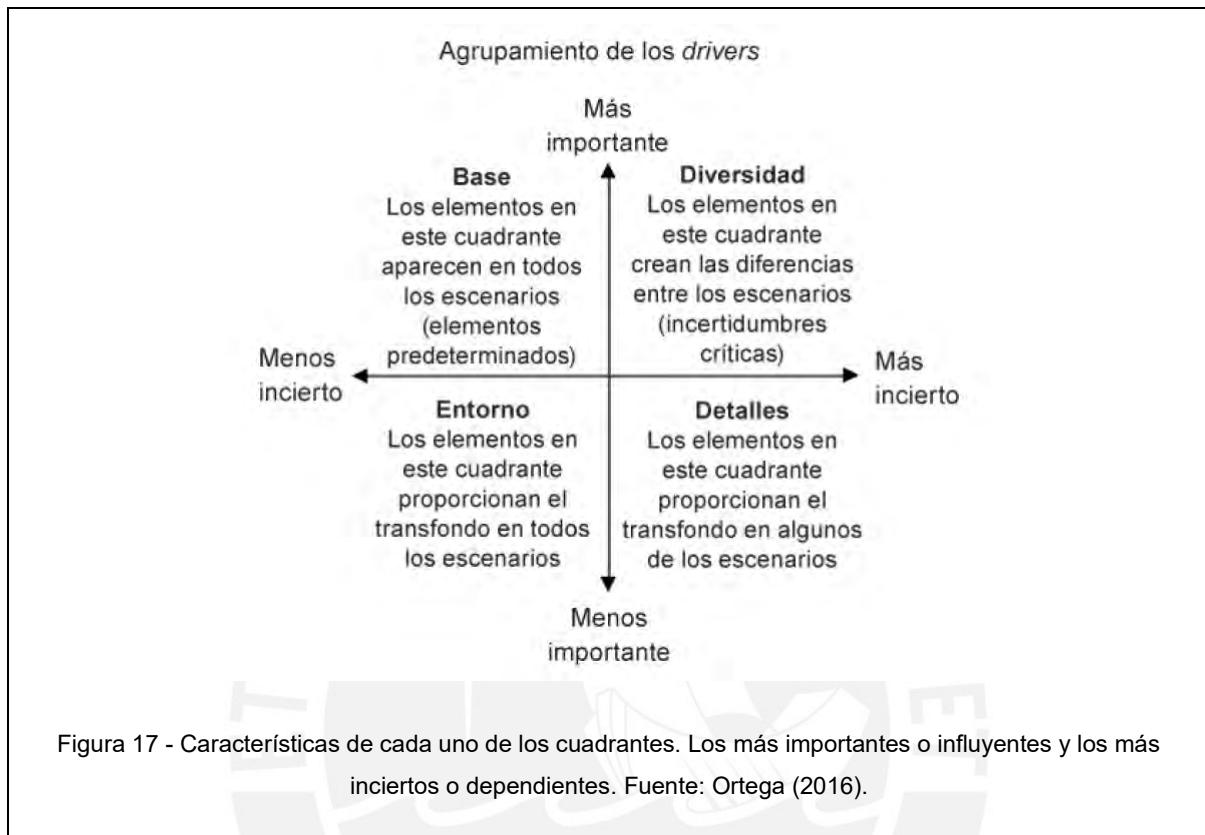
### 2.1.2.5.2 Construcción de escenarios

Ortega (2016) define un escenario como “la visión de un futuro posible internamente consistente, que nace de la combinación de las distintas alternativas en que podrían evolucionar los *drivers* clave”. Los *drivers* del cuadrante 3 son los *drivers* clave sobre los cuales se construirán los escenarios diferenciados.

Para elaborar los escenarios se deben formular primero hipótesis, con los movimientos de las variables clave y tener en cuenta que no todas las combinaciones de variables generan hipótesis consistentes. Cada variable tiene movimientos positivos (+) y negativos (-), y cada uno de ellos puede generar una hipótesis distinta, aumentando en gran medida el total de combinaciones. Los valores positivos o negativos de los movimientos no denotan juicios



positivos o negativos de los futuros posibles. Ortega (2016) sentencia que el dada la multiplicidad de temas y combinaciones, no es posible dar recetas, y la interpretación de las cadenas de *drivers* se fundamenta en el conocimiento y experiencia de los autores.



### 2.1.2.6 Validación de Escenarios

Los expertos asignan valores probabilísticos a las hipótesis, como entrada para la aplicación del método SMIC.

#### 2.1.2.6.1 Método de impactos cruzados probabilísticos

Este método, utilizado también por la escuela francesa de prospectiva, busca determinar probabilidades simples y también probabilidades de las combinaciones de estas, teniendo en cuenta las interacciones entre ellas; con el objetivo de mostrar al decisor los escenarios más verosímiles y combinaciones de hipótesis. El método aplicado se llama “Sistemas y Matrices de Impactos Cruzados” (SMIC), y utiliza el software *Smic-Prob Expert* (La Prospective, 2021b) disponible gratuitamente. El método permite que los expertos califiquen la probabilidad de materialización de cada una de las hipótesis, y a partir de ella, la probabilidad de ocurrencia de las demás. (Godet & Durance, 2009).

SMIC recibe como insumo las hipótesis y genera diferentes escenarios, calificando la probabilidad de ocurrencia de cada uno a partir de la probabilidad simple y probabilidad condicionada a la ocurrencia o no de los mismos. Finalmente, basado en la interpretación de los escenarios y fundamentado en el conocimiento y experiencia del autor, se seleccionan el escenario-meta y el escenario tendencial (Godet & Durance, 2009).

## **2.2 Marco Regulatorio**

El marco regulatorio del Estado Peruano orienta las políticas públicas hacia escenarios que garanticen el bienestar social. En el Perú, el decreto supremo N° 027-2007-PCM, posteriormente derogado por el decreto supremo N° 032-2018-PCM que lo incluye, definió inicialmente como objetivos prioritarios de la política pública el fomento al uso de las TIC, la promoción de la innovación tecnológica y la inclusión de los grupos tradicionalmente incluidos, priorizando el sector rural. Dentro de las estrategias de la Agenda Digital del Bicentenario del Perú se subraya el desarrollo en materia digital para promover la competitividad, desarrollo económico y social, y la mejorar de la calidad de vida de los ciudadanos, poniendo como uno de sus objetivos el Plan Nacional de Conectividad (Decreto Supremo N.º 027-2007-PCM, 2007)

El 2003, por decreto supremo N° 049-2003-MTC, se aprobaron los lineamientos de políticas para promover un mayor acceso a los servicios públicos de telecomunicaciones en áreas rurales y lugares de preferente interés social, y por resolución ministerial N° 127-2003-CD/OSIPTEL se establece el procedimiento para la fijación o revisión de tarifas tope en telecomunicaciones. Posteriormente, el 2014, se modifica el procedimiento considerando los contratos de concesión en telecomunicaciones, con RM N° 108-2014-CD/OSIPTEL.

En julio de 2012, la ley N° 29904 promulgó la Ley de Promoción de la Banda Ancha y Construcción de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica, a través de la cual se declaró de necesidad pública e interés nacional la construcción de la Red Dorsal, como una Red Nacional, que forma parte del Plan Nacional de Conectividad. El reglamento de la ley se establece en el decreto supremo N° 014-2013-MTC (Ley N.º29904, 2012).

El contrato de concesión de la RDNFO por 20 años con Azteca Comunicaciones Perú S.A.C., con fecha 17 de junio de 2014, presenta restricciones que prohíben prestar servicios distintos al de portador nacional y directamente a usuarios finales, así como limitaciones para flexibilizar el precio del servicio (Banco Mundial, 2019).

Tabla 14 - Restricciones Legales del contrato de Concesión del Estado Peruano con Azteca Comunicaciones.  
Fuente: Informe 2, anexo 1, tabla 10, del Banco Mundial (2019).

Restricciones legales y contractuales	Cláusulas del Contrato de Concesión
<p>Prestar únicamente el servicio portador a nivel nacional, sin posibilidad de poder prestar otros servicios</p>	<p>Cláusula 3.1.6: el objeto social del operador de la RDNFO únicamente podrá incluir la prestación del servicio portador.</p> <p>Cláusula 4.1.5: el objeto social debe especificar que el servicio portador se presta en el ámbito del territorio nacional.</p> <p>Cláusula 5.2: el MTC habilitará al operador de la RDNFO a prestar el servicio portador como único servicio público de telecomunicaciones.</p> <p>Cláusula 5.3: el operador de la RDNFO está obligado a prestar únicamente el servicio portador, facilidades complementarias y prestaciones adicionales con la RDNFO, renunciando a prestar cualquier otro servicio.</p>
<p>Prohibición de prestar servicios a usuarios finales</p>	<p>Cláusula 2.70: el servicio portador que se preste a través de la RDNFO no podrá llegar a usuarios finales.</p> <p>Cláusula 25.4: prohíbe al operador prestar servicios finales.</p>
<p>Limitaciones a la comercialización de servicios de conectividad internacional y/o tránsito IP internacional.</p>	<p>Cláusula 23.2: prohíbe al operador de la RDNFO a incluir como facilidad complementaria la conectividad internacional a internet.</p>
<p>Restricciones a la venta de capacidad.</p>	<p>Cláusula 39.1: ordena al operador a cobrar por cada Mbps de transporte dedicado únicamente a la tarifa regulada.</p>
<p>Tarifa única a nivel nacional, sin posibilidad de diferenciar precios.</p>	<p>Cláusula 40.1: la tarifa es única a nivel nacional por Mbps, independientemente de la ubicación de los nodos respectivos. También se prohíbe al operador cobrar tarifas distintas por diferencias en la distancia.</p> <p>Cláusula 40.2: se prohíbe al operador a efectuar descuentos, sea por mayor tiempo de contratación del servicio portador, por mayor capacidad contratada en Mbps, o cualquier otro concepto.</p>
<p>Impedimento de realizar descuentos por volumen o por permanencia</p>	<p>Anexo 7: se fija la tarifa mensual por cada Mbps en USD \$23 más IGV.</p>

Estas restricciones contractuales son uno de los factores por los cuales, hasta mayo del 2021, la RDNFO solo tiene 23 clientes y un porcentaje de uso de 3.2% de la capacidad instalada, originando que los ingresos de la red solo cubran el 7.7% de los costos en los que incurre el Estado (MTC, 2021c).

## CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

### 3.1 Métodos Exploratorios

Los métodos exploratorios empleados son el análisis bibliométrico como parte de la vigilancia tecnológica, la exploración del entorno y el análisis de tendencias.

#### 3.1.1 Vigilancia Tecnológica

En los capítulos anteriores se sustenta que las etapas de transporte y distribución las redes nacionales de banda ancha tienen capacidad instalada y de crecimiento futuro suficiente, para transportar con holgura el tráfico de las distintas regiones. Adicionalmente, utilizan protocolos adecuados como DWDM, OTN y IP/MPLS para brindar redundancia al servicio. Sin embargo, en la etapa de acceso o última milla, de las redes regionales del Estado, no se ha utilizado tecnología de gran ancho de banda, ni tecnologías emergentes. Es por ello, que el estudio bibliométrico de vigilancia tecnológica se enfoca en las tecnologías emergentes de las redes de acceso o última milla de gran ancho de banda, mayor a 10Gbps.

Para el estudio bibliométrico se considera la base de datos Scopus® de Elsevier® que contiene más de 75 millones de documentos científicos, publicados por más de 70 mil instituciones y 16 millones de autores. Debido a la dinámica actualización tecnológica en telecomunicaciones, solo se toman en cuenta los documentos científicos de los últimos 5 años, del 2016 al 2020.

#### Fase1:

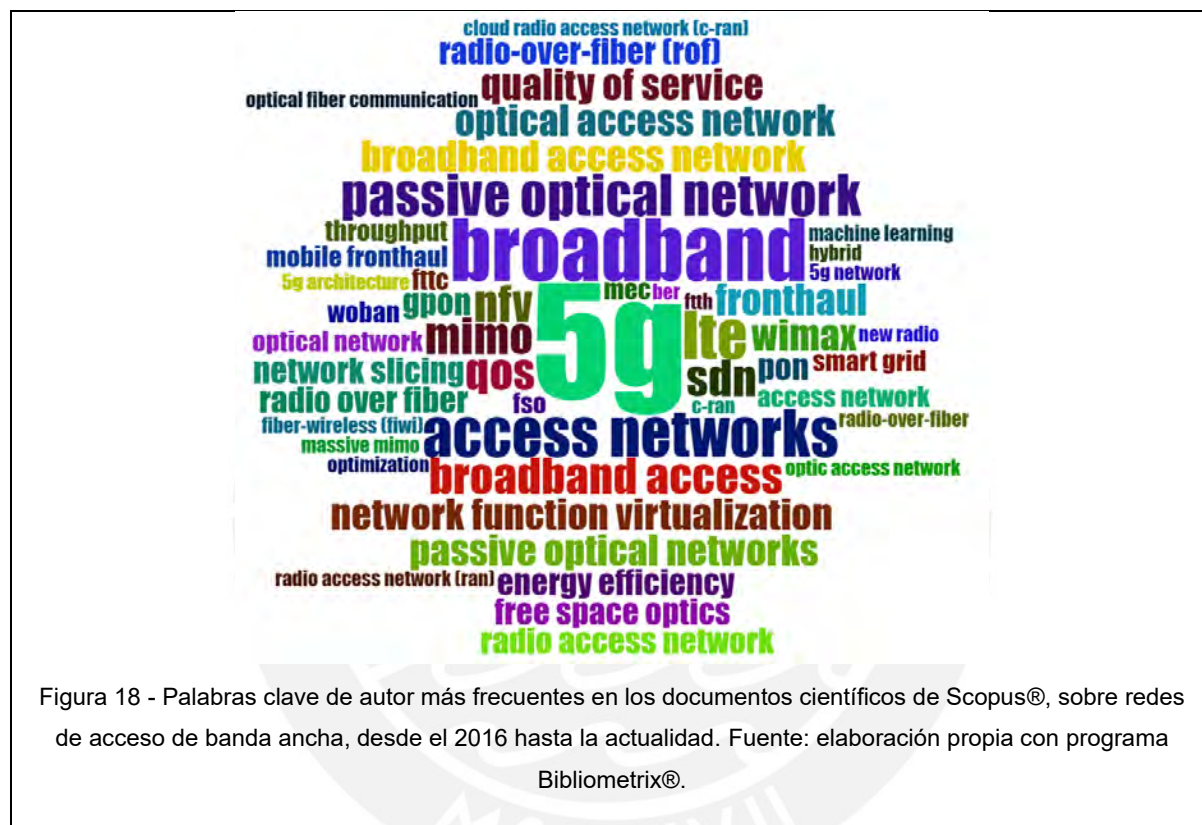
Basado en las distintas denominaciones que reciben las subdivisiones de las redes de telecomunicaciones, la **ecuación de búsqueda** se construye utilizando las palabras clave "*last mile*" y "*access network*". Así mismo, debido al rápido avance de la tecnología y lo cambiante de la misma, se toma como referencia solo los últimos 5 años, a partir del 2016 hasta la actualidad:

*( TITLE-ABS-KEY ( "access network" OR "last mile" ) AND TITLE-ABS-KEY ( broadband ) AND TITLE-ABS-KEY ( technology ) ) AND PUBYEAR > 2015*

Como resultado, se obtuvieron 288 documentos científicos, principalmente *conference papers* (132) y artículos científicos (120), con un promedio de 3.49 autores por documento y un índice de colaboración de 3.79, lo que evidencia la necesidad de investigar estos temas complejos

y multidisciplinarios en grupos de científicos e ingenieros, y entre grupos de distintas instituciones y especialidades.

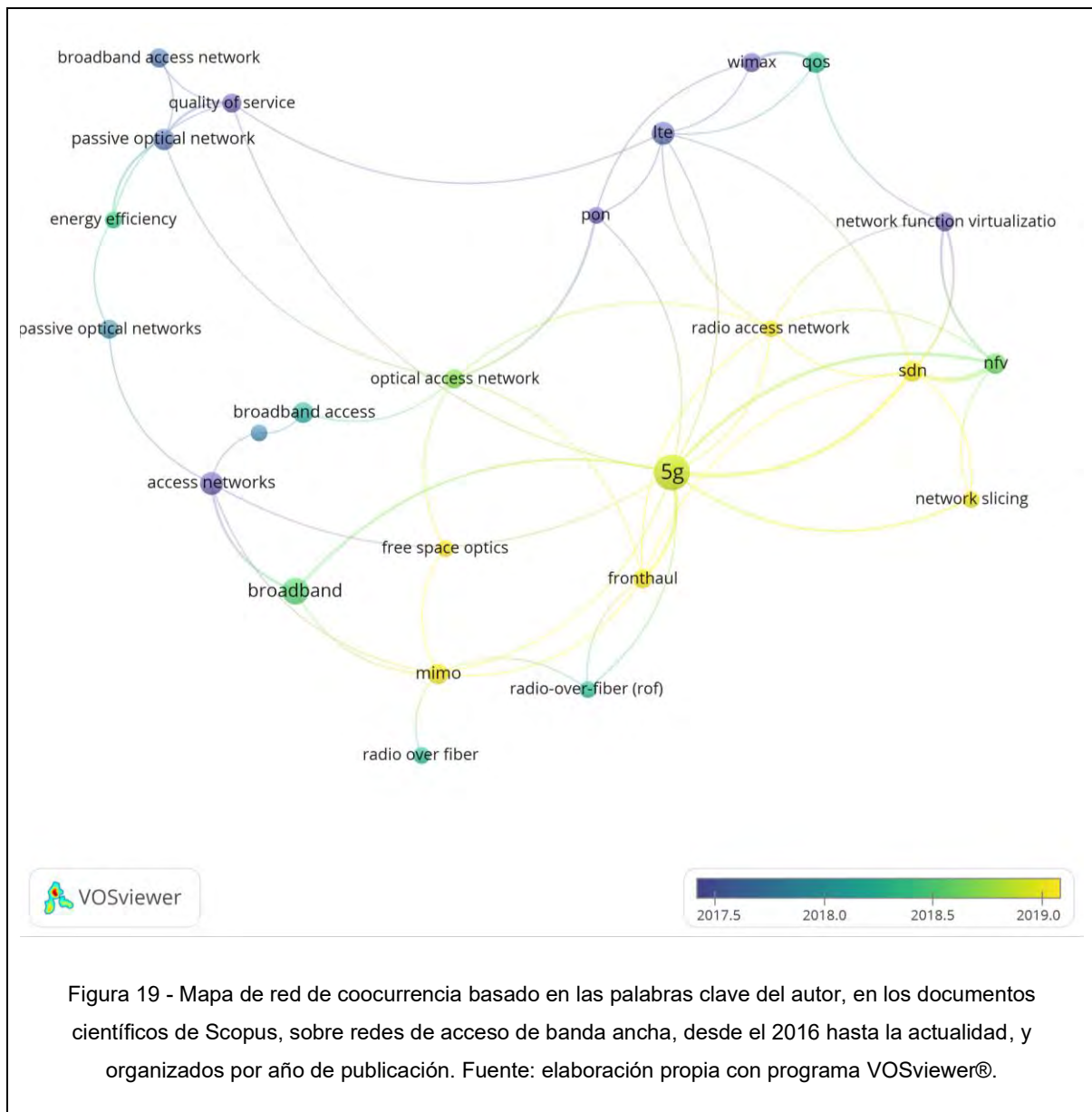
Con ayuda de la aplicación Biblioshiny, interfaz web de la librería Bibliometrix, herramienta programada en lenguaje R para el análisis de documentación científica y estadística, se diagrama el mapa temático por relevancia y grado de desarrollo, en base a las palabras clave del autor, desde el 2016 hasta la actualidad.



Adicionalmente, se muestra el mapa de red de coocurrencia de temáticas en las palabras clave definidas por los autores, de los documentos científicos de Scopus® utilizando el programa VOSviewer®, que además de la coocurrencia, agrupa los temas y nos señala la relevancia según el año de publicación, y muestra como los focos de investigación evolucionan y cambian en el tiempo, desde el 2016 hasta la actualidad.

Tanto el mapa temático como el mapa de red de coocurrencia muestran que la mayor relevancia y grado de desarrollo se ha centrado en las tecnologías relacionadas a las redes móviles 5G, en las redes de acceso basadas en las nuevas generaciones de fibra óptica pasiva hasta el usuario final (*Fiber-to-the-X* FTTx). También destacan las investigaciones en

virtualización y desagregación de los elementos de red, basados en *Software-Defined Networking* (SDN) y *Network Function Virtualization* (NFV), que simplifican la operación y mantenimiento de las redes, facultan el *Network Slicing*, y abren la oportunidad de brindar servicios de valor agregado a los usuarios finales, para beneficio de los usuarios y operadores en la recuperación de la inversión, muy necesario ante las altas inversiones en las redes de banda ancha.



En relación con el grupo de 5G, destacan la integración con la tecnología LTE y WiFi, las investigaciones en el uso de antenas MIMO masivas (*Massive multiple-input and multiple-output*, Massive MIMO), que enfocan la energía y mejoran la eficiencia y velocidad. También

destaca *Radio-over-Fiber* (RoF) que modula directamente las señales eléctricas analógicas en luz, hacia las radios del fronthaul móvil. Asimismo, destaca la desagregación de las redes de acceso de radio (RAN), virtualizando no solo las unidades centrales, sino también las unidades distribuidas, para lograr la Open RAN y *Network Slicing*, que es finalmente el entorno nativo para 5G.

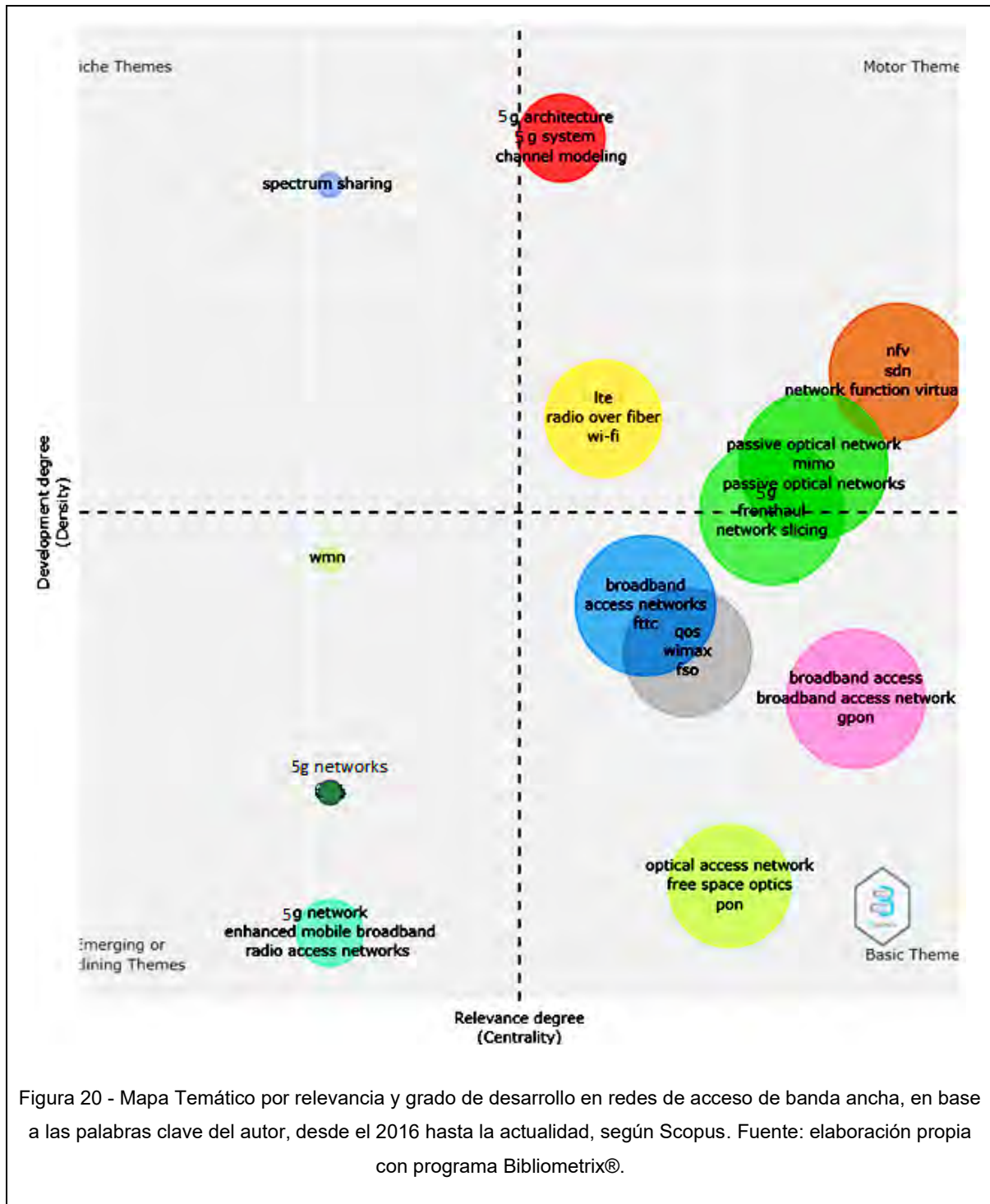


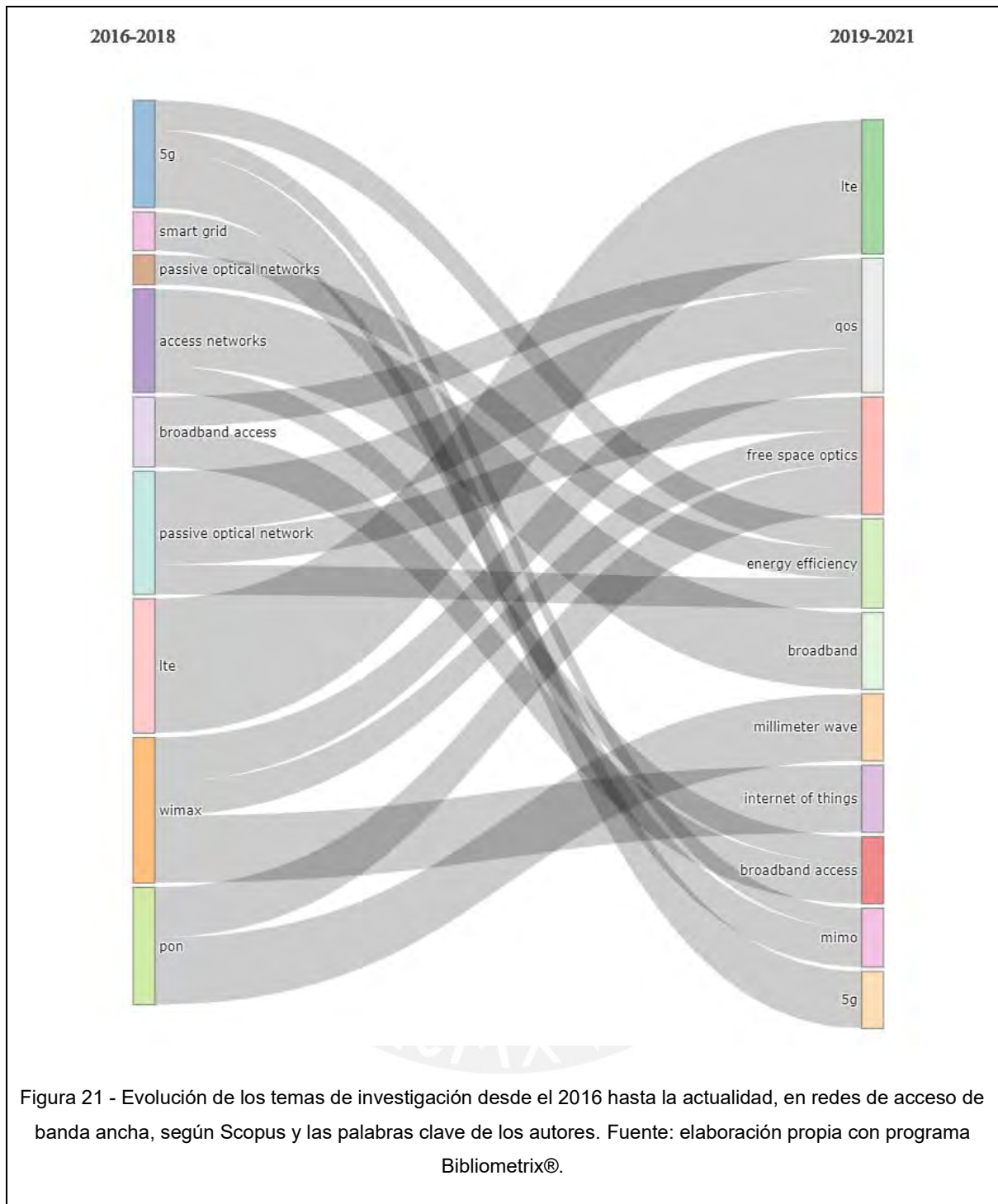
Figura 20 - Mapa Temático por relevancia y grado de desarrollo en redes de acceso de banda ancha, en base a las palabras clave del autor, desde el 2016 hasta la actualidad, según Scopus. Fuente: elaboración propia con programa Bibliometrix®.

Debido a lo escaso del espectro, el elevado costo y las limitaciones de uso solo para unos pocos grandes operadores, es que se investiga también la compartición del espectro (*spectrum sharing*), extrapolando el concepto de compartición de infraestructura pasiva y próximamente de la infraestructura activa.

En relación con las redes ópticas de acceso, la relevancia está en las redes pasivas de próxima generación NG-PON y la migración hacia nuevas tecnologías de mayor velocidad como *Subcarrier modulation* (SCM), que en conjunto son apropiadas para llevar grandes anchos de banda a las ciudades y megaciudades, por la alta densidad de usuarios y gran cantidad de empresas e instituciones. Se investiga también en *Free-Space Optics* (FSO), tecnología óptica inalámbrica que permite llegar a velocidades de hasta 20Gbps a 20kms, utilizando un láser y receptor de luz a través del aire, sin necesidad de pagar licencias por uso de espectro, y con baja probabilidad de interferencias (X Projects, 2021).

La gráfica de evolución temática de investigación en redes de acceso de banda ancha, desde el 2016 hasta la actualidad, muestra como 5G se focaliza en *Massive MIMO*, en eficiencias energéticas y en conseguir el mayor ancho de banda, mientras que tecnologías inalámbricas antiguas como WiMAX abren a paso a las nuevas tecnologías como FSO.





## Fase 2:

Como fase 2, si se refina la ecuación de búsqueda limitando los documentos tipo a los más importantes de acuerdo con la cantidad de *conference papers* y artículos científicos; así como también las 5 fuentes de información científica más importantes según la cantidad de documentos científicos publicados.

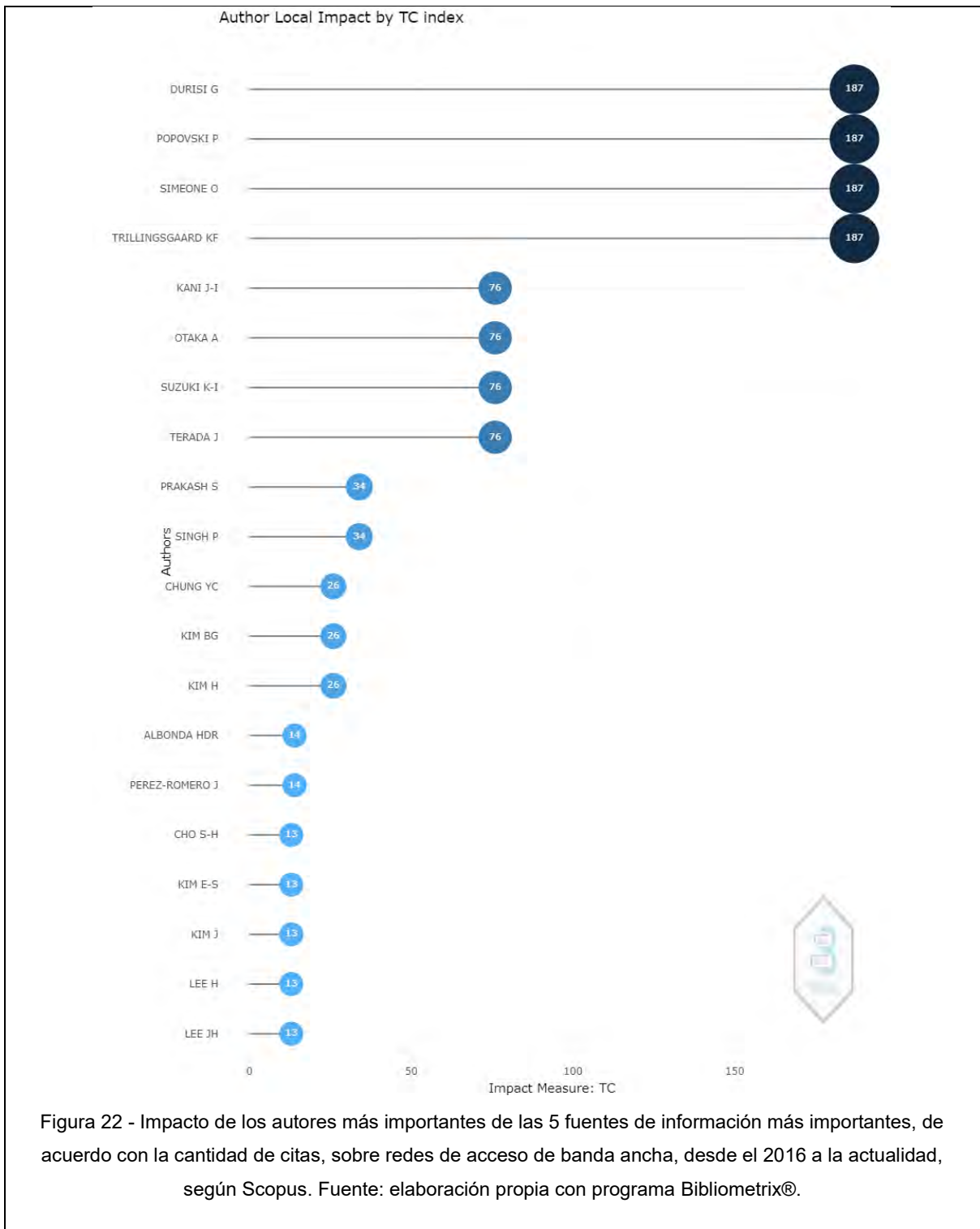
Tabla 15 - Fuentes más relevantes según cantidad de artículos, del 2016 a la actualidad, para redes de acceso de banda ancha, de acuerdo con Scopus. Fuente: elaboración propia con programa Bibliometrix®.

Fuentes	Artículos
PROCEEDINGS OF SPIE - THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING	13
IEEE ACCESS	9
JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY	6
OPTICAL FIBER TECHNOLOGY	6
TELECOMMUNICATIONS POLICY	6

Nueva ecuación de búsqueda refinada:

( TITLE-ABS-KEY ( "access network" OR "last mile" ) AND TITLE-ABS-KEY ( broadband ) AND TITLE-ABS-KEY ( technology ) ) AND PUBYEAR > 2015 AND ( LIMIT-TO ( EXACTSRCTITLE , "Proceedings Of SPIE The International Society For Optical Engineering" ) OR LIMIT-TO ( EXACTSRCTITLE , "IEEE Access" ) OR LIMIT-TO ( EXACTSRCTITLE , "Journal Of Lightwave Technology" ) OR LIMIT-TO ( EXACTSRCTITLE , "Optical Fiber Technology" ) OR LIMIT-TO ( EXACTSRCTITLE , "Telecommunications Policy" ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "cp" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) )

Como resultado de la ecuación de búsqueda refinada se obtienen 40 documentos, y con ayuda de Bibliometrix® se analizan los autores que tengan el mayor impacto en relación con la cantidad total de veces que han sido citados; y se encuentra que se forman grupos de autores que usualmente investigan y publican juntos, reforzando lo indicado con respecto a la complejidad de los temas y la necesidad esencial del trabajo conjunto.



A pesar de tener distintas nacionalidades de origen, el principal país donde los autores más relevantes publican es Estados Unidos de Norteamérica, seguido por China, Japón, Corea del Sur y la India.

Tabla 16 - Países donde los autores más relevantes publican, sobre redes de acceso de banda ancha, en las 5 fuentes de información más importantes, desde el 2016 a la actualidad, según Scopus®. Fuente: elaboración propia con programa Bibliometrix®.

País	Documentos
Estados Unidos	24
China	18
Japón	17
Corea del Sur	17
India	12

### Fase 3:

Finalmente, como fase 3, se verifica la relación entre los principales proyectos de innovación tecnológica en redes 5G y redes ópticas de banda ancha actualmente disponibles en el mercado y las tecnologías de las principales temáticas encontradas en la investigación bibliométrica. Se verifica que las principales tecnologías de vanguardia disponibles en el mercado actual son desarrolladas por empresas estadounidenses, país que lidera, según el análisis bibliométrico, la cantidad las investigaciones:

Tabla 17 – Dos innovaciones presentes en el mercado de banda ancha, y relacionadas con las tecnologías más investigadas según Scopus®, desde el 2016 hasta la actualidad. Fuente: elaboración propia en base a Infinera (2020) y X Projects (2021).

Temática	Investigación / Innovación	Empresa
Subcarrier Modulation (SCM)	Proyecto XR-Optics, consigue alta y flexible capacidad de transmisión, con un solo transmisor y múltiples receptores, en las redes ópticas de acceso (Infinera, 2020).	Infinera Corporation (USA)
Free-Space Optics (FSO)	Proyecto Taara para transmitir alta capacidad de información a largas distancias, con enlaces ópticos inalámbricos (X Projects, 2021).	Alphabet Inc. (USA)

Se presenta un resumen del proyecto XR-Optics que utiliza tecnología SCM y del proyecto Taara, que utiliza tecnología FSO. Se recopilan las patentes con ayuda de las herramientas web [Lens.org](#) y [PatentInspiration](#), y se analiza el *corpus* de las patentes, con las mismas

herramientas. Se filtran las patentes de las empresas creadoras de estos proyectos de innovación tecnológica y sus socios de investigación y negocio.

### 3.1.1.1 XR-Optics

XR-Optics es un producto de la empresa Infinera Corporation, el fabricante estadounidense de equipos de transporte y acceso ópticos DWDM, junto con Lumentum Operation LLC, empresa dedicada a la manufactura e innovación en sistemas ópticos y fotónicos para redes ópticas y transmisores láser. Estas empresas han desarrollado una tecnología de banda ancha para las redes de acceso, flexible y de gran capacidad basada en *Subcarrier Modulation SCM* (Infinera, 2020).

Mientras que las tecnologías ópticas actuales en redes de acceso, como G-PON y hasta XGS-PON llegan a velocidades entre 1 y 10 Gbps, restringidas principalmente por multiplexaciones como TDM o el uso compartido de la portadora óptica de *download*; XR-Optics implementa los beneficios en capacidad y latencia de una red punto-a-punto, sobre una red multipunto *Hub and Spoke*, manejando múltiples subportadoras ópticas, que pueden ser direccionadas hacia distintos usuarios finales, de manera configurable y flexible, pudiendo transferir, por ejemplo, hasta 400Gbps por cada Hub, en configuraciones de 16 *spokes* de 25Gbps con modulación 16QAM o 32 de 12.5Gbps con modulación QPSK (Infinera, 2020). XR Optics puede utilizar la infraestructura de XGS-PON y redes PON de próxima generación (*Next-generation PON*).

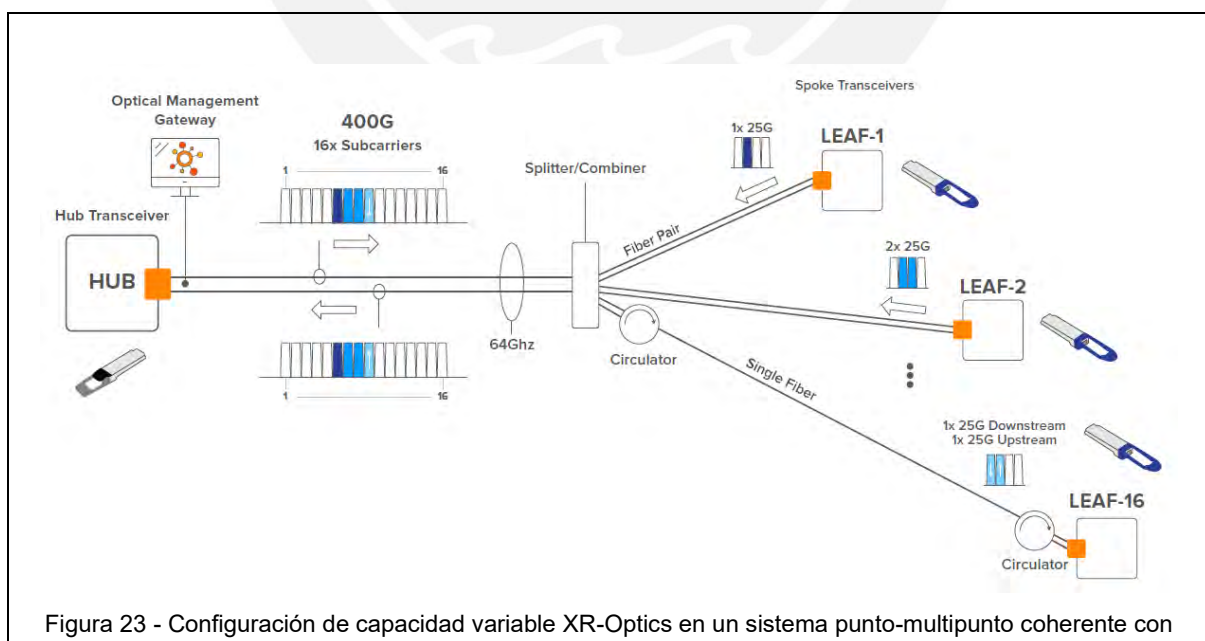
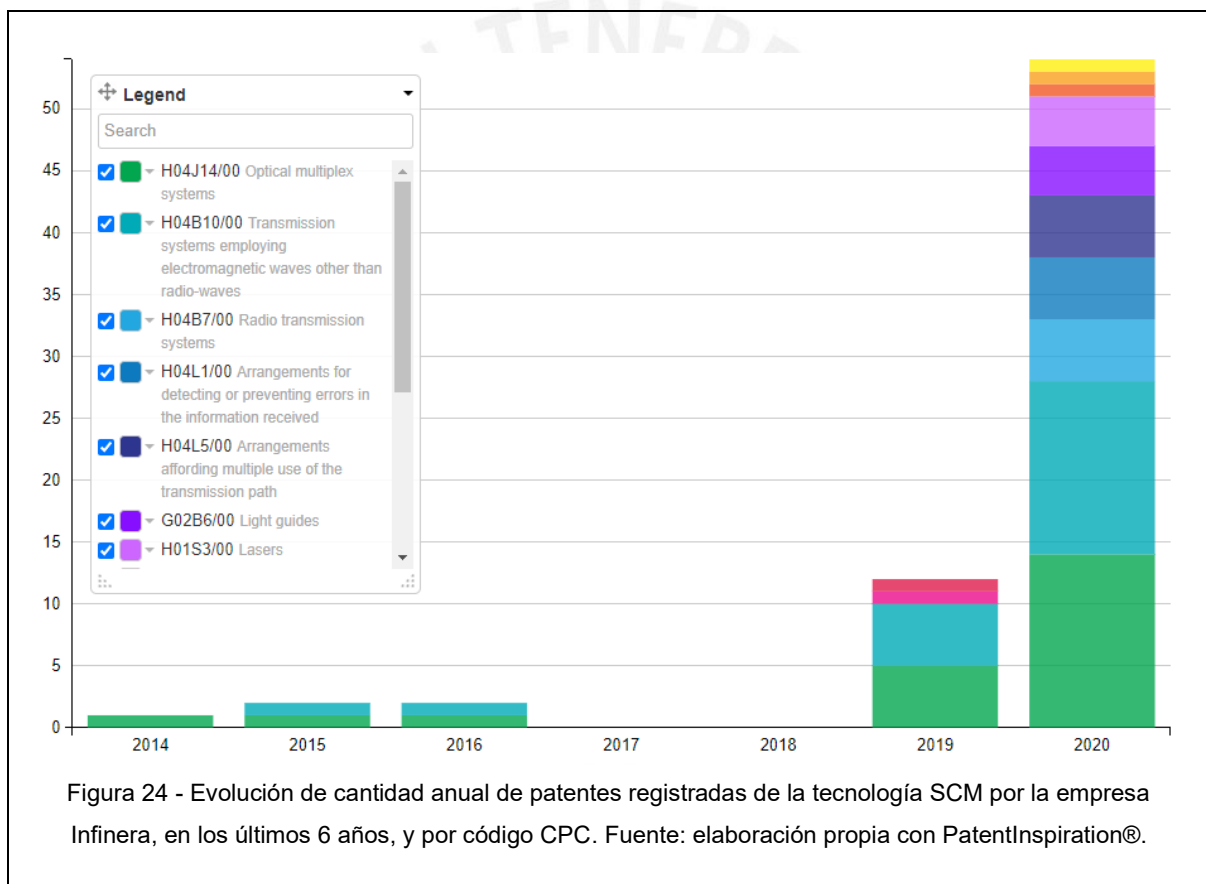


Figura 23 - Configuración de capacidad variable XR-Optics en un sistema punto-multipunto coherente con

La base de datos de patentes *PatentInspiration* registra 25 patentes de la compañía Infinera asociadas a la tecnología SCM, principalmente al código CPC# H04J14/00 Sistemas de Multiplexación óptica y el código CPC# H04L5/00 sobre arreglos para obtener múltiples usos de un mismo enlace óptico, y muestra gran crecimiento principalmente este último año 2020, lo cual indica que el tema es de absoluto interés para la evolución de las redes de banda ancha.



El mapa de nube de palabras frecuentes muestra que las principales características investigadas en esta tecnología son el fotodiodo transmisor láser, que debe emitir múltiples portadoras que serán amplificadas y ecualizadas para ser modulados por distintos patrones de datos a ser transportados, para formar las subportadoras ópticas. Los formatos de modulación investigados llegan hasta 256-QAM.

128-qam • 16-qam • 256-qam • 3-qam • 4-qam • 64-qam • 8-qam • add/drop • amplitude  
 analog • aspect • bandwidth • baud • capacity • cdma • circuitry • clock • codewords  
 conversion • disclosure • division • driver • encoders • fdm • fibers • formats • hub  
 hybrids • integer • laser • leaf • locks • network • node • n-qam • ones • path  
 peaks • processor • qpsk • response • snr • spans • streams  
 subcarriers • symbols • techniques • transceivers • transmitter  
 wavelength

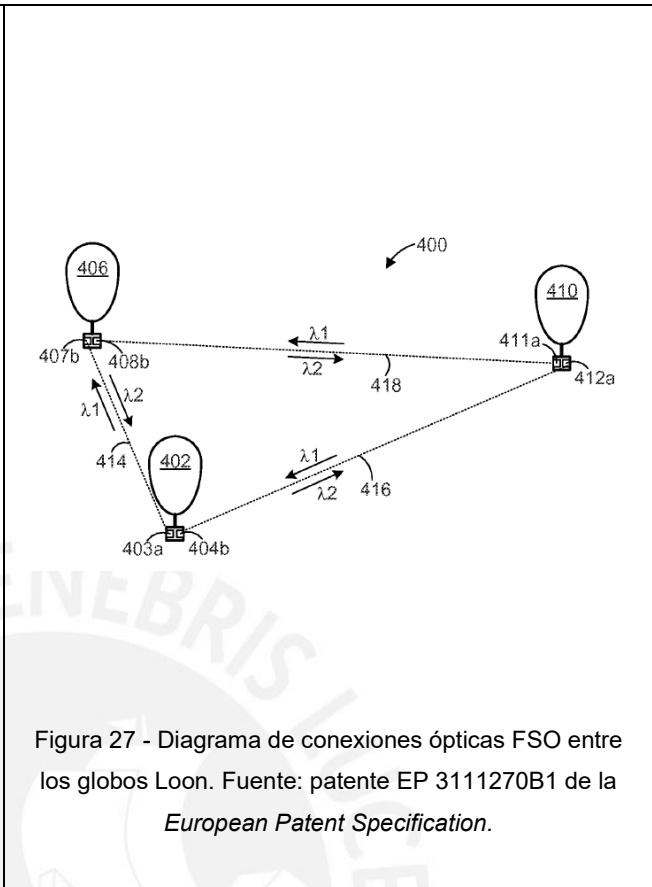
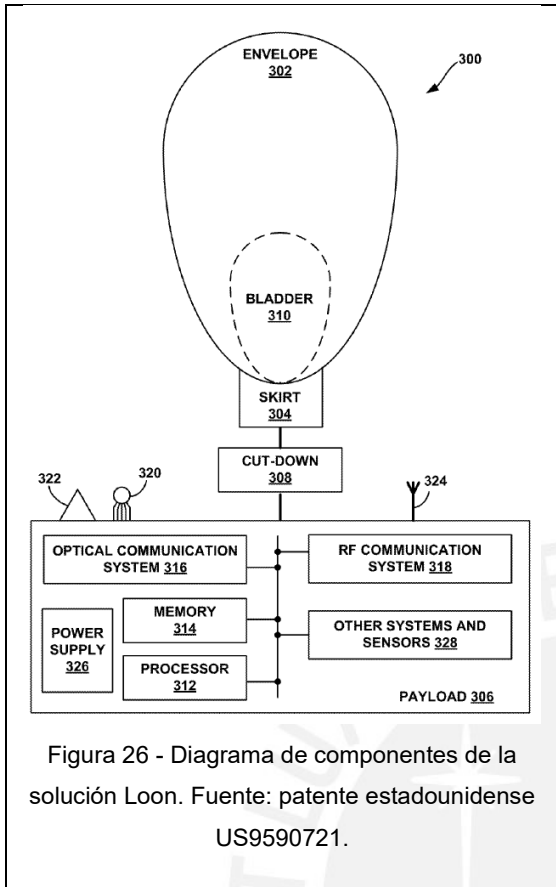
Figura 25 - Evolución de cantidad de patentes de la tecnología SCM por la empresa Infinera, por trimestre en los últimos 6 años. Fuente: elaboración propia con PatentInspiration®.

### 3.1.1.2 Proyecto Taara:

La compañía Alphabet Inc, conglomerado estadounidense creado a partir de la reestructuración de Google el 2015, desarrolla proyectos innovadores basados en nuevas ideas, y uno de esos proyectos es Taara, que logra la viabilidad suficiente para independizarse del grupo Alphabet.

El proyecto consiste en transmitir información a alta velocidad entre dos puntos de manera inalámbrica utilizando un haz de luz láser. La idea se inició como parte de la solución del Proyecto Loon, para transmitir información entre los globos aerostáticos, y ese uso se ha extrapolado a los enlaces entre nodos.

Cada enlace provee 20Gbps de velocidad de transferencia a distancias de hasta 20km, suficiente velocidad para atender una estación móvil 5G o una entidad usuaria, en las localidades de difícil acceso. No necesita licencia de espectro, pero si necesita tener línea de vista (X Projects, 2021)



El mismo láser, receptor y arreglo de lentes, utilizados por los equipos FSO en el proyecto Taara, fueron empleados en el ya clausurado proyecto Loon, para la comunicación inalámbrica entre los globos aerostáticos. Por ello, existen más patentes de los componentes FSO bajo el nombre del proyecto Loon. La cantidad de patentes publicadas por Lens.org en relación con “Optical Communication” y la empresa “Loon LLC”, muestra un notable incremento desde el 2017 hasta la fecha, demostrando el interés de la comunidad científica por este tipo de redes de acceso banda ancha inalámbricas no licenciadas, útiles especialmente para zonas remotas o de difícil acceso.



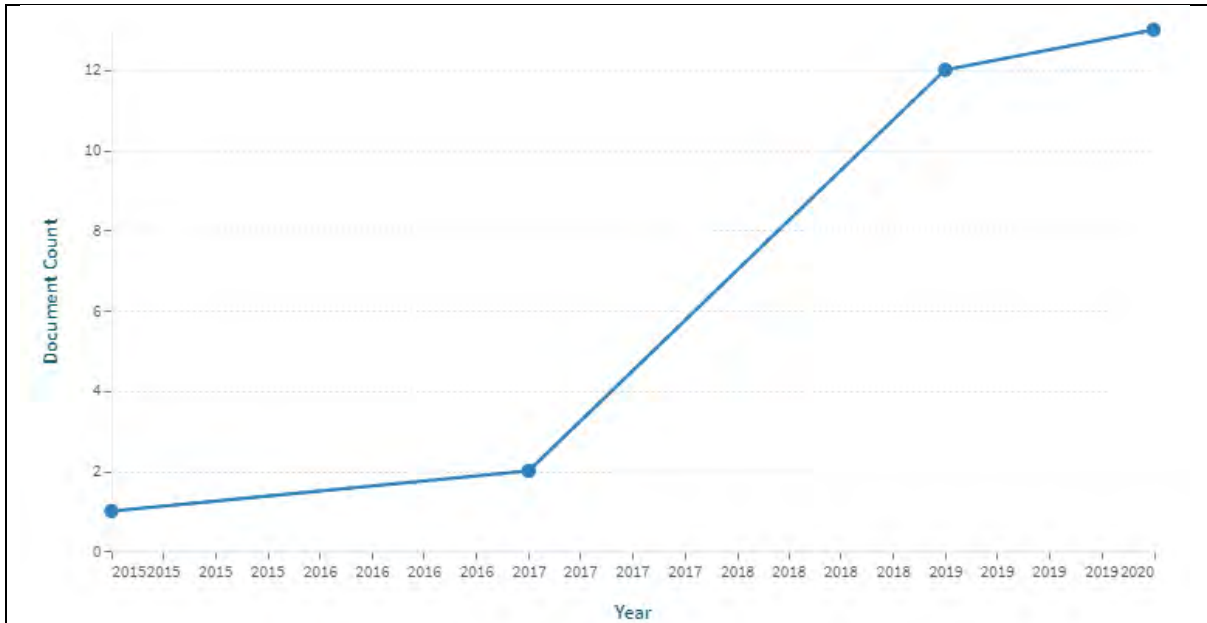


Figura 28 - Cantidad de patentes por año de la empresa Loon con respecto a Comunicaciones Ópticas. Fuente: elaboración propia con Lens.org.

El mismo análisis de patentes, pero con PatentInspiration, muestra que en los últimos 10 años los principales temas de investigación, con respecto a las tecnologías que utilizó Loon, ahora proyecto Taara, son la autonomía del sistema, la auto reparación, y el auto alineamiento. Tecnologías necesarias para los globos aerostáticos como sistemas autónomos. El auto alineamiento, principalmente relacionado con el establecimiento de los enlaces ópticos inalámbricos FSO.

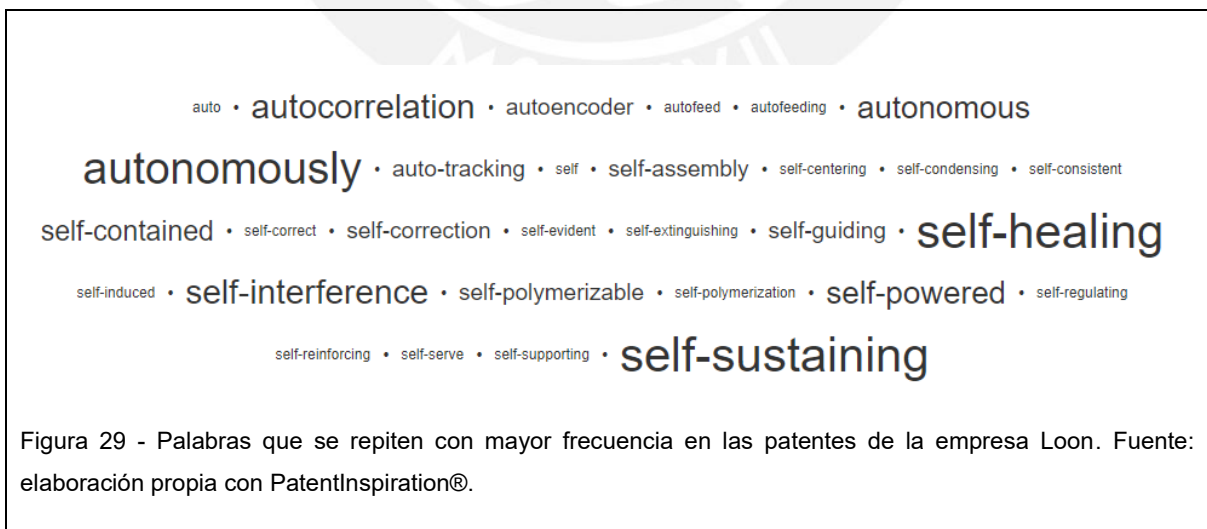


Figura 29 - Palabras que se repiten con mayor frecuencia en las patentes de la empresa Loon. Fuente: elaboración propia con PatentInspiration®.

### **3.1.1.3 Conclusión de análisis bibliométrico**

Del análisis bibliométrico se concluye que, adicionalmente a las tecnologías 5G, las tecnologías ópticas de banda ancha son óptimas para la conectividad de alta capacidad, y candidatas a ser consideradas como principales en el despliega de las redes de acceso de banda ancha nacionales. Continúa el interés creciente por la investigación, desarrollo e innovación en tecnologías ópticas de alta capacidad, donde la luz se propague por enlaces pasivos de fibra óptica o de manera inalámbrica.

Las tendencias tecnológicas ópticas en las redes de acceso de banda ancha son:

- Incursionar en nuevos enfoques para desplegar enlaces ópticos de alta capacidad sin hacer uso de cables de fibra óptica como guía de onda; por ejemplo, utilizar el aire como medio de transmisión. FSO inició con velocidades de 1Gbps a 1 km, y en la actualidad llega a 20km de distancia con 20Gbps de velocidad de transferencia (X Projects, 2021).
- Optimizar el uso de los cables de fibra óptica, con SCM y con fibras ópticas multinúcleo MCF, principalmente en las redes de acceso. Para reutilizar los cables de fibra óptica e infraestructura pasiva PON existente, iluminándolos con tecnología de alta velocidad de hasta 400Gbps por Hub (Infinera, 2020).

El análisis bibliométrico de documentación científica y patentes sí es un indicador efectivo de las tendencias tecnológicas de última generación y futuras, así como un claro indicador de cuáles son los países que guiarán el desarrollo tecnológico de los siguientes años.

### **3.1.2 Exploración del Entorno**

La exploración de las distintas dimensiones del entorno dentro del cual se despliegan las redes nacionales de banda ancha se elaborará teniendo en cuenta los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) identificados por las Naciones Unidas, que marcan la agenda 2030 de los Estados integrantes para conseguir un mundo sin pobreza, que protege el medio ambiente, de paz y vida próspera. Los proyectos privados y públicos a ejecutarse deberían tener el reconocimiento de “Perú por los Objetivos de Desarrollo Sostenible” (PODS), es decir, ser proyectos ejemplares que se alinean con uno o más objetivos de desarrollo sostenible (PNUD, 2021).



Figura 30 - Objetivos de Desarrollo Sostenible. (PNUD, 2021).

Como inicio de la exploración del entorno se identifican las áreas de agrupamiento o vértices del polígono Steep-V, que a su vez agrupan a los ODS, los cuales nos facilitarán y orientarán en la búsqueda de las variables. Para el presente estudio son:

- Tecnológico: ODS 9.
- Político y regulatorio: ODS 16, 17, y transversal a todos los ODS.
- Económico: ODS 1, 8, y transversal a todos los ODS.
- Social: ODS 2, 3, 4, 5 y 10.
- Ambiental: ODS 6, 7, 11,12, 13, 14 y 15.

Para el entorno tecnológico, ODS 9, en lo relacionado a infraestructura, se utilizarán los resultados del estudio bibliométrico de tecnologías emergentes para la infraestructura de acceso de las redes de banda ancha. Adicionalmente se analizará documentación sobre la necesidad de tecnificación de los sectores productivos.

Para el entorno político y regulatorio, ODS 16 y 17, se buscarán factores de cambio que fortalezcan las instituciones en base a la digitalización de los procesos y servicios, buscando la simplificación administrativa. Se analizará las posibles alianzas para compartición de infraestructura entre distintos operadores de servicios en busca de objetivos comunes; entre otros temas relacionados y detectados al examinar la bibliografía correspondiente.

Para el entorno económico, ODS 1 y 8, se buscarán factores de cambio que incentiven el trabajo decente, nuevas posibilidades de trabajo y capacitación a distancia, sobre infraestructura de red; nuevas herramientas que ayuden a la población y contribuyan con el fin de la pobreza.

Para el entorno social, ODS 2, 3, 4, 5, 8 y 10, se buscarán drivers analizando documentación sobre la contribución de la telesalud en la salud y bienestar, la teleeducación en la educación de calidad y a distancia; y la contribución de las redes en la igualdad de género, con la educación y capacitación a distancia, en igualdad de oportunidades, para mujeres, adultos mayores y población vulnerable.

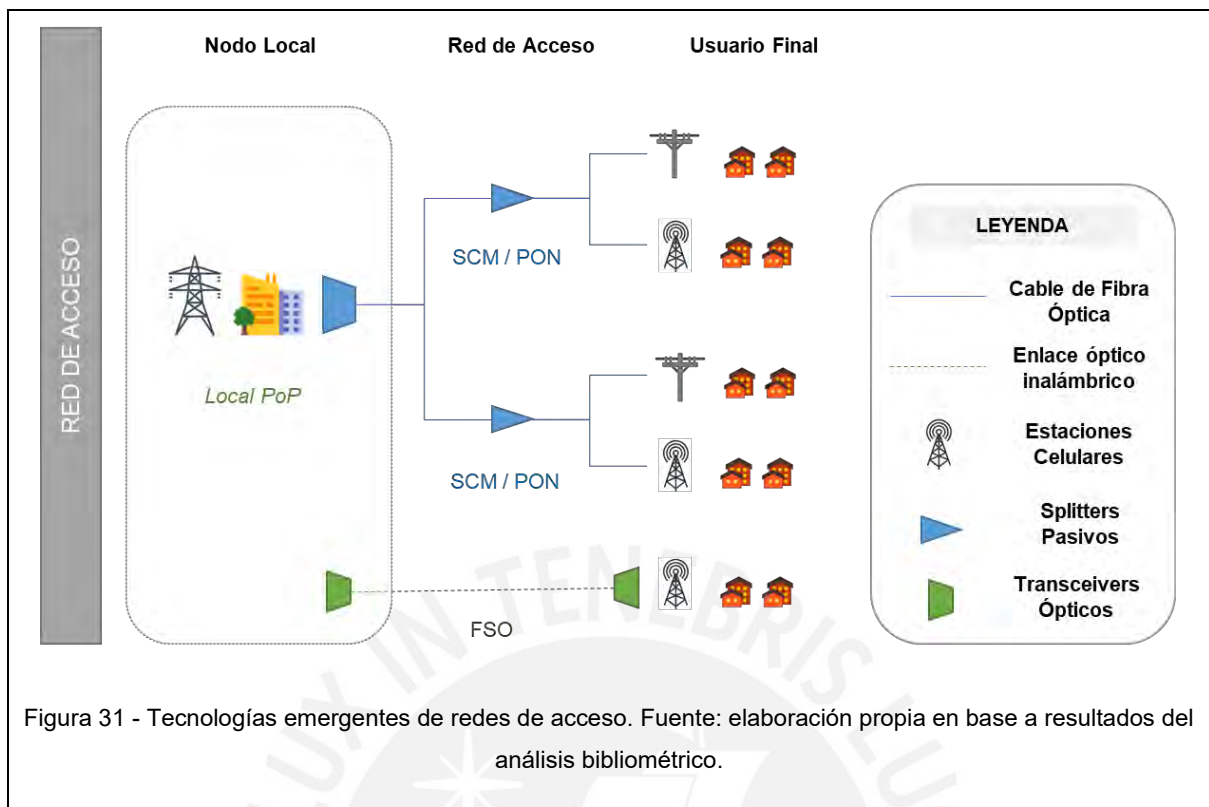
Para el entorno ambiental, ODS 6, 7, 11, 12, 13, 14 y 15, se buscarán drivers en documentos sobre los despliegues de infraestructura de red ambientalmente responsables, que respeten los ecosistemas terrestres, con producción y consumo responsables, y que nos lleven a tener comunidades conectadas, con infraestructura de red no contaminante.

### **3.1.2.1 Entorno Tecnológico**

#### **3.1.2.1.1 TEC01: Tecnologías Emergentes**

Según el estudio bibliométrico de vigilancia tecnológica focalizada en las redes de acceso de banda ancha, se debe impulsar el despliegue de las redes móviles 5G, redes de fibra óptica pasiva XGS-PON y NG-PON punto multipunto de próxima generación, XR-OPTICS, y redes ópticas inalámbricas FSO de largo alcance y alta velocidad de transferencia.

Es importante reconocer el uso adecuado de las tecnologías emergentes mencionadas para cada escenario o tipología territorial, como por ejemplo XGS-PON para las redes ultradensas de las zonas urbanas.



Por lo expuesto y desarrollado en el análisis bibliométrico, se considera el uso de las tecnologías emergentes como uno de los *drivers* necesarios para incentivar el uso de las redes nacionales de banda ancha.

Tabla 18 - *Driver* TEC01. Fuente: elaboración propia en base a resultados del análisis bibliométrico.

Driver	Descripción	Movimientos	Indicador
<b>TEC01</b> Uso de tecnologías emergentes.	Uso de tecnologías emergentes de alta capacidad, cableadas e inalámbricas, en las redes de acceso nacionales.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El Estado estandariza los requerimientos mínimos y fiscaliza el uso de tecnologías de alta capacidad de transferencia y alta disponibilidad, en las redes de acceso nacionales.</li> <li>2. El Estado no interviene en la regulación de las tecnologías a ser utilizadas en las redes de acceso.</li> </ol>	ADUANAS: estadísticas de importación de equipamiento de telecomunicaciones según tecnología.

#### **ASEVERACIÓN TEC01**

Al 2030, el Estado estandariza y fiscaliza el uso de tecnologías emergentes *carrier-class* en las redes de acceso de banda ancha, que garanticen alta capacidad de transferencia y alta disponibilidad. Tecnologías como 5G, PON de nueva generación, Subcarrier Multiplexing (SCM) y Free-Space Optical (FSO).

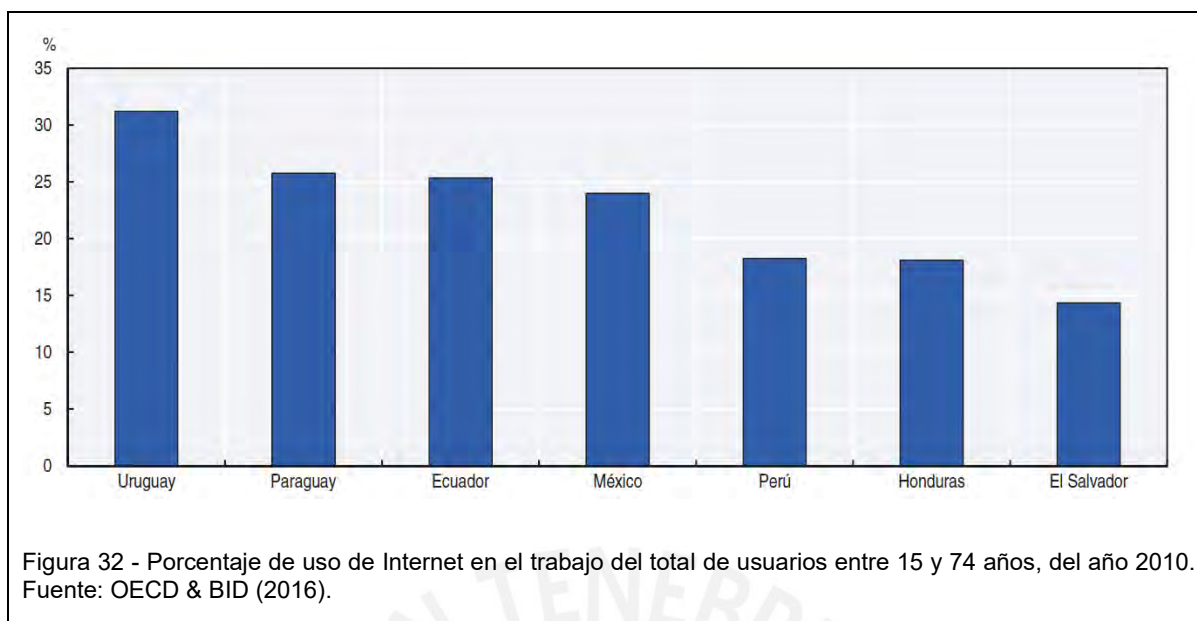
Si el Estado no estandariza los requerimientos mínimos de las tecnologías a ser utilizadas en las redes de banda ancha. Cada operador podrá instalar la tecnología que cumpla con los requerimientos mínimos de banda ancha actuales según ley, 4Mbps de velocidad de transferencia, cumpliendo incluso con equipos tecnológicos de uso residencial.

#### **3.1.2.1.2 TEC02: I+D+i Tecnificación de los Sectores Productivos**

Se desprende del estudio bibliométrico de vigilancia tecnológica, que los países que más producen documentos técnicos de investigación y desarrollo sobre tecnologías de banda ancha para redes de acceso de telecomunicaciones son los países que finalmente producen las tecnologías comerciales de vanguardia para uso comercial por parte de los operadores, completando de esta forma el círculo de innovación integrado con la empresa. Por ello, uno de los *drivers* a ser considerados es la investigación, desarrollo e innovación en aplicaciones que favorezcan el uso de las redes de banda ancha.

La promoción de la creatividad y la innovación también deben incentivarse en las empresas de los sectores productivos. El sector primario que obtiene los productos directamente de los recursos naturales, el sector secundario o industrial y el terciario o de servicios. Uno de los factores para tener en cuenta es potenciar las competencias empresariales promoviendo la adopción del emprendimiento y el contenido digital. Esta tecnificación no es ajena a los otros *drivers*, y se requiere una buena conectividad, internet neutral y promover el uso de la red. Las claves de la tecnificación son el fomento de la cultura del emprendimiento, con las *start-ups*, *hackatones* y ferias comerciales; identificar obstáculos regulatorios y resolverlos, facilitar el acceso al financiamiento de riesgo, al capital inicial o capital semilla y al capital de riesgo, así como el financiamiento colectivo o *crowdfunding*. Finalmente, también involucra promover el uso de la computación en la nube ya que se reducen los gastos operativos (OECD & BID, 2016).

Se debe impulsar la creación de contenido digital, el multilingüismo, facilitar el acceso al hardware y software, el *e-commerce*, así como el emprendimiento digital.



Instrumento		Argentina	Brasil	Chile	Colombia	México	Perú
Financiamiento	Capital inicial	D	I	I	R	N	R
	Inversores individuales	N	I	D	R	N	N
	Capital riesgo	N	I	I	R	D	N
Servicios de apoyo y capacitación empresarial	Incubadoras	I	I	I	D	D	R
	Aceleradores	D	D	D	N	D	N
	Spin-offs corporativas	N	N	N	N	N	N
	Transferencia tecnológica y spin-offs universitarias	D	I	D	N	I	N
	Capacitación empresarial	I	I	I	D	D	D
Marco regulatorio	Facilidad para crear/cerrar empresas	N	N	D	D	D	D
	Tributación y legislación especial	N	D	D	N	D	N
I	Implementados						
D	En fase de desarrollo						
R	Recién creados						
N	Necesitan ser creados/reformados						

Figura 33 - Comparación entre países de América Latina con respecto al Apoyo directo a las start-ups durante el año 2012. Fuente: OECD & BID (2016).

La tecnificación de los sectores productivos como la agricultura es importante, principalmente porque según las tendencias y ODS, es inminente el aumento en el consumo de alimentos cereales como el trigo, maíz, arroz, y otros granos gruesos. Por lo expuesto, es importante considerar a I+D+i como uno de los *drivers* o variable de cambios del despliegue y utilización de las redes de banda ancha.



Tabla 19 - *Driver* TEC02. Fuente: elaboración propia en base a OECD & BID (2016).

Driver	Descripción	Movimientos	Indicador
<b>TEC02</b> I+D+i en la red y en los sectores productivos.	Investigación, desarrollo e innovación, desde las instituciones Estatales, la Academia y el sector Privado, que favorezcan e incentiven el crecimiento y uso de las redes de banda ancha. Coordinación de gestores tecnológicos de innovación que fomenten la relación de la Academia con la Empresa Privada. Tecnificación de los sectores productivos clave que fomenten la dinámica económica, como por ejemplo la agricultura, ganadería y pesca.	1. Estado, academia y empresa dedican recursos a I+D+i que favorezcan e incentiven el crecimiento de las redes de banda ancha 2. Estado, academia y empresa no invierten en I+D+i relacionado con las redes de banda ancha, ni los sectores productivos.	CONCYTEC: estadística de proyectos de I+D+i
<b>ASEVERACIÓN TEC02</b>			
Al 2030, el Estado, la Academia y la Empresa Privada dedican recursos a I+D+i, que favorecen e incentivan el crecimiento y uso de las redes de banda ancha. También se incentiva I+D+i en la tecnificación de los sectores productivos, en coordinación con gestores tecnológicos de innovación que facilitan la relación entre la Academia, el Estado y la Empresa Privada.			

Si no se dedican recursos de I+D+i en las redes de banda ancha, ni en los sectores productivos, estos últimos, al no tener sus procesos productivos tecnificados, no pueden hacer uso efectivo de las redes de banda ancha.

### 3.1.2.2 Entorno Político – Regulatorio

A pesar del avance de la tecnología, la convergencia de servicios y las posibilidades que se abren para brindar servicios de valor agregado, los frenos a la expansión de las redes de banda ancha en muchos casos vienen desde el lado de los marcos normativos o regulatorios, por ello se debe desarrollar el análisis de la dimensión política de las redes. Es necesario contar con un marco político estable y previsible (OECD & BID, 2016).

#### 3.1.2.2.1 POL01: Despliegue de Redes Nacionales

Según GAPTEL (2004), en zonas de baja demanda, donde los casos de negocio se hacen inviables, es necesario la intervención del Estado con el despliegue de infraestructura de red



nacional pasiva y activa, o incluso con la posible participación directa en la explotación de los servicios.

Si bien una de las recomendaciones de la OCDE (2016) es incentivar la inversión y la competencia en redes y servicios de alta velocidad, los retrasos, sobrecostos, precios fuera de mercado, y gastos excesivos de operación y mantenimiento, en las redes nacionales, son fundamentales para analizar la pertinencia de seguir desplegando o no, redes nacionales de banda ancha.

El segundo informe del Banco Mundial (2019) detalla 3 escenarios con sus modelos de negocio para la RDNFO y los Proyectos Regionales, para asegurar la sostenibilidad y eficiencia técnica, económica y legal de las redes nacionales.

1. Modelo Competitivo Integrado: modelo *greenfield*, plantea modificar la Ley de Banda Ancha y resolver el contrato actual de concesión con Azteca Comunicaciones.
2. Modelo Existente Optimizado: plantea mecanismos previstos en la Ley de Asociaciones Público-Privadas (APP), para modificar el reglamento de la Ley de Banda Ancha y el contrato de concesión con Azteca Comunicaciones.
3. Modelo de Desinversión: el Estado, en cumplimiento de su rol subsidiario, liquida los activos de la RDNFO y las Redes Regionales, en aquellos tramos en los que exista oferta privada, subastándolos a terceros interesados.

El tercer modelo de desinversión motiva el *driver* político de si se debe continuar o no con el despliegue redes nacionales de banda ancha. Por lo expuesto, es importante considerar la pertinencia o no de continuar con el despliegue de redes de banda ancha por parte del Estado.

Tabla 20 - *Driver* POL01. Fuente: elaboración propia en base a información de Banco Mundial (2019).

Driver	Descripción	Movimientos	Indicador
<b>POL01</b> Despliegue de redes nacionales de banda ancha	Pertinencia de continuar o no con el despliegue de infraestructura de red nacional de banda ancha, principalmente en zonas de baja demanda y difícil acceso, liquidar las redes nacionales actuales y dejar el despliegue en manos del sector privado.	1. Continúa el despliegue de redes nacionales de banda ancha. 2. Se detiene el despliegue de redes de telecomunicaciones Estatales, y se mantiene la O&M de la red actual. 3. Se liquida la red actual y se deja todo en control de la empresa privada.	MTC - Estadísticas de cantidad de km. de fibra óptica instalada en las redes nacionales por región.

### ASEVERACIÓN POL01

Al 2030, el Estado continúa invirtiendo en el despliegue de infraestructura de redes nacionales de banda ancha, y corrige las restricciones regulatorias, económicas y técnicas que desincentivan el uso de la red.

#### 3.1.2.2.2 POL02: Migración de entidades a las Redes Nacionales

Como se desarrolló en el capítulo 1, en audiencia pública virtual del 17 de mayo del 2021 (MTC, 2021c), el Estado Peruano, a través del MTC y OSIPTEL, expuso sobre el bajo impacto de la RDNFO sobre la población beneficiada: menos del 3.2% de uso de la RDNFO y con solo 23 clientes, no se ha beneficiado a los 6 millones de personas proyectadas, la demanda de tráfico actual en uso de la RDNFO es de 16.1 Gbps/mes en vez de los 241 Gbps/mes proyectados. Hasta el momento, son las propias instituciones estatales las que deciden si migran o no sus servicios a las redes nacionales, dependiendo, por ejemplo, de si afecta en menor o mayor medida su presupuesto. Los operadores privados, que brindan actualmente los servicios de red, ofrecen mejores precios por paquete, en conjunto con servicios como la telefonía fija, móvil, y la televisión por cable. Por otro lado, los precios fijos de las redes nacionales, sin diferenciación, no pueden competir con los precios ni la labor comercial de los operadores privados.

Si no ocurre la migración obligatoria de los servicios a las redes nacionales, las instituciones hacen incurrir al Estado en doble gasto, el primero es el pago de los servicios al operador privado, y el segundo es el pago de la subvención a los operadores de las redes nacionales debido justamente a la escasez de usuarios en la red.

Por lo expuesto, es importante considerar la migración obligatoria de las entidades Estatales a las redes nacionales como uno de los *drivers* o factor de cambio del nivel de utilización de las redes de banda ancha nacionales

Tabla 21 - *Driver* POL02. Fuente: elaboración propia en base a audiencia pública del MTC (2021c).

Driver	Descripción	Movimientos	Indicador
<b>POL02</b> Migración obligatoria de las entidades Estatales a las redes nacionales de banda ancha.	Migración forzosa de las instituciones de la Red Nacional del Estado (REDNACE) y la Red de Investigación y Educación (RNIE), entre otras, a las redes nacionales de banda ancha, una vez que caduquen los contratos actuales que tienen con los operadores privados.	1. El Estado no obliga a migrar a la RDNFO a las instituciones de REDNACE y RNIE.  2. El Estado sí obliga a la migración.	OSIPTEL - Cantidad de clientes en las redes nacionales.

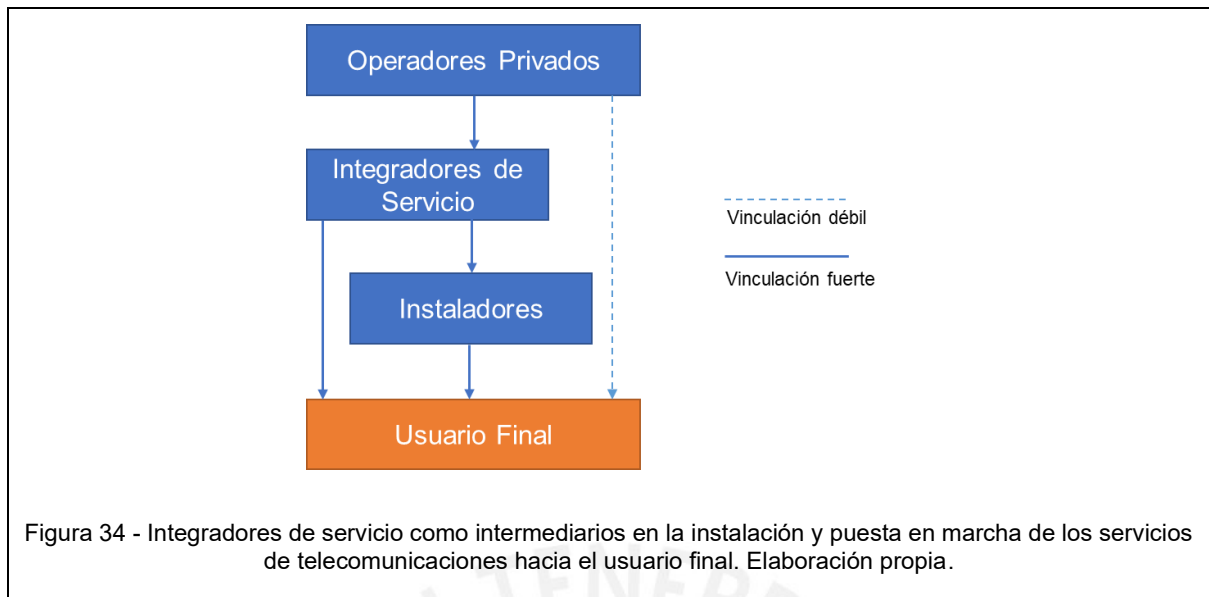
#### **ASEVERACIÓN POL02**

Al 2030, el Estado fuerza la migración de las instituciones Estatales como la Red Nacional del Estado (REDNACE) y la Red de Investigación y Educación (RNIE), a las redes nacionales de banda ancha, tan pronto como culminen los contratos actuales que tienen con los operadores privados.

#### **3.1.2.2.3 POL03: Integrador para Migración de Servicios**

Uno de los principales actores en el ecosistema de servicios de telecomunicaciones en el Perú son los integradores de sistemas o integradores de soluciones de telecomunicaciones. Cuando se despliega un servicio de telecomunicaciones, las empresas integradoras lideran el desarrollo de todas las etapas de implementación necesarias para poner en marcha el servicio a ser brindando, así como suministrar los accesorios y consumibles requeridos. Esto incluye hacer el levantamiento de información inicial de las redes de los usuarios, brindar el hardware y software necesarios para el despliegue del sistema, hacer el diseño de alto y bajo nivel, ejecutar la instalación y configuración de los equipos y programas, y gerenciar el proyecto hasta la finalización de las tareas y entrega del servicio. Estas empresas integradoras son parte del subsector telecomunicaciones y están inscritas, para el Estado Peruano, con clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIU) 6119, 6120 6130 y 6190, y al 2017 representan el 2.4% del total de empresas según actividad económica del Perú (Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, 2019).

En las migraciones de servicio de los operadores privados actuales, hacia las redes nacionales, no hay empresas integradoras involucradas en favor de la migración a la red estatal, y se espera que el propio personal de la institución usuaria ejecute las tareas de migración. El personal puede no estar capacitado y ello constituye un desincentivo para la migración hacia las redes nacionales. Por el contrario, en los servicios brindados por los operadores privados, el usuario cuenta con todo el soporte del personal técnico del operador privado y la empresa integradora subcontratada para la migración.



Por lo expuesto, es importante considerar a las empresas integradoras como *driver* o factor de cambio del nivel de utilización de las redes de banda ancha nacionales.

Tabla 22 - *Driver* POL03. Fuente: elaboración propia en base a información del Ministerio de Trabajo y Formación del Empleo (2019).

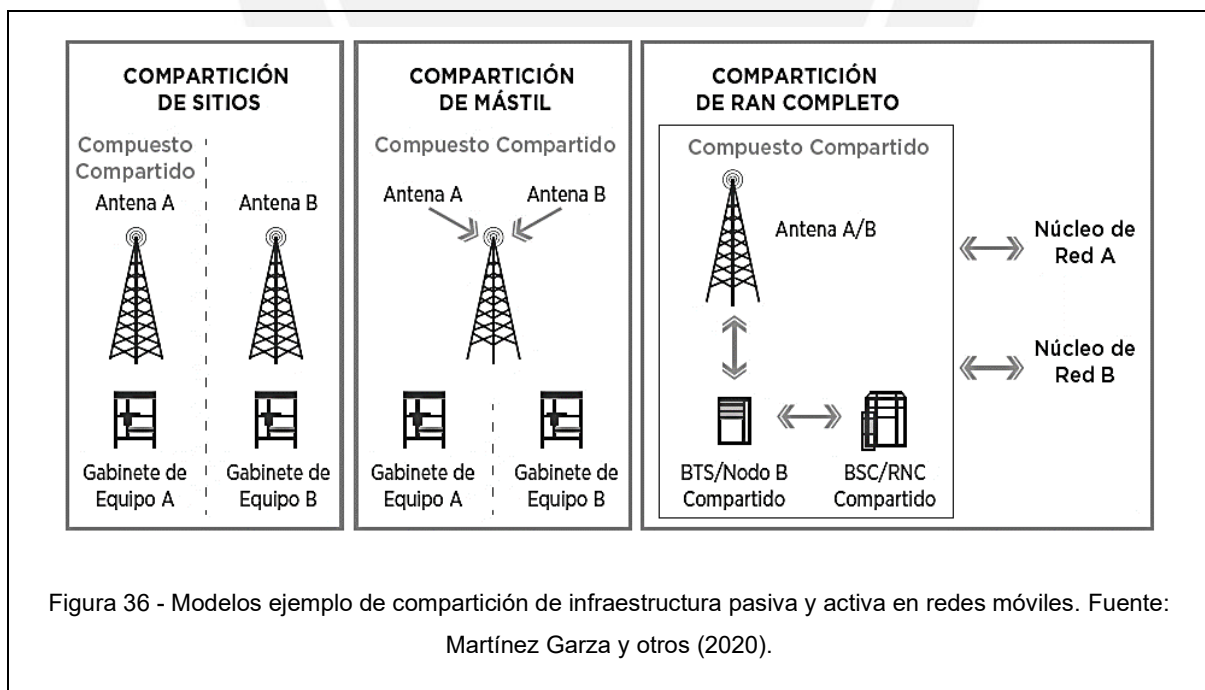
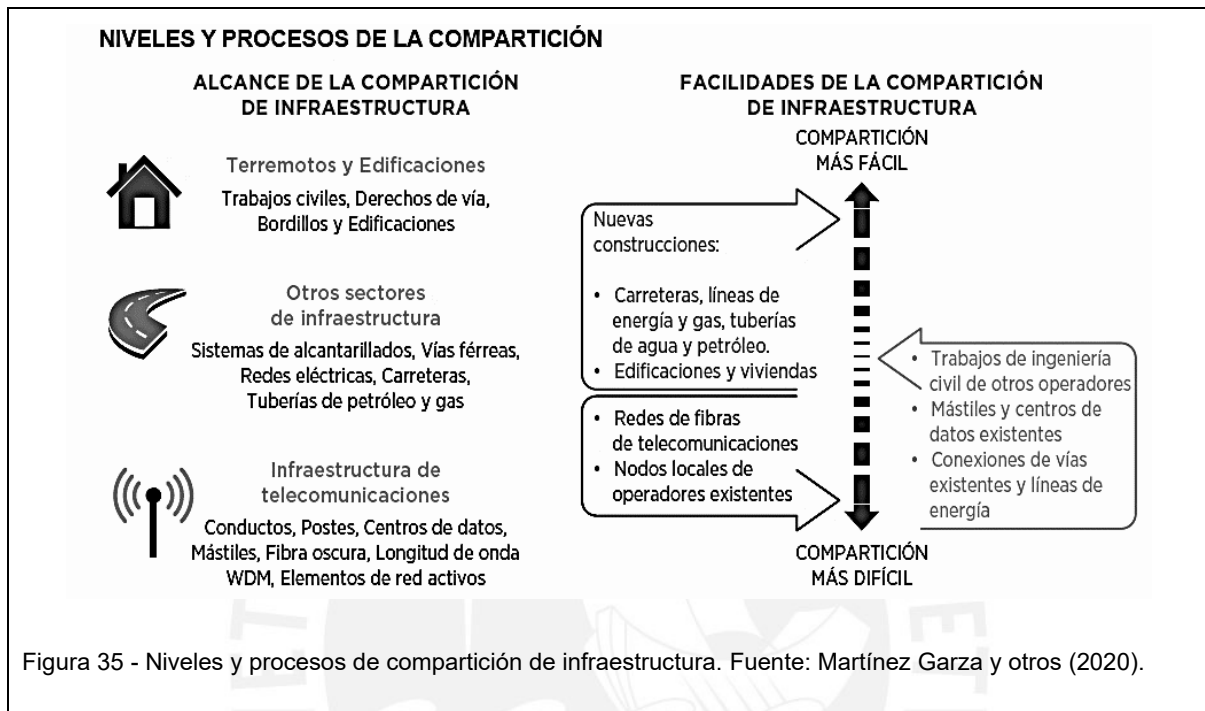
Driver	Descripción	Movimientos	Indicador
<b>POL03</b> Empresa integradora para migración de servicios.	Empresa que ejecute la integración de servicios, haga el levantamiento de red local de la entidad, y preparar los cambios y configuraciones para la migración de los servicios, a las nuevas condiciones de las redes nacionales de banda ancha.	1. El Estado sí considera las empresas integradoras para la migración de los servicios.  2. El Estado no considera las empresas integradoras.	OSIPTEL - Cantidad de clientes en las redes nacionales.
<b>ASEVERACIÓN POL03</b>			
Al 2030, el Estado incluye como actor en la migración de las instituciones usuarias a las redes nacionales de banda ancha, a las empresas integradoras de telecomunicaciones; para que hagan tareas como el levantamiento de información de la red local del usuario, la preparación y ejecución de los cambios en las configuraciones y equipamiento necesarios para la migración de los servicios a la nueva red.			

### 3.1.2.2.4 POL04: Compartición de Infraestructura

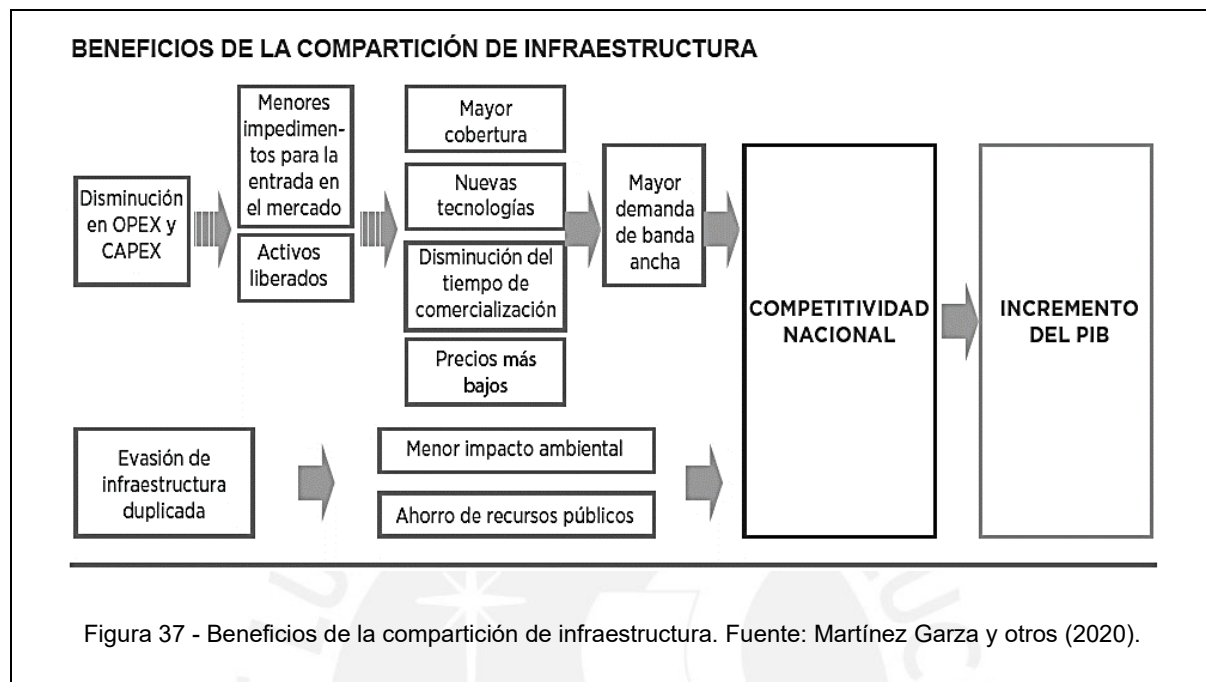
Uno de los elementos esenciales para que más población tenga acceso a las redes de banda ancha es la compartición de infraestructura, por la reducción del costo de despliegue y el consecuente acceso de los pequeños operadores a estos grandes proyectos. La compartición

debe ser entre operadores de telecomunicaciones y entre otras infraestructuras como redes eléctricas, de gas, carreteras, petróleo, etc. (Martínez Garza et al., 2020).

Con respecto a lo político, se debe incentivar y fiscalizar un marco de compartición de infraestructura, nueva y existente.



La compartición de infraestructura reduce el costo de despliegue, crea beneficios ambientales, genera reducción de precios al aumentar la competencia, y facilita la obtención de permisos y derechos de pago (Martínez Garza et al., 2020).



El ahorro por la compartición de infraestructura en redes de acceso pasivas de fibra óptica es de 16% en sector urbano y 24% en sector rural, si se considera toda la red de fibra óptica puede llegar al 57% en zona urbana y 67% en zona rural (Martínez Garza et al., 2020).

La política de compartición inalámbrica para operadores de redes móviles en Perú no está regulada. La compartición de ductos sí es obligatoria pero solo para los operadores importantes según la resolución 99-2011 de OSIPTEL. El único operador considerado importante en Perú es Telefónica del Perú. La negociación de precios es directa entre los operadores, el regulador interviene solo en caso de disputa (Martínez Garza et al., 2020).

Por lo expuesto, es importante considerar la compartición de infraestructura activa y pasiva como uno de los *drivers* o variable de cambios del despliegue y utilización de las redes de banda ancha.

Tabla 23 - Driver POL04. Fuente: elaboración propia en base a Martínez Garza y otros (2020).

Driver	Descripción	Movimientos	Indicador
<b>POL04</b> Compartición de infraestructura activa y pasiva	Estimular el uso compartido entre operadores de infraestructura activa y pasiva de banda ancha de los mismos operadores, y de otras redes como gas, petróleo, energía. Recursos compartidos como: frecuencias, transporte, acceso, nodos, torres, postes, etc.	1. Sí se estimula y regula el uso compartido de infraestructura.  2. No se regula la compartición de infraestructura.	MTC - cantidad de km de fibra óptica y nodos instalados por operador.
<b>ASEVERACIÓN POL04</b>			
Al 2030, el Estado estimula y regula la compartición de infraestructura activa y pasiva; para hacer uso eficiente de los cables, torres, postes, antenas, nodos, y no repetir esfuerzos. La compartición de infraestructura genera ahorros que mejoran el ROI y propician menores precios al usuario. Por otro lado, disminuye la cantidad de infraestructura de red repetida en una misma zona, afectando menos el entorno y medioambiente. La compartición de recursos puede incluir el espectro de frecuencia, los equipos activos y pasivos tanto de planta interna como planta externa.			

### 3.1.2.2.5 POL05: Atribución del Espectro Electromagnético

Ante la creciente demanda de ancho de banda por parte de los usuarios, y la aparición de nuevas tecnologías que pueden satisfacer esa demanda, es necesario atribuir más espectro electromagnético y asignar más canales de mayor ancho de banda, a las tecnologías de última generación o de vanguardia, sobre todo en las redes móviles como 5G.

Es necesario mantener actualizado el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF), hacer las reservas de espectro planificando a largo plazo, midiendo y gestionando el uso eficiente del espectro, y manteniendo el análisis comparativo con los demás países de la región del mundo (OECD & BID, 2016).

Con más espectro electromagnético asignado, y migrando a 5G, las velocidades actuales 4G LTE serán superadas largamente. En la actualidad, las velocidades de descarga promedio, en las redes móviles, van desde los 12.3 Mbps de Entel hasta los 5.5 Mbps de Bitel, mientras que las velocidades de carga oscilan entre los 9.2Mbps de Entel hasta los 2.4Mbps de Bitel, Así también, las latencias oscilan entre 53.1 ms de Entel y 64.5 ms de Claro (Tutela, 2020).

Tabla 24 - Velocidad media de carga y descarga, y latencia de las redes móviles de banda ancha por Operador, entre Octubre del 2019 y Marzo del 2020, adaptado de Tutela (2020).

Operador	Velocidad media de descarga (Mbps)	Velocidad media de carga (Mbps)	Latencia media (ms)
Entel	12.3	9.2	53.1
Movistar	10.7	5.5	59.5
Claro	9.2	3.9	64.5
Bitel	5.5	2.4	64.2

Las velocidades de transferencia de las redes móviles LTE en cada una de las bandas y la latencia, son insuficientes para los requerimientos de las nuevas tecnologías y tendencias como *Smart Cities*, IoT, automatización, entre otros. Por ello es necesaria la red móvil 5G, con menor latencia y mayor velocidad de transferencia, pero necesita que se atribuya a esta tecnología un mayor ancho de espectro electromagnético.

Tabla 25 - Volumen de datos móviles según la banda LTE utilizada y porcentaje de tiempo de uso según el tipo de conexión de los operadores, entre Octubre del 2019 y Marzo del 2020, adaptado de Tutela (2020).

Operador	Volumen de datos móviles según la banda LTE					Porcentaje de tiempo por tipo de Conexión Movil	
	700 MHz APT Banda 28	900 MHz Banda 8	1700 MHz AWS-1 Banda 4	1900 MHz Banda 2	2600 MHz Banda 7	4G	3G
Entel	12.6%		87.3%			82.9%	17.1%
Movistar	42.1%		57.9%			80.2%	19.8%
Claro	37.4%			29.2%	33.4%	79.7%	20.3%
Bitel		68.0%		17.7%	14.2%	57.4%	42.6%

Con respecto al costo del espectro radioeléctrico, es necesario que el monto tenga un valor justo, sino las empresas operadoras dejarán de invertir en infraestructura adicional para aumentar la capilaridad y penetración, e iniciarán rápidamente operación con la menor red para intentar recuperar rápidamente el costo de la inversión. El MTC (2021) publicó en su página institucional, el costo de las bandas 4G-LTE que el Estado adjudicó a los operadores:



Tabla 26 - Costo de las bandas 4G-LTE que el Estado adjudicó a los operadores. MTC (2021).

Banda	Operador	Precio USD \$ Millones	Plazo de Concesión
1.7/2.1GHz AWS	Telefónica del Perú	255	No especificado
700 MHz Bloque B	América Movil (Claro)	306	20 años
700 MHz Bloque C	Telefónica del Perú	315	20 años
700 MHz Bloque A	Entel	290.2	20 años
900 MHz	Viettel	2	20 años
1900 MHz	Viettel	1.3	20 años

Para el uso de la nueva tecnología 5G, el MTC ha autorizado a los operadores a utilizar la banda de 3.5GHz, mientras se prepara la licitación de la banda de 3.5GHz y 26GHz.

Tabla 27 - *Driver* POL05. Fuente: elaboración propia en base a OECD & BID (2016).

Driver	Descripción	Movimientos	Indicador
<b>POL05:</b> Atribución del espectro electromagnético	Atribuir más espectro electromagnético, y asignar más canales de mayor ancho de banda, a las tecnologías de última generación como 5G.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El MTC favorece el uso eficiente del espectro radioeléctrico, asignando más frecuencias a las tecnologías emergentes</li> <li>2. El MTC no modifica la regulación con respecto a la atribución, adjudicación y asignación actual del espectro radioeléctrico.</li> </ol>	MTC: Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF).
<b>ASEVERACIÓN POL05</b>			
Al 2030, el Estado reordena y mejora la atribución del espectro radioeléctrico, reorganizando las frecuencias para atribuir más espectro y asignar más canales a las tecnologías de última generación, como 5G. La tecnología 5G tiene el potencial para ser el mayor usuario de las redes nacionales.			

### 3.1.2.2.6 POL06: Neutralidad de la Red

Una de las recomendaciones de la OCDE (2016) es promover la libre circulación de la información a escala mundial, fomentando la naturaleza abierta, distribuida e interconectada de Internet. Es necesario desarrollar políticas públicas, con neutralidad tecnológica, para acelerar el desarrollo del mercado, desde la demanda y la oferta, para conseguir rápidas acciones de alfabetización nacional, introducir mayor formación tecnológica en el proceso educativo (GAPTEL, 2004).

Si el Estado no fiscaliza la neutralidad de la red, posibilita el que los operadores apliquen filtros que degradan la velocidad de transferencia de determinados usuarios, contenidos y aplicaciones, sin penalizaciones.

Tabla 28 - *Driver* POL06. Fuente: elaboración propia en base a GAPTEL (2004).

Driver	Descripción	Movimientos	Indicador
<b>POL06</b> Neutralidad de las redes de banda ancha.	La neutralidad o trato igualitario a todos los usuarios, con respecto al acceso al contenido y aplicaciones, y la privacidad en los servicios brindados en la red.	<p>1. El Estado fiscaliza las redes de banda ancha para garantizar la neutralidad de las redes.</p> <p>2. El Estado no interviene en la fiscalización de las redes de banda ancha, los operadores sí se autorregulan y se mantiene la neutralidad.</p> <p>3. El Estado no interviene en la fiscalización de las redes de banda ancha, los operadores no se autorregulan y afectan la libre circulación del tráfico de Internet.</p>	OSIPTEL - reclamos de usuarios por filtros de acceso o limitaciones de ancho de banda por aplicaciones o contenido en la red.
<b>ASEVERACIÓN POL06</b>			
Al 2030, el Estado fiscaliza la neutralidad de las redes de banda ancha, tanto privadas como nacionales, para promover la libre circulación de la información y fomentar la naturaleza abierta del Internet; sin bloqueos ni filtros que discriminen el tráfico por tipo de usuario, contenido o aplicaciones.			

### 3.1.2.2.7 POL07: Servicios no tradicionales

La regulación de la RDNFO restringe su uso y venta de servicios, al servicio tradicional de transporte, al igual que los proyectos regionales. Ambas redes nacionales de banda ancha tienen una serie de restricciones contractuales, que con respecto a la RDNFO fueron expuestas en el Informe 2 del Banco Mundial (2019) y se resumen en lo siguiente:

- Prestar únicamente el servicio portador a nivel nacional, sin posibilidad de poder prestar otros servicios.
- Prohibición de prestar servicios a usuarios finales.
- Limitaciones a la comercialización de servicios de conectividad internacional y/o

tránsito IP internacional.

- Restricciones a la venta de capacidad.
- Tarifa única a nivel nacional, sin posibilidad de diferenciar precios.
- Impedimento de realizar descuentos por volumen o por permanencia.

Adicionalmente, y debido a los altos costos que implica el despliegue de infraestructura de red, es necesario que los operadores privados y el Estado con las redes nacionales, empiecen a examinar la posibilidad de brindar servicios adicionales al tradicional, es decir al de transporte. Servicios como contenido, aplicaciones, normalmente provistas por otros operadores llamados over-the-top (OTT) pueden ser también brindados. La convergencia de tecnologías y la convergencia de operadores, contribuye al empaquetamiento de servicios para lograr eficiencia en costos y tasas de recuperación de la inversión (OECD & BID, 2016).

Esta capacidad de brindar más servicio en las redes nacionales contribuye de manera favorable al retorno sobre la inversión ROI, y se deben superar las restricciones tecnológicas y político-regulatorias. En lo tecnológico, como se ha señalado, es necesario el uso de tecnologías emergentes y convergentes y en lo regulatorios, la eliminación de las restricciones planteadas por el informe del BID. Es necesario que los operadores presten más servicios de contenido y aplicaciones, en vez de solo la conectividad, para mejorar el ARPU frente a la gran inversión en infraestructura y a la disminución constante de los precios. Por lo tanto, se deben generar ofertas de valor y utilidad, son necesarias ofertas con un precio introductorio, que faciliten la rápida incorporación de nuevos usuarios y la sostenibilidad del modelo de negocio. Son necesarias ideas como servicios adicionales *triple-play*, desagregar o compartir la última milla, internet, colocación, entre otros (GAPTEL, 2004).

Por lo expuesto, es importante considerar a la capacidad para brindar servicios diferenciados no tradicionales, como *driver* o factor de cambio del nivel de utilización de las redes de banda ancha nacionales.

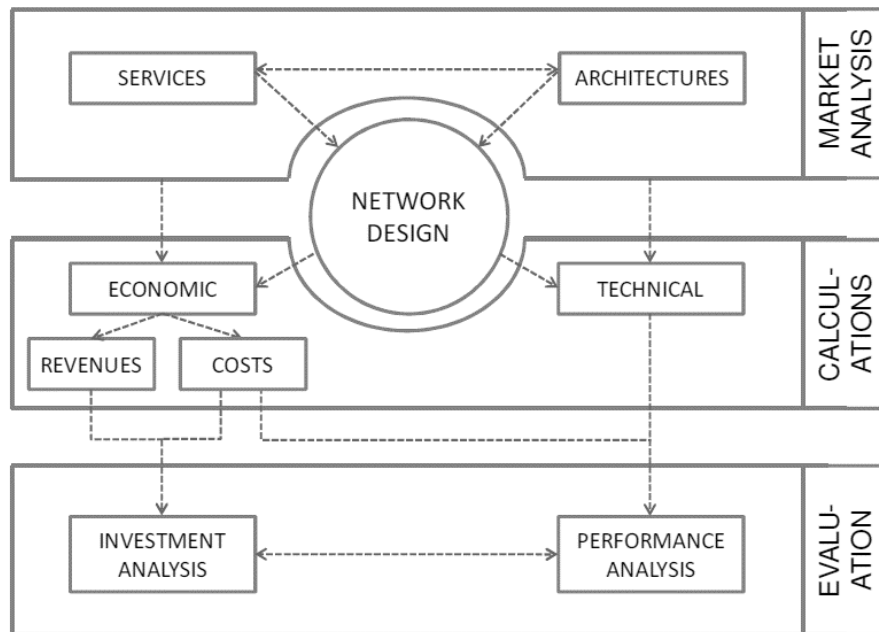


Figure 1: Flow diagram of a techno-economic evaluation

Figura 38 – Diagrama de evaluación técnica-económica del impacto de los servicios diversos sobre el análisis económico de la red. (OECD & BID, 2016).

Tabla 29 - Driver POL07. Fuente: elaboración propia en base a Banco Mundial (2019).

Driver	Descripción	Movimientos	Indicador
<b>POL07</b> Servicios no tradicionales sobre las redes nacionales	Utilizar tecnologías de red convergentes que permitan brindar múltiples servicios diferenciados a los usuarios finales, en adición a los servicios adicionales como el transporte y el acceso a Internet. Por ejemplo: <i>Slicing</i> , y aplicaciones OTT, para aumentar los ingresos y mejorar la tasa de retorno sobre la inversión.	1. El Estado permite e incentiva que desde las redes nacionales se brinden servicios adicionales al transporte, con alto valor agregado.  2. El Estado continúa con la restricción de solo poder brindar servicios de transporte.	MTC – Ingresos y cantidad de usuarios en las redes nacionales.
<b>ASEVERACIÓN POL07</b>			
Al 2030, el Estado flexibiliza la venta de servicios en las redes nacionales de banda ancha y permite brindar servicios no tradicionales, adicionales al transporte. Servicios adicionales como aplicaciones over-the-top (OTT), internet, <i>slicing</i> , contenido, interconexión, alquiler de infraestructura activa y pasiva, entre otros.			

### 3.1.2.2.8 POL08: Operadores de Infraestructura Local

La Asociación para el Progreso de las Comunicaciones (APC), red internacional de organizaciones de la sociedad civil, dedicada a empoderar y apoyar a personas que trabajan por la paz, los derechos humanos, el desarrollo y la protección del medio ambiente, a través del uso de tecnologías de información y comunicaciones, y cuya visión y misión proponen un mundo más justo y sustentable, utilizando el poder de las comunidades, para asegurar que Internet sea un recurso público global (APC, 2020).

La APC indica que los grandes operadores no han podido desplegar redes de acceso suficientes para llegar masivamente a los usuarios finales y, en su ausencia, han surgido pequeños operadores locales y regionales que desplegando redes de bajo costo de inversión y operadas localmente, han cubierto en pequeña escala de esa demanda; enfrentándose a obstáculos regulatorios, financieros y técnicos, para conseguir las metas de crecimiento y sustentabilidad de sus pequeñas y medianas empresas. A estas iniciativas APC las denomina “Modelos de Infraestructura de Acceso Local”, y en ese contexto plantea la siguiente pregunta: “¿Los modelos de infraestructura de acceso local son una alternativa viable para conectar comunidades no conectadas? Y, en caso afirmativo, ¿cuáles son las circunstancias que contribuyen a su éxito?” (APC, 2020).

Es en este sentido que es importante considerar a los operadores de infraestructura de acceso, como *driver* o factor de cambio del nivel de despliegue y utilización de las redes de banda ancha nacionales.

Tabla 30 - *Driver* POL08. Fuente: elaboración propia en base a APC (2020).

Driver	Descripción	Movimientos	Indicador
<b>POL08</b> Operadores de Infraestructura de acceso local	Los grandes operadores no han podido desplegar redes de acceso suficientes para llegar masivamente a los usuarios finales y, en su ausencia, pequeños operadores locales y regionales desplegaron redes de bajo costo de inversión y operadas localmente, enfrentándose a obstáculos regulatorios, financieros y técnicos, para conseguir las metas de crecimiento y sustentabilidad de sus pequeñas y medianas empresas.	1. El Estado sí da incentivos a los operadores locales para desplegar infraestructura de red.  2. El Estado no da incentivos a los operadores locales para desplegar red.	MTC – Lista de Operadores de Telecomunicaciones  OSIPTEL - Estadísticas de tiempo de resolución de averías.

### **ASEVERACIÓN POL08**

Al 2030, el Estado incentiva y regula la inversión de pequeños operadores de infraestructura de acceso local, que permiten cubrir más zonas con redes de acceso a nivel nacional. El estímulo y regulación estatal deben permitir que los pequeños operadores superen los obstáculos regulatorios, financieros y técnicos para conseguir la sostenibilidad y crecimiento de sus pequeñas y medianas empresas, luego de la alta inversión en infraestructura. Adicionalmente, los operadores locales favorecen la rapidez en la atención de averías, mejorando los tiempos de respuesta y la calidad de servicio.

### **3.1.2.2.9 POL09: Simplificación administrativa**

La simplificación administrativa es indispensable en las redes nacionales. La simplificación de las autorizaciones municipales para el despliegue de red, la disminución de impuestos de instalación. (GAPTEL, 2008).

Es importante también considerar la simplificación administrativa del proceso de compra de capacidad en las redes nacionales de banda ancha. Actualmente se debe coordinar con interlocutores de los proyectos regionales, de la RDNFO y de la parte de Interconexión.

Si bien la emisión de resoluciones normativas anuales ha disminuido desde el 2016, la cantidad de producción normativa de Osiptel, de 20 normas vigentes el 2001 a 74 normas el 2019, lo ha enfocado en un proceso de simplificación administrativa, y busca eficiencias eliminando la superposición de normas, actualizando las normas a los nuevos entornos del mercado, simplificando los procesos y las regulaciones, y evitando la sobre regulación (OSIPTEL, 2020).

Tabla 31 - *Driver* POL09. Fuente: elaboración propia en base a GAPTEL (2008).

Driver	Descripción	Movimientos	Indicador
<b>POL09</b> Simplificación administrativa	Simplificación regulatoria, como permisos municipales e impuestos para la instalación de infraestructura de redes de banda ancha. Eliminar superposición de normas.	1. El Estado simplifica la regulación relacionada a la infraestructura de red.  2. El Estado mantiene la regulación actual.  3. El Estado aumenta la regulación de la infraestructura de red.	MTC - Estadísticas de cantidad de km. de fibra óptica instalada en las redes nacionales por región.  MTC - Cantidad de clientes de la RDNFO y Redes Regionales

### **ASEVERACIÓN POL09**

Al 2030, el Estado simplifica la regulación relacionada a la infraestructura de red de banda ancha. Simplificación del proceso de venta, de las autorizaciones municipales, de la superposición de normas, entre otros; tanto para las redes nacionales como para las redes de operadores privados.

### **3.1.2.2.10 POL10: Protección de la Privacidad**

La digitalización de los medios trae consigo el desafío de la protección de los datos vulnerables y la privacidad, debido a ello, una de las recomendaciones de la OCDE (OECD & BID, 2016) es reforzar la coherencia y eficacia de la protección de la privacidad a nivel mundial. La protección de la privacidad es la base para que puedan ejecutarse con confianza los principales servicios remotos a la sociedad como son la telesalud, el teletrabajo y la teleeducación. Por lo expuesto, es necesario considerar como un *driver* a la protección de la privacidad.

Tabla 32 - *Driver* POL10. Fuente: elaboración propia en base a OECD & BID (2016).

Driver	Descripción	Movimientos	Indicador
<b>POL10</b> Protección de la privacidad	Protección de los datos personales e información crítica en las redes nacionales de banda ancha. Fiscalizar y sancionar a los infractores.	1. El Estado aumenta la protección de la privacidad. 2. El Estado no actúa sobre la protección de la privacidad.	OSIPTEL - Reclamos de usuarios a operadores por violación de la privacidad

### **ASEVERACIÓN POL10**

Al 2030, el Estado desarrolla una estrategia nacional para proteger la privacidad, nombrando una autoridad que pueda sancionar, solucionar y dar medidas complementarias, como capacitación y campañas de concientización. Se incentiva la cooperación internacional e la interoperabilidad para proteger la privacidad.

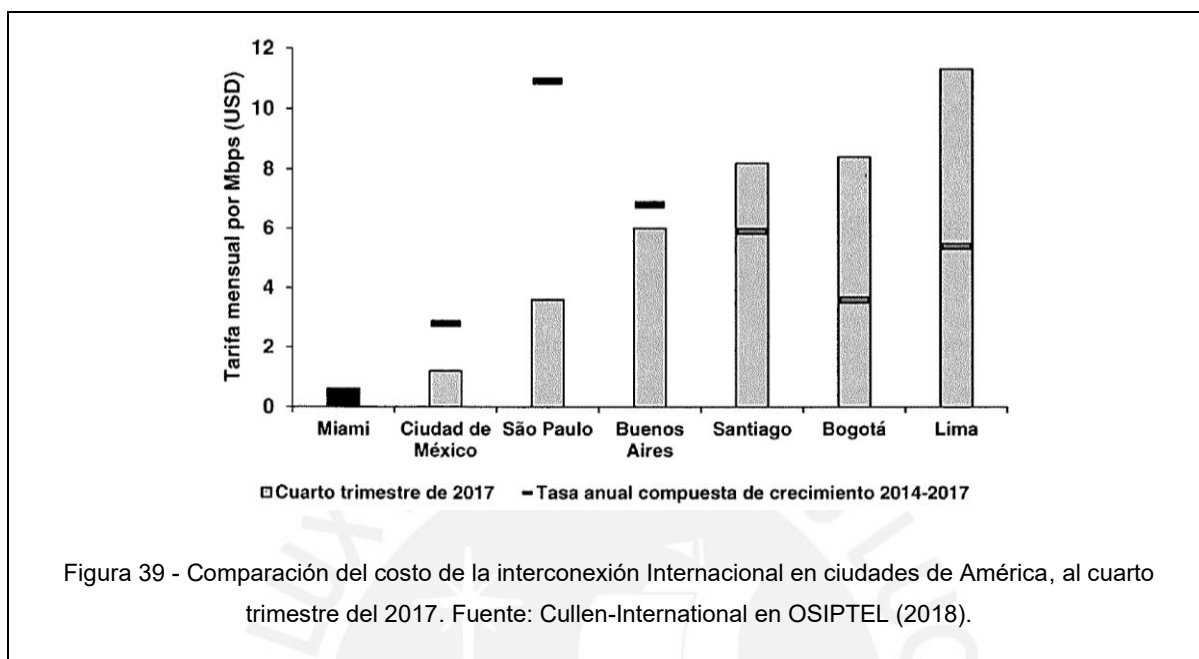
### **3.1.2.3 Entorno Económico**

#### **3.1.2.3.1 ECO01: Precio del Megabit por segundo**

El precio del Megabit por segundo (Mbps) es fijo y establecido por el Estado para las redes nacionales. La infrecuente actualización lo aleja desfavorablemente del precio de mercado. Adicionalmente, no hay diferenciación de precios por sector, ubicación, volumen o tiempo permanencia.

Se puede considerar también que las empresas que administran las redes regionales establezcan libremente sus ofertas de velocidad y tarifas, sin estar sujetas a regulación. La tendencia mundial es a no aplicar topes tarifarios, ya que las empresas no aplicarían precios insostenibles debido a la competencia del mercado. Los topes tarifarios especificados podrían

estar sobreestimados o subestimados, y el sustento para la regulación son los altos costos fijos de la red (OSIPTTEL, 2018). El costo de mercado de la salida Internacional, al 2017, es de USD 11.00 mensuales.



Si no se flexibiliza el precio del megabit por segundo, los usuarios finales preferirán comprar capacidad en las redes privadas, aprovechando las ofertas por volumen, tiempo de permanencia, entre otras, ofrecidas por los operadores privados.

Se debe considerar el precio por megabit como factor de cambio.

Tabla 33 - Driver ECO01. Fuente: elaboración propia en base a OSIPTTEL (2018).

Driver	Descripción	Movimientos	Indicador
<b>ECO01</b> Precio del Megabit por segundo en las redes nacionales.	El precio del Megabit por segundo (Mbps) es fijo y establecido por el Estado para las redes nacionales. No hay diferenciación de precios por sector, ubicación, volumen o tiempo de permanencia.	1. El Estado flexibiliza el precio del megabit en las redes nacionales.  2. El Estado no flexibiliza el precio del megabit.	MTC - Precio del Mbps en RDNFO y Redes Regionales.
<b>ASEVERACIÓN ECO01</b>			
Al 2030, el precio del megabit por segundo en las redes nacionales de banda ancha será variable. Hay diferenciación de precios por sector, ubicación, volumen y tiempo de permanencia, y el precio base se actualizará periódicamente en relación con el precio de mercado.			



Normalmente el modelo de negocio asociado a la banda ancha se basa en sostener un equilibrio entre las inversiones en infraestructura de red, y los ingresos obtenidos por conectividad y servicios prestados. Es necesario que los operadores, consideren en la ecuación nuevos servicios y aplicaciones que equilibren la inversión en infraestructura, sino el despliegue de nueva infraestructura de red puede verse cuestionado. En algunos casos, nuevos y pequeños agentes ofrecen aplicaciones y contenido sobre la infraestructura desplegada, captando considerables ingresos (GAPTEL, 2008)

El **desempeño financiero** del sector de telecomunicaciones en el Perú, desde enero a septiembre de 2020 en comparación con el 2019 muestra que los ingresos operativos de los más grandes operadores Telefónica y Claro han caído -18.3% y -16.8% respectivamente. En el caso de Telefónica, la caída se produjo principalmente por la caída en la venta de equipos y telefonía fija pública y de abonados (OSIPTEL, 2021).

### 3.1.2.3.2 ECO02: Facilidades en la inversión de redes de banda ancha

El costo de la infraestructura de acceso depende de la topología de red, tipo de viviendas y las facilidades o permisos municipales para las obras civiles. Los porcentajes de costo de despliegue son los siguientes (GAPTEL, 2008):

Tabla 34 - Porcentajes de costo por rubro, en el despliegue de infraestructura de red de telecomunicaciones. Fuente: GAPTEL (2008).

Rubro	Porcentaje del costo total de la obra
Obra civil	70%
Equipos activos	20%
Equipos pasivos	10%

El despliegue de infraestructura conduce a un deterioro del flujo de caja, y hay incertidumbre en la generación de ingresos. Esto impacta su calificación crediticia, por ello es necesario que los mercados financieros valoren positivamente la inversión en infraestructura. De no darse, los mercados financieros pueden frenar la inversión en infraestructura de red. Es necesario que el despliegue de infraestructura de red impacte positiva y significativamente en la valoración de una empresa en los mercados financieros. (GAPTEL, 2008).

Debido a que las tecnologías actuales son más complejas, el impulso para el despliegue depende de las expectativas de retorno de inversión de los grandes operadores. Es necesario que el Estado de facilidades en la inversión de redes de banda ancha. Si no se incentiva la

inversión en infraestructura de las redes de banda ancha, el alto valor de la inversión en infraestructura será trasladado, por los operadores, a las tarifas pagadas por los usuarios finales, desincentivando el uso de la red (GAPTEL, 2008).

Tabla 35 - *Driver* ECO02. Fuente: elaboración propia en base a GAPTEL (2008).

Driver	Descripción	Movimientos	Indicador
<b>ECO02</b> Facilidades en la inversión de redes de banda ancha	Dar facilidades de inversión en redes de banda ancha. Créditos a largo plazo y bajo interés. Mejorar el impacto positivo de las inversiones en infraestructura en la valoración de las empresas.	1. El Estado da facilidades de inversión.  2. El Estado no da facilidades de inversión.	Créditos otorgados para despliegue de redes de banda ancha.
<b>ASEVERACIÓN ECO02</b>			
Al 2030, se dan facilidades a la inversión en infraestructura de redes de banda ancha a nivel nacional, por ejemplo, créditos con baja tasa de interés y largo periodo de pago; tanto a los grandes operadores, como a los pequeños operadores de infraestructura local de acceso.			

Si no se incentiva la inversión en infraestructura de las redes de banda ancha, la alta inversión en infraestructura será trasladada, por los operadores, a las tarifas pagadas por los usuarios finales, desincentivando el uso de la red.

### 3.1.2.4 Social

#### 3.1.2.4.1 SOC01: Competencias y Capacidades Tecnológicas

Una de las recomendaciones de la OCDE (2016) es potenciar el empoderamiento individual, incentivar las competencias y empleos en la economía digital. La conectividad a Internet abre a la población al mercado mundial, trae consigo oportunidades a nuevos puestos de trabajo más allá de las ocupaciones tradicionales, estas últimas también transformadas debido a la tecnología, y es allí cuando los usuarios finales deben adquirir competencias para beneficiarse de los avances tecnológicos. La externalización del trabajo, como la deslocalización del mismo, puede llevar a la pérdida de algunos puestos de trabajo tradicionales, así como la creación de algunos otros ligados a capacidades y competencias TIC (OECD & BID, 2016).

La adquisición, activación y uso de competencias digitales, forman parte del círculo de la innovación y están al mismo nivel que la conexión o infraestructura de red. Si no se incentiva las competencias y capacidades tecnológicas de los usuarios finales, entonces la falta de conocimiento y de herramientas tecnológicas y el interés de los usuarios finales por los servicios de las redes de banda ancha disminuirá.

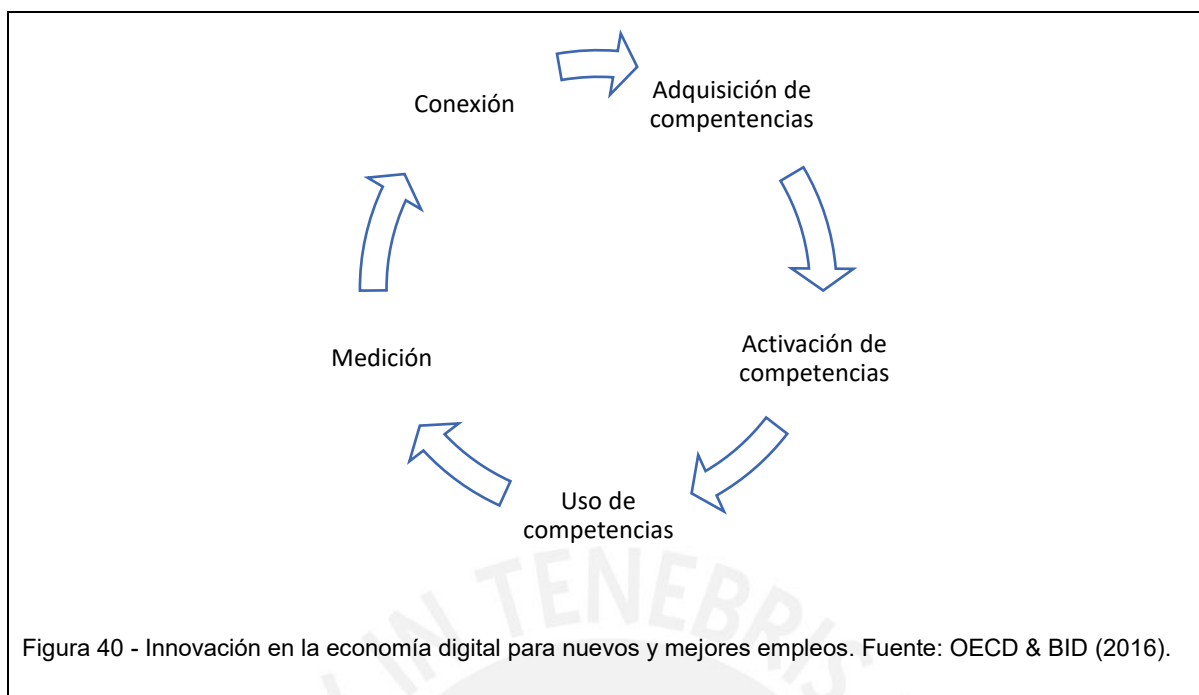


Tabla 36 - *Driver* SOC01. Fuente: elaboración propia en base a OECD & BID (2016).

Driver	Descripción	Movimientos	Indicador
<b>SOC01</b> Competencias y capacidades tecnológicas de los usuarios	Competencias y capacidades tecnológicas de los usuarios finales para aprovechar los beneficios de las redes de banda ancha	1. El Estado impulsa programas de capacitación y adquisición de herramientas tecnológicas a nivel nacional. 2. No se alienta la capacitación ni adquisición de herramientas por parte de los usuarios finales	CONCYTEC: Estadísticas de proyectos de I+D+i por sector productivo
<b>ASEVERACIÓN SOC01</b>			
Al 2030, el sector privado y el Estado incentivan las competencias y capacidades tecnológicas de los usuarios finales para aprovechar los beneficios de las redes de banda ancha. Se incentivan los programas de capacitación y adquisición de herramientas tecnológicas para los usuarios.			

### 3.1.2.4.2 SOC02: Actividades a distancia sobre la red

La pandemia Covid-19 ha dejado en evidencia que muchos de los trabajos y procesos otrora presenciales, pueden hacerse a distancia. La inmovilidad y confinamiento exigido por los gobiernos para reducir el contagio, obligó a las personas a cambiar sus hábitos y adaptarse a la nueva normalidad: el acceso remoto a los sistemas de educación, trabajo y salud (OSIPTEL, 2020).

Es esencial que la población a nivel nacional cuente con infraestructura de red de banda ancha para acceder a las actividades a distancia. Según CEPLAN (2019) algunas tendencias

económicas y sociales pueden originar una gran demanda de los servicios de Internet. Tendencias sociales como el aumento de la migración internacional, que ubica a muchos profesionales extranjeros en las provincias del país; y la reducción en la cobertura de los sistemas previsionales contributivos, que puede obligar a personas de la tercera edad a seguir trabajando, pero en trabajos de menor esfuerzo, y las actividades a distancia pueden cubrir esa demanda. También se observa un mayor bienestar en las familias como efecto directo de la mejor educación de las madres, que puede estar disponible a través de la teleeducación desde sus propios hogares. Tendencias económicas como la persistencia de jóvenes NiNi, que no estudian ni trabajan; para ellos el Internet puede abrir un nuevo mundo de posibilidades para reintegrarse a la sociedad.

El aumento de las actividades a distancia, y el uso de las redes de banda ancha para las actividades remotas como teletrabajo, telesalud y teleeducación incentivan considerablemente el uso de las redes de banda ancha.

Tabla 37 - *Driver* SOC02. Fuente: elaboración propia en base a CEPLAN (2019).

Driver	Descripción	Movimientos	Indicador
<b>SOC02</b> Actividades presenciales y a distancia	Incentivar las actividades a distancia como el teletrabajo, teleeducación y telemedicina. Tecnicar las actividades presenciales para estimular el uso de las redes.	1. El Estado incentiva y regula las actividades remotas, vía las redes de banda ancha.  1. El Estado no incentiva ni regula las actividades remotas.	Organización Mundial de la Salud (OMS): proyecciones de muertes causadas por enfermedades seleccionadas  CEPLAN: estructura de la población para los años 2015, 2030, 2050 y 2100  BID: Países de América Latina: adultos de 65 años a más sin pensión contributiva adecuada hacia 2050
<b>ASEVERACIÓN SOC02</b>			
Al 2030, se reducen las actividades presenciales y aumentan las actividades a distancia; y las redes de banda ancha deberán estar listas en capilaridad, velocidad de transferencia, seguridad y servicios de valor agregado, para que sirva como infraestructura sobre la cual se brinden las actividades remotas como el teletrabajo, telesalud y teleeducación.			

### 3.1.2.4.3 SOC03: Seguridad contra robo y vandalismo

El 2014, Piura sufrió 68 cortes de servicio de Internet debido a los actos de robo y vandalismo a la infraestructura de red de los operadores en la zona. El pedido de los operadores es común en toda Latinoamérica, trabajar en conjunto con las autoridades para evitar o disminuir los casos de robo y vandalismo. Por ejemplo en Perú, Movistar reportó un aumento en el robo de cables de cobre entre el primer semestre del 2017 y 2018, la cantidad se triplicó a 350 mil casos (TeleSemana.com, 2018)

La actitud de rechazo de los pobladores contra la instalación de redes de telecomunicaciones es principalmente ocasionada por el desconocimiento de lo inofensivo de las redes, y de sus beneficios sociales.

Tabla 38 - *Driver* SOC03. Fuente: elaboración propia en base a TeleSemana.com (2018).

Driver	Descripción	Movimientos	Indicador
<b>SOC03</b> Seguridad contra robo y vandalismo	Seguridad contra frecuentes robos y vandalismo en nodos de telecomunicaciones, equipamiento, cables de cobre y fibra óptica en las distintas zonas del país, por la alta tasa de delincuencia en el país.	1. Aumenta la seguridad de la infraestructura de telecomunicaciones por intervención de las autoridades.  2. No aumenta la seguridad de la infraestructura de red.	OSIPTEL – Estadísticas de cortes de servicio por robo o vandalismo.
<b>ASEVERACIÓN SOC03</b>			
Al 2030, se reducen los robos en los nodos de telecomunicaciones, equipamiento, cables de cobre y fibra óptica en las distintas zonas del país, debido a la alta tasa de delincuencia. También se reduce el vandalismo por el rechazo de los pobladores frente a la instalación de infraestructura de red, causado, por ejemplo, por el desconocimiento de los beneficios y lo inofensivo de la infraestructura de red de banda ancha.			

### 3.1.2.5 Ambiental

#### 3.1.2.5.1 AMB01: Red de acuerdo con Tipología Territorial

Según Cuervo & Délano (2019), la diversidad biológica, cultural, étnica y regional de nuestras regiones, genera diversas formas de ocupación del territorio. Se distinguen 3 tipologías: ligada a la tierra, ligada a la ocupación y ligada a lo político-administrativo, cada una de ellas con distintas distribuciones y distancias entre las viviendas, empresas e instituciones. Las zonas rurales son bastante dispersas. Para el despliegue de infraestructura de red de telecomunicaciones, es pues importante considerar la tecnología de acceso acorde a cada

tipología territorial, que permita brindar gran ancho de banda con baja afectación del medio ambiente

Tabla 39 – Tecnología e infraestructura de red, de acuerdo con la tipología territorial y la forma de ocupación del territorio. Fuente: elaboración propia en base a Cuervo & Délano (2019).

Tipología territorial	Forma de ocupación del territorio	Tecnología	Infraestructura
Ligada a la ocupación Formas de ocupación dentro de un municipio	Densificada	5G XR-OPTICS NG-PON	Celda celular Fibra aérea Fibra en microzanja
	Anfibia	5G G-PON Radio PMP	Celda celular Fibra subacuática Torres mimetizadas
	Dispersa	5G FSO G-PON Radio PMP	Celda celular Torres mimetizadas Fibra aérea Torres mimetizadas
	Urbana	5G XR-OPTICS NG-PON	Celda celular Fibra aérea Fibra en microzanja
	Rural	5G G-PON Radio PMP FSO	Celda celular Fibra subacuática Torres mimetizadas Torres mimetizadas

El aspecto geográfico es relevante, por ello tanto la tecnología como la infraestructura de planta externa de las redes de acceso de banda ancha, deben ser reguladas o establecer lineamientos mínimos, para utilizar lo óptimo en las diferentes tipologías territoriales.

Tabla 40 - Driver AMB01. Fuente: elaboración propia en base a Cuervo & Délano (2019).

Driver	Descripción	Movimientos	Indicador
<b>AMB01</b> Tecnologías de red acordes con la tipología territorial	Considerar distintas tecnologías e infraestructura de red de acceso según cada tipología territorial, para acceder a la mayor cantidad de usuarios con más ancho de banda, y evitando afectar el medio ambiente.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El Estado define, regula y fiscaliza las tecnologías e infraestructura de red según la tipología territorial.</li> <li>2. El Estado define un único modelo de tecnología e infraestructura de red para todos los territorios.</li> <li>3. Es Estado no regula al respecto.</li> </ol>	MTC - Reporte de KM de infraestructura de red desplegada a nivel nacional.

#### **ASEVERACIÓN AMB01**

Al 2030, se estandarizan las tecnologías de red acceso de acuerdo con la tipología territorial, para acceder a la mayor cantidad de usuarios con más ancho de banda, afectando mínimamente al medio ambiente. La tipología territorial ligada a la ocupación distingue territorios densificados, anfibios, dispersos, urbanos y rurales, donde se deben aplicar distintas tecnologías como NG-PON, 5G, XR-OPTICS, FSO, entre otras.

#### **3.1.2.5.2 AMB02: Economía Circular**

Según la Agencia Nacional del Espectro de Colombia (ANE, 2018), la exploración del entorno ambiental busca identificar la interacción y efectos que tienen las redes de banda ancha sobre el medio ambiente y posibilitar el desarrollo solidario con el entorno. En ese contexto, la demanda de alta capacidad de conexión debe estar basada en el uso racional de recursos que fomenten la economía circular; se debe evaluar las afectaciones al medio ambiente, con estudios científicos que sustenten y mejoren la normatividad vigente. Los principales tópicos por discutir al respecto son la contaminación visual de la infraestructura de telecomunicaciones.

Entre los elementos de los usuarios, como los celulares, es necesario que se regule y fomente el reciclaje, por algunos de sus componentes electrónicos y baterías altamente contaminantes. Con respecto a los operadores, incluye disminuir la movilidad vehicular favoreciendo el teletrabajo y procesos de reciclaje para los cables y equipos electrónicos, entre otros (ANE, 2018).

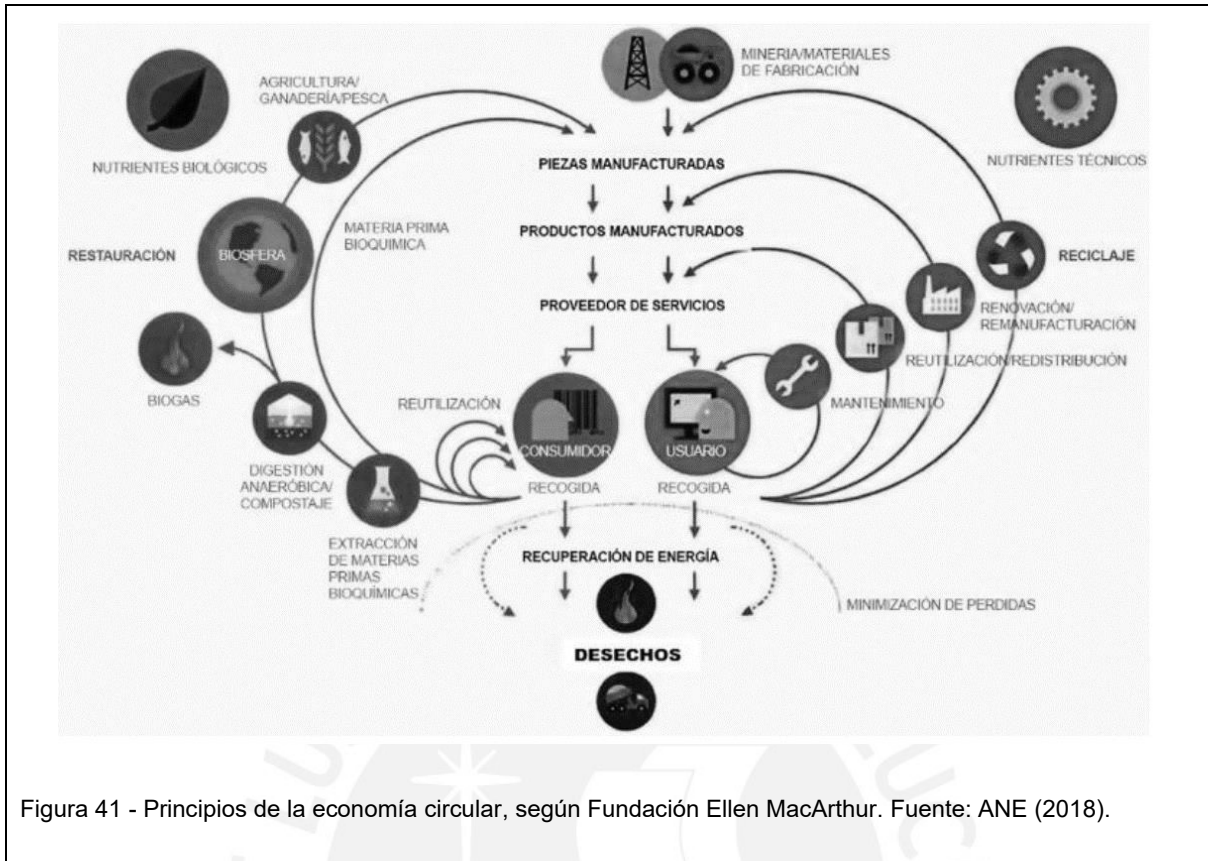


Figura 41 - Principios de la economía circular, según Fundación Ellen MacArthur. Fuente: ANE (2018).

Es pertinente considerar al incentivo de la economía circular como uno de los *drivers* que puede estimular el uso de las redes de banda ancha por parte de la población.

Tabla 41 - *Driver* AMB02. Fuente: elaboración propia en base a ANE (2018).

Driver	Descripción	Movimientos	Indicador
<b>AMB02</b> Economía circular	La economía circular no agota los recursos naturales, ni genera desechos que afecten el medio ambiente, tanto en los materiales usados por los operadores de comunicaciones, como los materiales usados para los equipos de los usuarios.	1. EL Estado regula el uso de materiales que fomenten la economía circular en los despliegues de redes de banda ancha.  2. El Estado no regula el uso de materiales que fomenten la economía circular.	Materias primas, ciclo productivo, inteligencia artificial  Tasa de reciclaje Uso de energía renovable Dispositivos IoT conectados
<b>ASEVERACIÓN AMB02</b> Al 2030, se regulan la calidad y tipo de materiales usados por los operadores de comunicaciones y los materiales de los equipos de los usuarios, para no agotar los recursos naturales, ni generar desechos que afecten el medio ambiente, fomentando la economía circular.			



Si no se regula la calidad y tipo de materiales utilizados por los operadores y usuarios, se pueden emplear materiales que generen gases halógenos perjudiciales para la salud, o el uso de baterías altamente contaminantes en laptops, tabletas y celulares, entre otros.

### 3.1.2.5.3 AMB03: Campos Electromagnéticos

La OMS desarrolló un modelo que le permite a los Estados, tener un punto de partida para establecer límites en sus regulaciones con respecto a la exposición de la población a campos electromagnéticos entre 0 y 300 GHz (OMS, 2007). Adicionalmente se deben seguir las recomendaciones internacionales de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y la Comisión Internacional sobre la Protección contra Radiaciones no Ionizantes (ICNIRP).

El Estado debe informar a la población sobre las radiaciones electromagnética que emiten algunos equipos de telecomunicaciones, pero a niveles seguros para la salud de las personas. Se deben explicar los conceptos con lenguaje simple, pero evitando la sobre simplificación, que puede causar desconfianza, y se debe proporcionar información adicional de soporte. Los máximos niveles de exposición en la vida diaria están por debajo de los límites recomendados (OMS, 2005).

Si no se informa a la población ni se actualiza la regulación sobre emisiones electromagnéticas, se dificultará el crecimiento de las redes de acceso móviles o *fronthaul*, de tecnologías emergentes como 5G. Por ejemplo, en julio del 2021, el Tribunal Constitucional del Perú suspendió el otorgamiento de licencias para instalar estaciones celulares en el Callao, esgrimiendo que no existe consenso científico con respecto a los posibles daños que podría originar la exposición a los campos electromagnéticos a la población y el medioambiente. Esto origina un severo retraso en las expansiones de las redes de acceso y un potencial problema en los despliegues en Lima, Callao y a nivel nacional (Gestión, 2021)

Tabla 42 - *Driver* AMB03. Fuente: elaboración propia en base a OMS (2005).

Driver	Descripción	Movimientos	Indicador
<b>AMB03</b> Exposición a campos electromagnéticos	Conocimiento sobre la exposición de la población a la Intensidad del campo eléctrico emitido por una antena de radio microondas en las redes de telecomunicaciones.	1. El Estado estimula la capacitación de la población sobre lo inofensivo de la radiación de una antena microondas, cuando los niveles de potencia son regulados y fiscalizados. 2. El Estado no capacita a la población sobre la radiación electromagnética.	MTC - indicadores de campañas de capacitación a nivel nacional.

### **ASEVERACIÓN AMB03**

Al 2030, el Estado actualiza la regulación sobre la potencia máxima, ubicación y mimetización de las estaciones de radio que emiten campos electromagnéticos, principalmente para celdas de poca área de cobertura como 5G. Se capacita a la población sobre lo inofensivo de los campos electromagnéticos no ionizantes.

### **3.1.3 Análisis de Tendencias**

Una tendencia es el posible comportamiento a futuro de una variable, asumiendo la continuidad de su patrón histórico. Es un patrón a largo plazo que provee una dirección de futuro, que está evolucionando constantemente y que podría contribuir a amplificar los riesgos globales y/o alterar la relación entre ellos (CEPLAN, 2017).

Según el Centro Nacional de Planeamiento Estratégico del Perú CEPLAN (2019) las tendencias de las distintas dimensiones o entornos al 2030 son las siguientes:

Tabla 43 - Tendencias en los entornos o dimensiones, al 2030. Fuente: CEPLAN. (2019).

Dimensión	Tendencia al 2030
Tecnológica	Incremento de la interconectividad a través del Internet de las cosas (IdC)
	Mayor automatización del trabajo
	Incremento de la adopción de vehículos autónomos
	Incremento del uso de dispositivos móviles inteligentes
	Incremento del acceso a la salud por el uso de la tecnología
	Incremento del acceso a la educación por el uso de tecnología
Político-Regulatorias	Incremento de los Estados fallidos
	Inestabilidad de la globalización
	Disminución de las libertades relacionadas con la democracia
	Mayor percepción de corrupción
	Aumento de las organizaciones criminales
	Incremento de la participación ciudadana a través de medios digitales
	Mayor desarrollo de servicios en línea de los gobiernos
Económica	Elevada informalidad y precariedad del empleo
	Persistencia de jóvenes que no estudian ni trabajan (NiNis)
	Menor participación de la industria en el valor agregado
	Mayor presencia de los países emergentes en la economía mundial
	Cambios en el centro de gravedad económico
	Incremento de actitudes emprendedoras en economías emergentes y en vías de desarrollo
	Incremento de las clases medias
	Incremento de la productividad energética en la economía mundial
	Disminución de la demanda de recursos minerales y otros provenientes del subsuelo

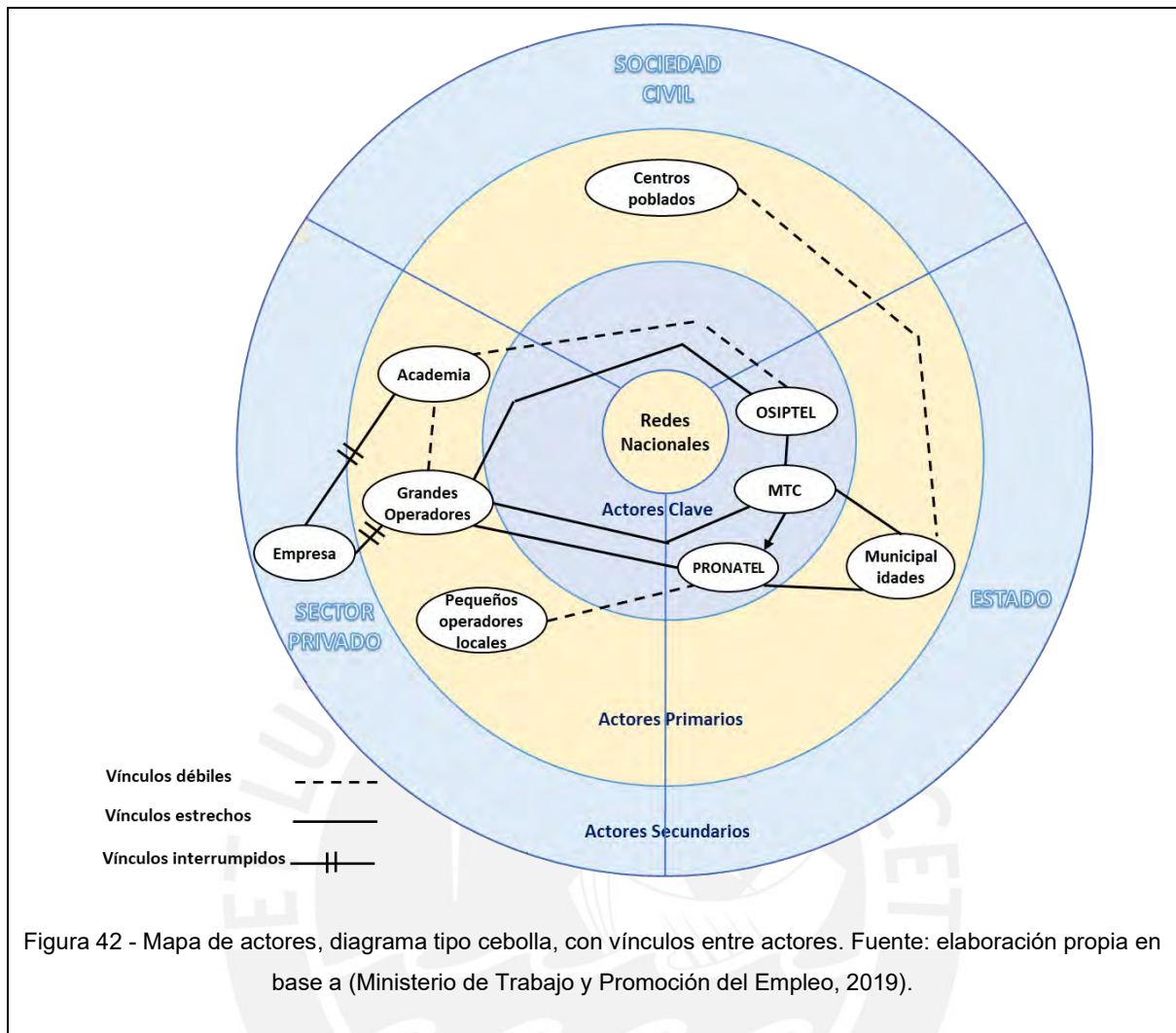
Sociales	Incremento de la población
	Descenso de la fecundidad
	Incremento de la esperanza de vida al nacer
	Cambios en la estructura etaria de la población
	Incremento de la dependencia demográfica
	Aumento de la migración internacional
	Incremento de la población en condición de refugiados
	Incremento de las megaciudades
	Incremento en el consumo de alimentos
	Reducción en la cobertura de los sistemas previsionales contributivos
	Persistente desigualdad de género
	Mayor violencia por cuestiones de género en países de América Latina y el Caribe
	Prevalencia de las enfermedades crónicas degenerativas como principales causas de muerte
Culturales	Creciente importancia del análisis del bienestar subjetivo de las personas
	Incremento de las restricciones religiosas
	Disminución de las actitudes filantrópicas
	Incremento del uso de noticias falsas
	Transformación de las estructuras familiares
Ambientales	Pérdida de los bosques tropicales y biodiversidad.
	Incremento de la temperatura.
	Variabilidad de las precipitaciones
	Acidificación de los océanos
	Aumento del estrés hídrico
	Desoxigenación de los océanos
	Contaminación de los océanos
	Aumento de la frecuencia de eventos climáticos extremos
	Incremento en consumo de productos orgánicos y con certificaciones ambientales
	Incremento de uso de las energías renovables
	Degradación de los suelos

Estas tendencias son tomadas en cuenta para agrupar y estructurar la relación entre los *drivers* en relación y acción sobre un mismo entorno, y sirven también como base y entorno en los escenarios futuros, además de ayudar con la identificación del escenario tendencial, al final del procedimiento prospectivo.

### 3.1.4 Mapeo de Actores

Los actores involucrados en la definición, despliegue y entorno de las redes nacionales de banda ancha, son los siguientes:

- **MTC:** Ministerio de Transportes y Comunicaciones, es la entidad rectora en Telecomunicaciones.
- **PRONATEL:** Programa Nacional de Telecomunicaciones, ex FIDEL, tiene como objetivo la provisión de acceso universal de servicios de telecomunicaciones, y el desarrollo de la banda ancha.
- **PROINVERSIÓN:** Promoción de la Inversión Privada, es la entidad encargada de conducir el proceso de adjudicación de las Redes Nacionales.
- **OSIPTEL:** Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones, es el organismo regulador de servicios públicos de telecomunicaciones.
- **MUNICIPALIDADES:** entidades encargadas de otorgar los permisos para la instalación de la infraestructura de red.
- **GRANDES OPERADORES:** los grandes *Carriers*, encargados de desplegar las redes privadas de banda ancha a nivel nacional.
- **PEQUEÑOS OPERADORES LOCALES:** pequeñas empresas que despliegan pequeñas redes de infraestructura en determinadas zonas, especialmente en zonas de difícil acceso o baja cobertura.
- **ACADEMIA / EMPRESA:** instituciones necesarias para la investigación, desarrollo e innovación en tecnologías emergentes que fortalezcan tecnológicamente a los usuarios y sectores productivos.
- **CENTROS POBLADOS:** los ciudadanos organizados de los distintos pueblos del Perú.



Los expertos considerados en el presente estudio pertenecen a las instituciones mencionadas:

Tabla 44 - Cuadro de expertos. Fuente: elaboración propia en base a información de los expertos.

Experto	Especialidad	Sector	Años de Experiencia
EXP1	Regulación en Telecomunicaciones	Gobierno	12
EXP2	Consultor en Telecomunicaciones	Academia	40
EXP3	Tecnología en Telecomunicaciones	Empresa	26
EXP4	Contabilidad en Telecomunicaciones	Empresa	15
EXP5	Regulación en Telecomunicaciones	Gobierno	15

### 3.1.5 Drivers

Luego de la exploración del entorno y el análisis de tendencias, se consolidan 20 *drivers* o factores de cambio, para las redes nacionales de banda ancha.

Tabla 45 - Lista completa de *Drivers* o Factores de Cambio de las Redes de Banda Ancha del Perú. Fuente: elaboración propia en base al análisis multidimensional.

N°	Driver	Etiqueta
1	Uso de tecnologías emergentes	TEC01
2	I+D+i en la red y en los sectores productivos	TEC02
3	Despliegue de redes nacionales de banda ancha	POL01
4	Migración obligatoria de entidades Estatales a las redes nacionales	POL02
5	Empresa integradora para migración de servicios	POL03
6	Compartición de infraestructura activa y pasiva	POL04
7	Atribución del espectro radioeléctrico	POL05
8	Neutralidad de las redes de banda ancha	POL06
9	Servicios no tradicionales sobre las redes nacionales	POL07
10	Operadores de Infraestructura de acceso local	POL08
11	Simplificación administrativa	POL09
12	Protección de la privacidad	POL10
13	Precio del Megabit por segundo	ECO01
14	Facilidades en la inversión de redes de banda ancha	ECO02
15	Competencias y capacidades tecnológicas	SOC01
16	Actividades presenciales y a distancia	SOC02
17	Seguridad contra robo y vandalismo	SOC03
18	Tecnologías de red acordes con la tipología territorial	AMB01
19	Economía circular	AMB02
20	Exposición a campos electromagnéticos	AMB03

## 3.2 Métodos de Validación

### 3.2.1 Encuesta Delphi a Expertos

El nivel de importancia de los *drivers* fue calificado por un panel de 5 expertos, así como el periodo de ocurrencia y el nivel de experticia en el conocimiento de lo relacionado a cada *driver* por parte del experto.

Tabla 46 - Nivel de importancia y periodo de ocurrencia de los *drivers* y nivel de experticia de los expertos. Fuente: elaboración propia en base a resultado de encuesta Delphi a expertos.

Aseveración	Importancia			Experticia			Periodo de Ocurrencia				
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Ya ocurrió	2021-2025	2026-2030	2031-2050	Nunca
TEC01	2	2	1	3	2		1	1	2	1	
TEC02	5			3	2			1	2	2	
POL01	2	2	1	3	2		1	2	1		1
POL02	4	1		4	1			2	3		
POL03	5			4	1			1	4		
POL04	5			3	2			3	2		
POL05	5			5			1	2	2		
POL06	5			4	1			1	4		
POL07	3	1	1	4	1			2	1	1	1
POL08	4	1		4	1			2	1	2	
POL09	4	1		3	2			1	3	1	
POL10	3	2		3	2			4		1	
ECO01	5			4	1			4		1	
ECO02	3	2		3	2			2	2	1	
SOC01	5			4	1		1	3		1	
SOC02	5			5				3	1	1	
SOC03	4	1		3	2			3	1	1	
AMB01	4	1		4	1			1	3	1	
AMB02	4	1		2	3			3		2	
AMB03	4	1		4	1		1	2	1	1	

Las variables más importantes según el consenso de los expertos son: TEC02, POL03, POL04, POL05, POL06, ECO01, SOC01 y SOC02. Sin embargo, es necesario evaluar el nivel de impacto que tiene una variable sobre otra, para visualizar relaciones de importancia escondidas, y posteriormente se debe analizar también el nivel de probabilidad de ocurrencia. Para evaluar la influencia entre los *drivers* se utilizará el método MICMAC.

Tabla 47 - *Drivers* más importantes según consenso inicial de panel de expertos. Fuente: elaboración propia en base a resultado de encuesta Delphi a expertos.

Etiqueta	Driver
TEC02	I+D+i en la red y en los sectores productivos
POL03	Empresa integradora para migración de servicios
POL04	Compartición de infraestructura activa y pasiva
POL05	Atribución del espectro radioeléctrico
POL06	Neutralidad de las redes de banda ancha
ECO01	Precio del Megabit por segundo
SOC01	Competencias y capacidades tecnológicas
SOC02	Actividades presenciales y a distancia

### 3.2.2 MICMAC

Con el método MICMAC, se evalúa la influencia de cada uno de los *drivers* sobre los otros. Se inicia el procedimiento calificando el nivel de influencia entre los *drivers* según lo siguiente: “0” sin influencia, “1” influencia débil, “2” influencia moderada, “3” influencia fuerte. El nivel de influencia es asignado por el autor, con 20 años de experiencia en despliegue de redes de telecomunicaciones. Los resultados serán complementados con los niveles de importancia y probabilidad de ocurrencia asignados por el panel de expertos.

Tabla 48 - Matriz de influencias entre los *drivers*, insumo para iniciar el método MICMAC. Fuente: elaboración propia en base juicio experto y plantillas de influencia MICMAC.

	1:T	2:T	3:P	4:P	5:P	6:P	7:P	8:P	9:P	10:	11:	12:	13:	14:	15:	16:	17:	18:	19:	20:
1: TEC01	0	3	0	0	2	2	2	1	3	2	0	2	2	2	3	0	0	3	1	1
2: TEC02	2	0	0	0	2	1	0	2	3	1	2	3	1	1	3	3	2	2	2	0
3: POL01	0	1	0	3	3	3	2	2	1	0	0	0	3	0	2	3	0	0	0	0
4: POL02	0	0	3	0	3	0	0	1	2	1	1	0	3	0	2	3	0	0	0	0
5: POL03	2	0	3	2	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
6: POL04	2	1	0	0	2	0	0	0	1	2	2	0	3	2	0	1	2	1	3	3
7: POL05	3	1	2	0	0	2	0	0	1	0	1	0	3	2	0	0	0	0	0	2
8: POL06	2	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
9: POL07	2	3	1	0	2	2	0	0	0	3	0	0	3	2	2	2	0	2	0	0
10: POL08	1	0	2	1	1	2	0	0	1	0	2	0	2	3	3	1	1	2	2	0
11: POL09	0	2	0	1	1	3	2	0	3	1	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0
12: POL10	2	2	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
13: ECO01	0	1	3	3	0	0	0	0	3	1	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0
14: ECO02	2	2	2	0	0	3	0	0	1	3	0	0	3	0	3	2	0	1	2	0
15: SOC01	1	2	0	0	0	0	0	2	2	0	0	3	0	0	0	3	3	2	2	2
16: SOC02	2	2	3	2	0	0	0	2	1	1	2	3	2	2	3	0	0	1	0	0
17: SOC03	0	0	2	1	0	2	0	0	1	2	0	0	2	3	0	2	0	0	1	0
18: AMB01	3	2	2	0	2	2	2	0	2	1	0	0	1	0	0	1	3	0	2	1
19: AMB02	1	3	0	0	0	3	1	0	2	0	0	0	1	0	0	1	2	3	0	3
20: AMB03	2	1	1	0	0	3	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	3	2	1	0



La matriz de influencias se ingresa en el programa MICMAC, el cual genera la lista con los *drivers* de mayor influencia directa y mayor dependencia directa. La lista muestra al *driver* TEC02 “I+D+i en la red y en los sectores productivos” como el más influyente, y al *driver* PO07 “Servicios no tradicionales sobre las redes nacionales” como el más dependiente. Esta primera relación de dependencia e influencia, nos indica que hay nueve (09) drivers con mayor tasa de influencia – dependencia, y que podrían utilizarse para elaboración de las hipótesis y escenarios futuros son:

Tabla 49 - *Drivers* con mayor influencia y dependencia directa en las redes nacionales según MICMAC. Fuente: elaboración propia en base a resultado del cuadrante 3 del análisis estructural MICMAC.

N°	Driver	Etiqueta
1	Uso de tecnologías emergentes	TEC01
2	I+D+i en la red y en los sectores productivos	TEC02
3	Despliegue de redes nacionales de banda ancha	POL01
4	Compartición de infraestructura activa y pasiva	POL04
5	Servicios no tradicionales sobre las redes nacionales	POL07
6	Facilidades en la inversión de redes de banda ancha	ECO02
7	Competencias y capacidades tecnológicas	SOC01
8	Actividades presenciales y a distancia	SOC02
9	Tecnologías de red acordes con la tipología territorial	AMB01

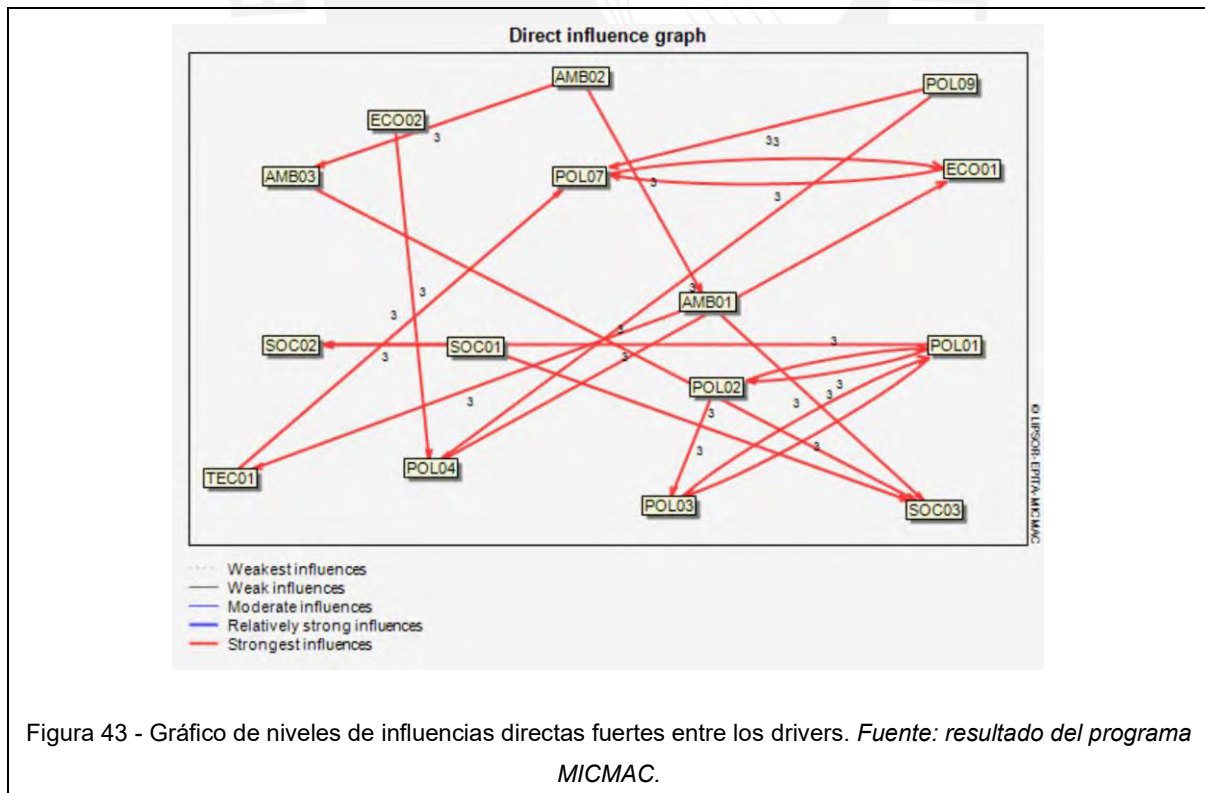
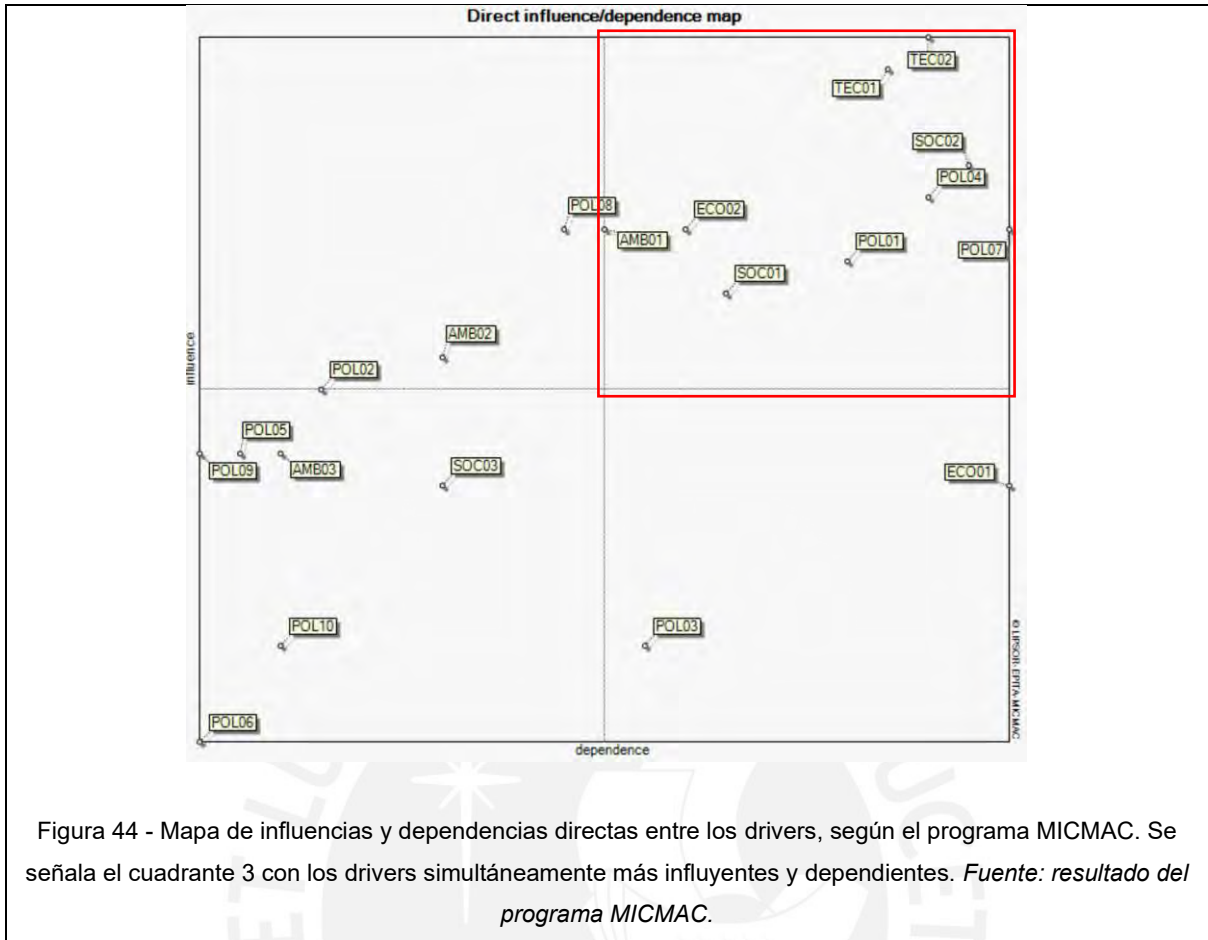
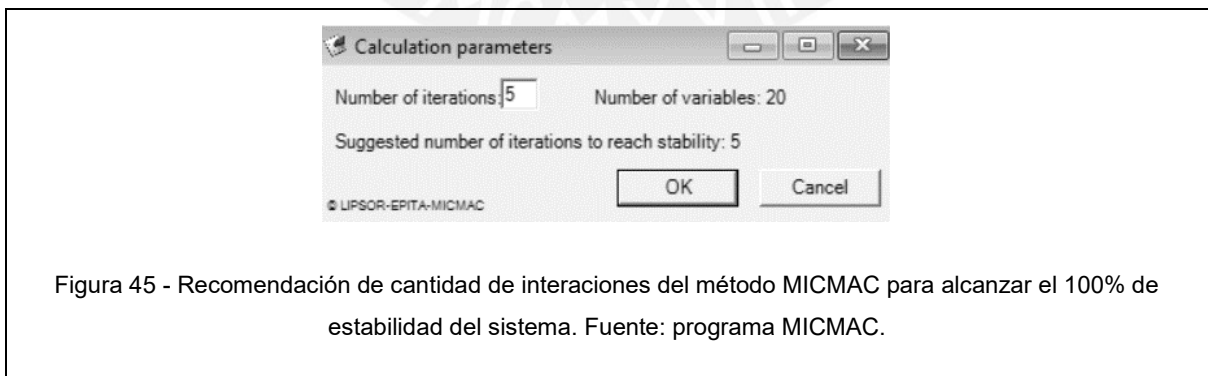


Figura 43 - Gráfico de niveles de influencias directas fuertes entre los drivers. Fuente: resultado del programa MICMAC.



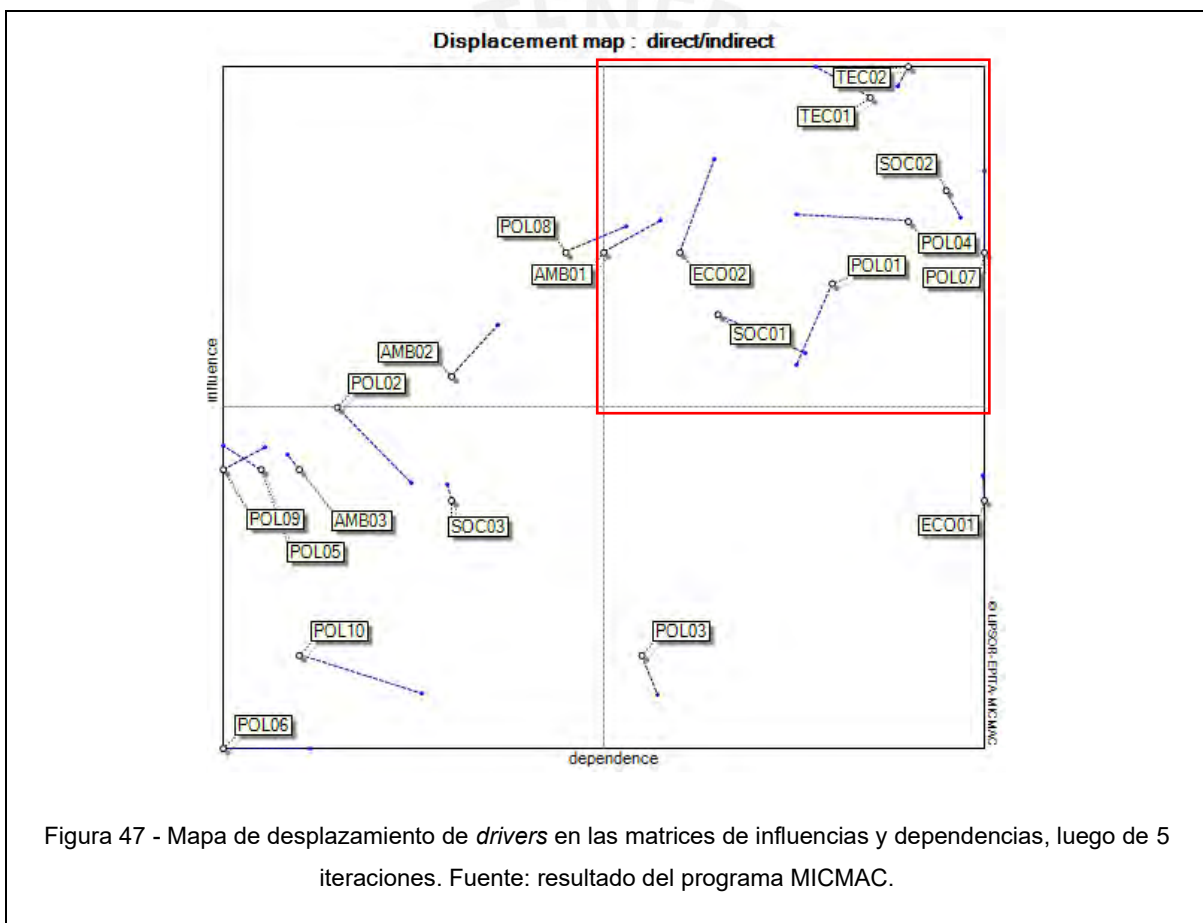
Sin embargo, el programa MICMAC sugiere hacer (05) iteraciones a la matriz para alcanzar la estabilidad, y descubrir lazos de influencia y dependencia de distinto orden entre las variables, y evidenciar el valor de importancia e influencia de alguna de ellas que pudiesen estar ocultos.



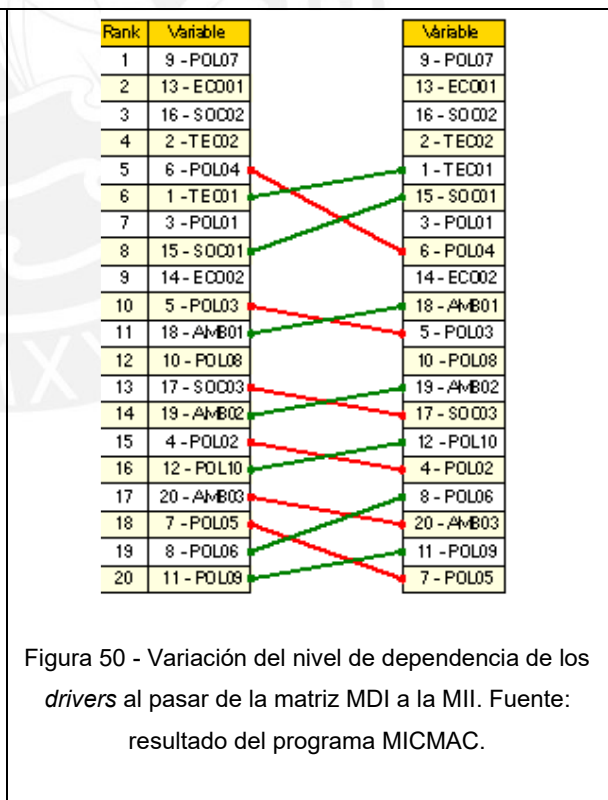
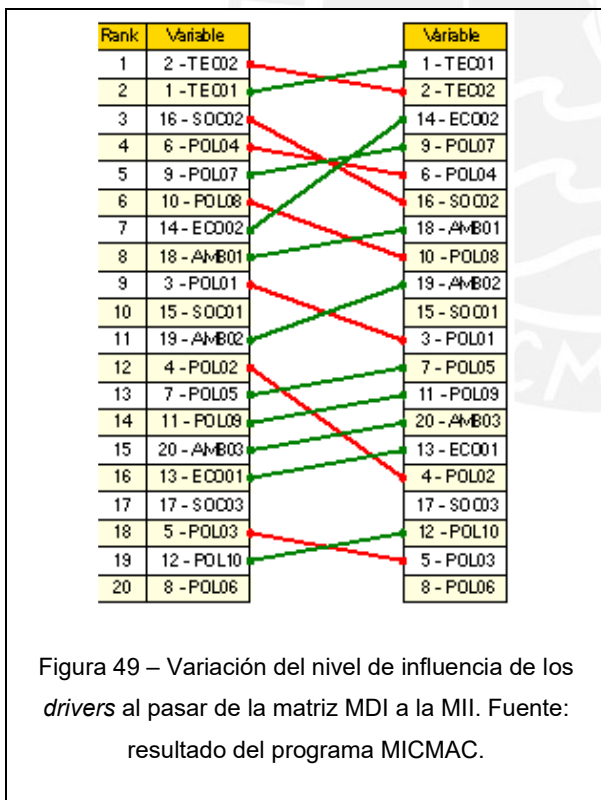
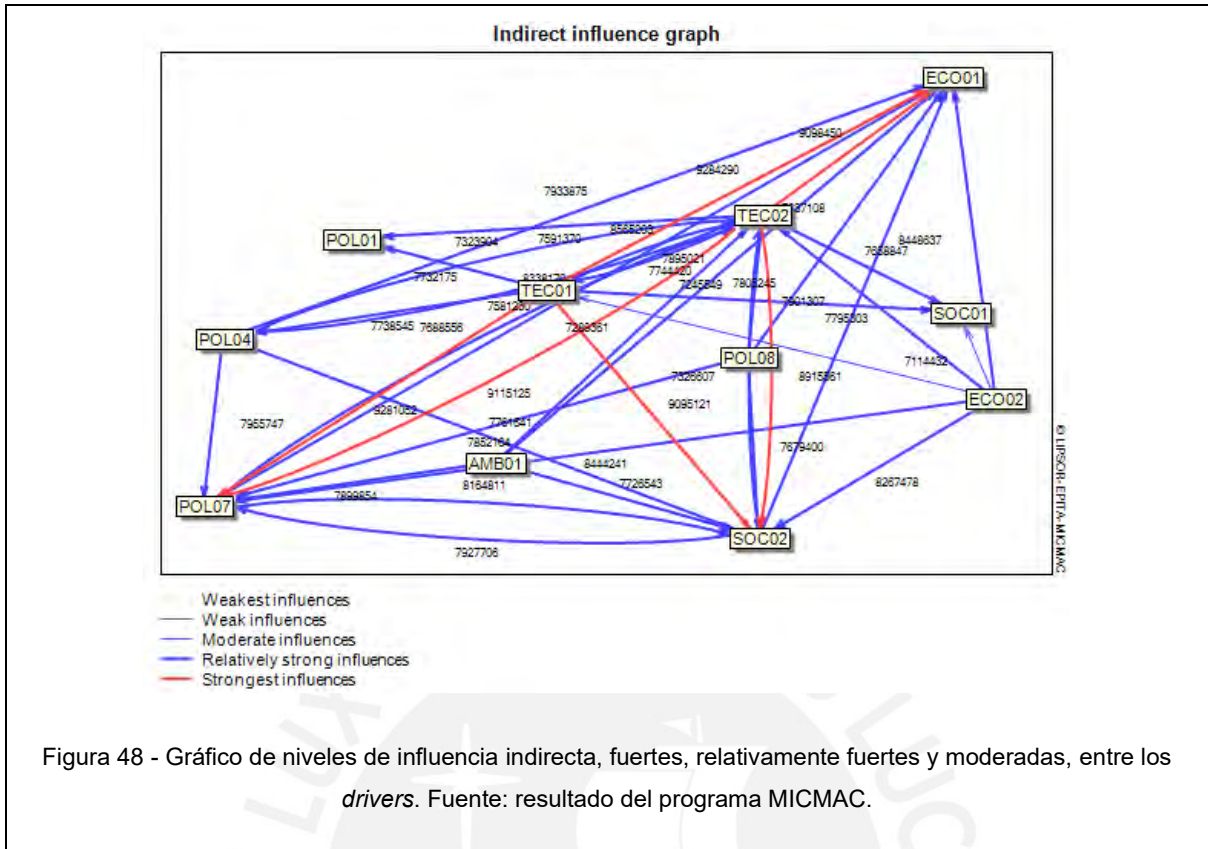
Iteration	Influence	Dependence
1	86 %	93 %
2	104 %	101 %
3	100 %	99 %
4	100 %	102 %
5	100 %	100 %

Figura 46 – Porcentajes de estabilidad de influencia y dependencia de los cálculos de matrices luego de cada iteración. Fuente: resultado del programa MICMAC.

Con las 5 iteraciones, el valor de influencia y dependencia de los *drivers* cambia, revelando su valor oculto, y su posición el mapa se desplaza.



Aparecen relaciones de influencia moderadas y relativamente fuertes entre las variables, marcadas con las líneas en azul delgadas y gruesas en el diagrama, respectivamente.

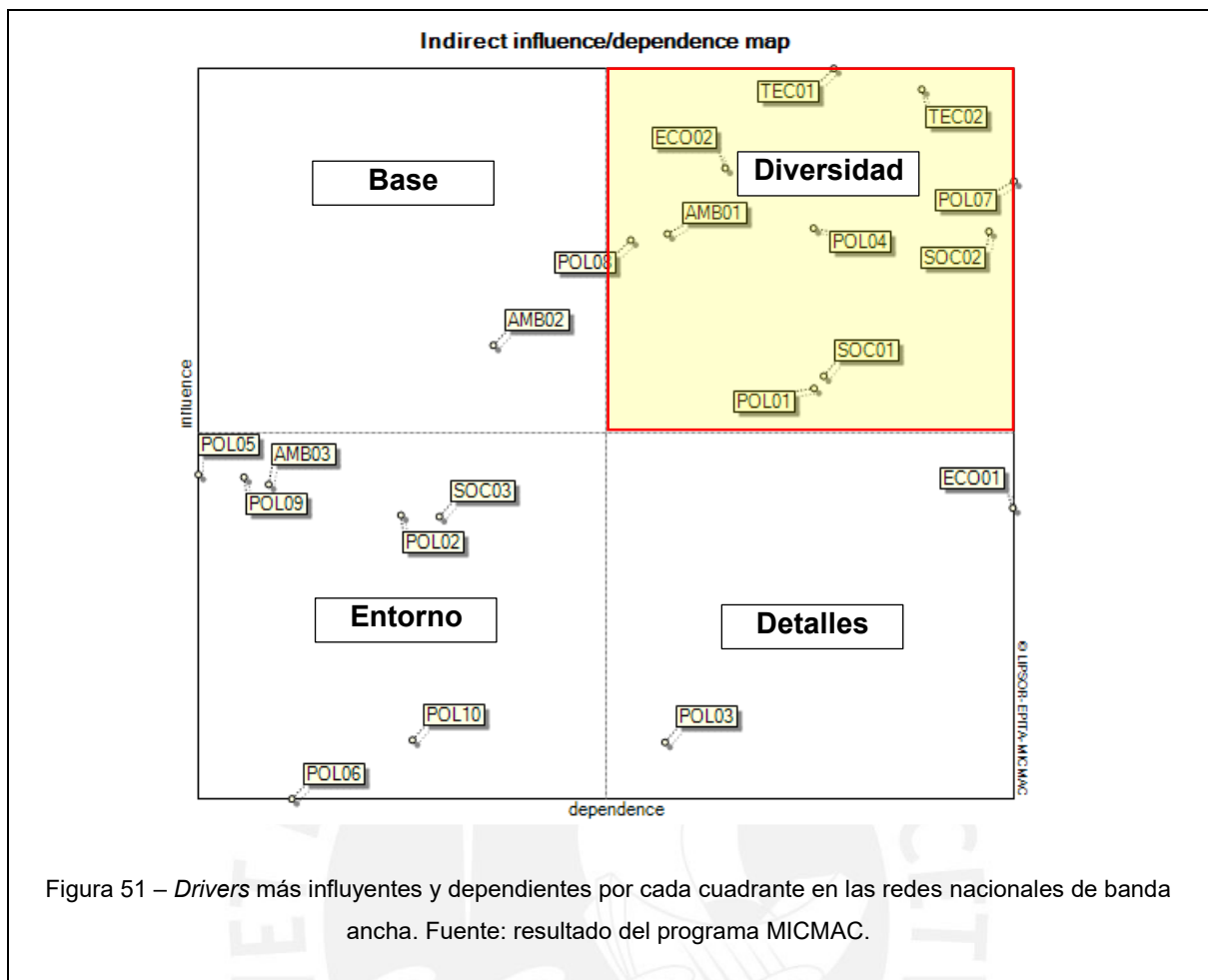


Al graficar el mapa de influencias y dependencias indirectas, se observa que la variable POL08 “Operadores de Infraestructura de acceso local” ingresa al cuadrante 3, y cambia el orden interno de las variables en dicho cuadrante también llamado de “Diversidad”, por lo voluble de las variables. La variable TEC01 pasa a ser la variable más influyente y la POL07 se mantiene como la más dependiente.

Tabla 50 - *Drivers* con mayor influencia y dependencia indirecta, de las redes de banda ancha nacionales. Fuente: elaboración propia en base al resultado del programa MICMAC.

N°	Drivers con mayor influencia y dependencia indirecta	Etiqueta
1	I+D+i en la red y en los sectores productivos	TEC02
2	Uso de tecnologías emergentes	TEC01
3	Servicios no tradicionales sobre las redes nacionales	POL07
4	Actividades presenciales y a distancia	SOC02
5	Compartición de infraestructura activa y pasiva	POL04
6	Facilidades en la inversión de redes de banda ancha	ECO02
7	Tecnologías de red acordes con la tipología territorial	AMB01
8	Competencias y capacidades tecnológicas	SOC01
9	Despliegue de redes nacionales de banda ancha	POL01
10	Operadores de Infraestructura de acceso local	POL08

Las variables que pertenecen a cada uno de los cuadrantes forman los conceptos de Base, Entorno y Detalles, y las variables que pertenecen al cuadrante de Diversidad formarán las hipótesis para la construcción de escenarios.



### 3.3 Métodos de Construcción de Futuribles

El método inicia construyendo las cadenas de *drivers* correspondiente a los cuadrantes “Base”, sobre el que deben desenvolverse las redes de banda ancha ya que aparecen en todos los escenarios; cuadrante “Entorno”, que proporcionan el trasfondo en todos los escenarios, y el cuadrante “Detalles”, que señalan el entorno, pero solo de algunos escenarios.

#### 3.3.1 Base

La base sobre la que deben desenvolverse las redes de banda ancha está definida por la variable AMB02 “Economía circular”, que al 2030 propone incentivar la regulación de la calidad y tipo de materiales usados por los operadores de comunicaciones y los materiales de los equipos de los usuarios, para no agotar los recursos naturales, ni generar desechos que afecten el medio ambiente, fomentando la economía circular.

### 3.3.2 Entorno

El entorno al 2030 debe reordenar y mejorar la atribución del espectro radioeléctrico, reorganizando las frecuencias a favor de las tecnologías de última generación, como 5G (POL05); se debe regular la potencia máxima, ubicación y mimetización de las estaciones de radio, principalmente para las nuevas celdas de poca área de cobertura como 5G, y capacitar a la población sobre lo inofensivo de los campos electromagnéticos no ionizantes (AMB03); se debe simplificar la regulación relacionada a la infraestructura de red de banda ancha, el proceso de venta, las autorizaciones municipales, y eliminar la superposición de normas (POL09). Se debe también garantizar la seguridad de la infraestructura de red de telecomunicaciones en las distintas zonas del país, y reforzar la firmeza en la migración de las instituciones estatales a las redes nacionales de banda ancha (POL02). Este entorno favorecerá el uso de las redes de banda ancha nacionales, incentivará el incremento de la cantidad de usuarios, quienes deben tener garantizada una infraestructura de red neutral (POL06), y la protección de su privacidad (POL10), en coordinación con instituciones internacionales, debido al alcance regional y mundial de las redes.

### 3.3.3 Detalles

Para algunos de los escenarios, el entorno al 2030 debe considerar que precio del megabit por segundo en las redes nacionales de banda ancha deberá ser variable (ECO01). Hay diferenciación de precios por sector, ubicación, volumen y tiempo de permanencia, y el precio base se actualizará periódicamente en relación con el precio de mercado. Adicionalmente, el Estado considera incluir empresas integradoras, como actores en la migración de las instituciones usuarias a las redes nacionales de banda ancha; para que hagan tareas como el levantamiento de información de la red local del usuario, la preparación y ejecución de los cambios en las configuraciones y equipamiento necesarios para la migración de los servicios a la nueva red (POL03).

### 3.3.4 Diversidad: *drivers* de mayor influencia y dependencia

Los *drivers* del cuadrante 3 formarán las hipótesis, que son la base de los futuribles. Se identifica la posición de cada *driver* dentro del cuadrante trazando la bisectriz y las perpendiculares hacia ella. Se diferencian dos grupos de *drivers* dentro del cuadrante, se marcan en círculos y se separan para facilitar la construcción de las cadenas de *drivers* que formarán las hipótesis.



Tabla 51 - Cadena de Drivers para la formación de hipótesis. Fuente: elaboración propia en base a gráfica del programa MICMAC.

Cadena de drivers 1	Cadena de drivers 2
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drivers cabeza: TEC01</li> <li>• Drivers cola: POL01, SOC02.</li> <li>• Drivers cuerpo: TEC02, SOC01, AMB01, POL07</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drivers cabeza: POL08</li> <li>• Drivers cola: SOC01, ECO2.</li> <li>• Drivers cuerpo: POL04</li> </ul>

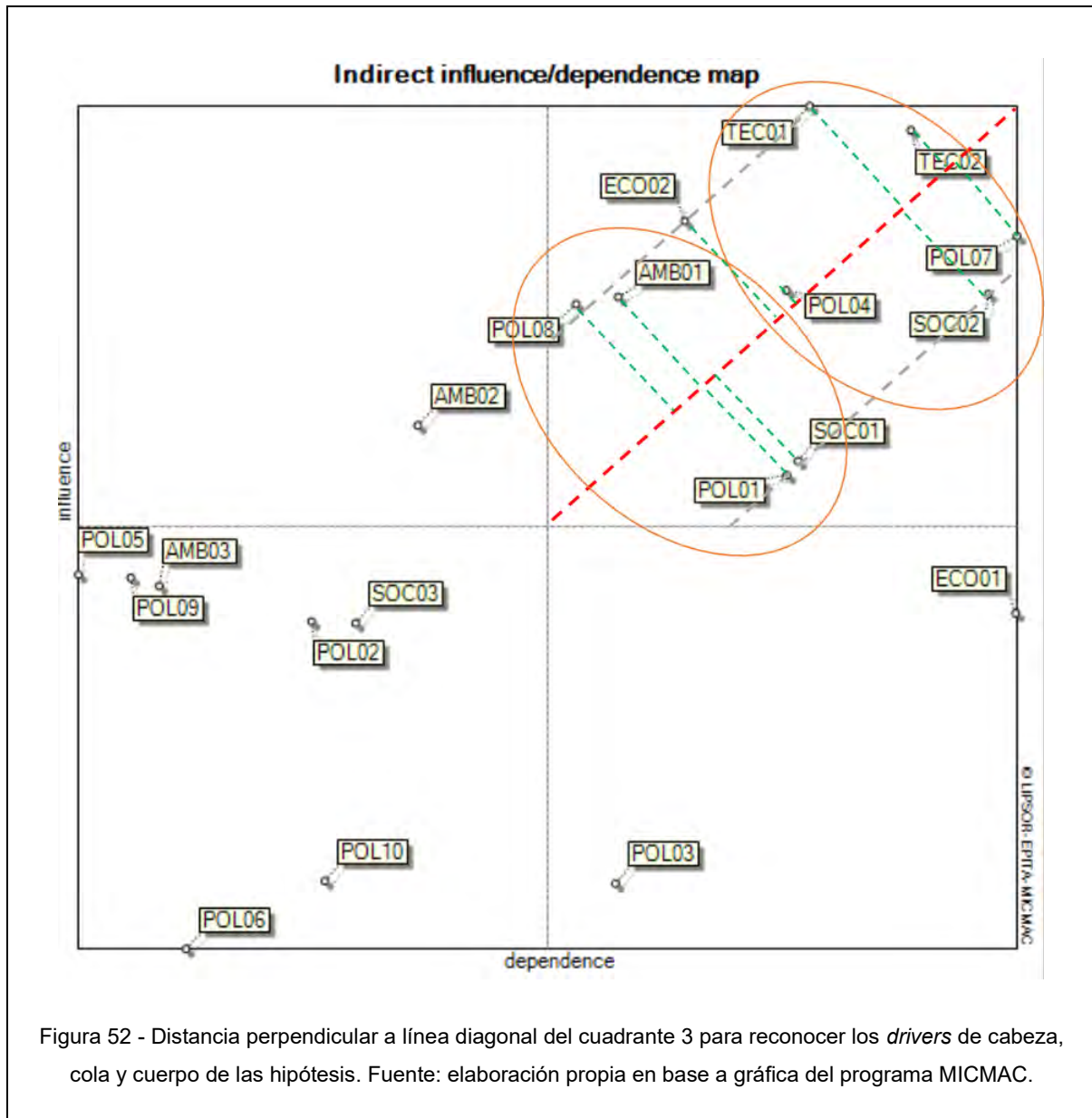
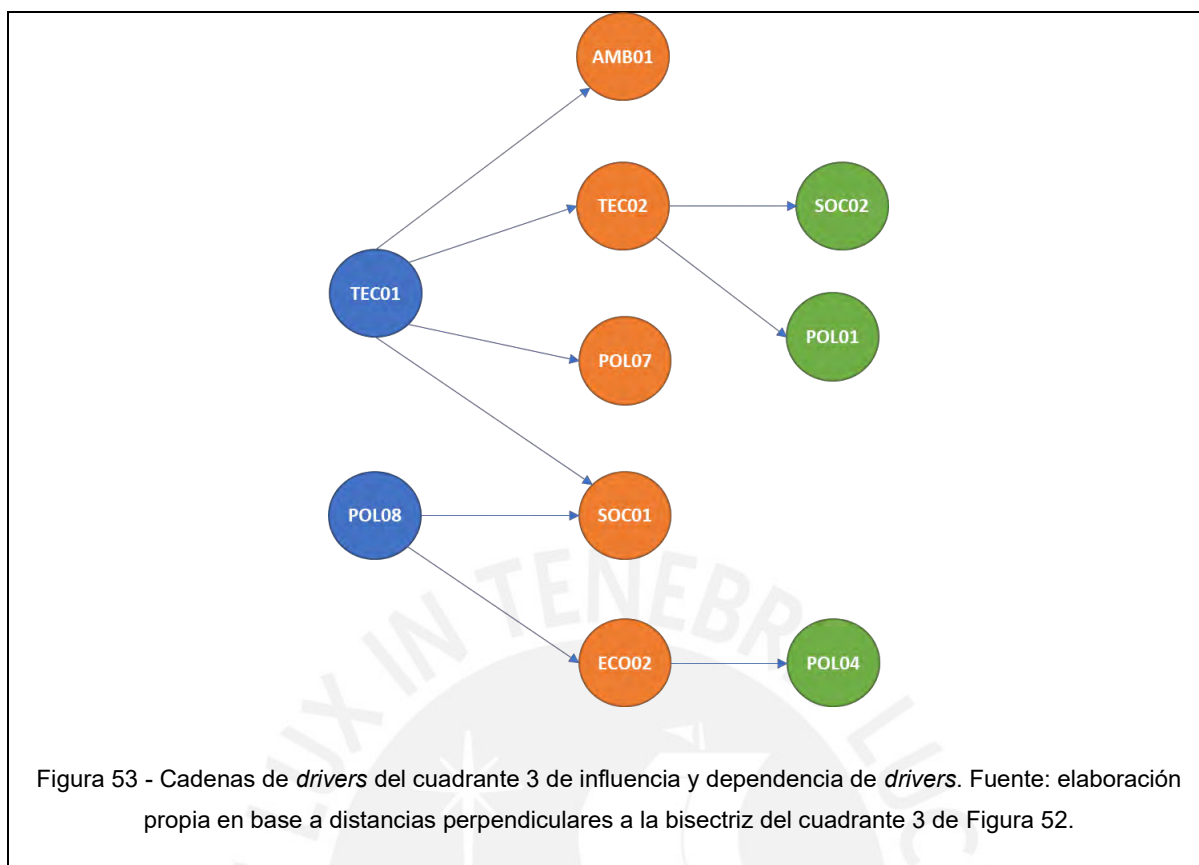


Figura 52 - Distancia perpendicular a línea diagonal del cuadrante 3 para reconocer los drivers de cabeza, cola y cuerpo de las hipótesis. Fuente: elaboración propia en base a gráfica del programa MICMAC.





Establecidas las cadenas de *drivers*, se incluye la segunda encuesta Delphi sobre la probabilidad de ocurrencia de las aseveraciones hechas a partir de los *drivers*, para identificar la probabilidad de ocurrencia, tanto de los movimientos positivos (+) como negativos (-), de los *drivers*. Con ambos datos se procede a la construcción de las hipótesis.

Tabla 52 - Probabilidad de ocurrencia de la aseveración positiva (+) de los *drivers*, según encuesta Delphi a expertos. Fuente: elaboración propia en base a encuesta a panel de expertos.

Probabilidad	Alta	Media	Baja	Nula	Movimiento Positivo (+) del driver
TEC01	2	3			Uso de tecnologías emergentes
TEC02		5			I+D+i en la red y en los sectores productivos
POL01	1	3	1		Despliegue de redes nacionales de banda ancha
POL02	1	4			Migración obligatoria de entidades Estatales a las redes nacionales
POL03	3	1	1		Empresa integradora para migración de servicios
POL04	2	3			Compartición de infraestructura activa y pasiva
POL05	3	2			Atribución del espectro radioeléctrico
POL06	2	2	1		Neutralidad de las redes de banda ancha
POL07	2		2	1	Servicios no tradicionales sobre las redes nacionales
POL08	1	2	2		Operadores de Infraestructura de acceso local

POL09	1	4			Simplificación administrativa
POL10	2	2	1		Protección de la privacidad
ECO01	2	3			Precio del Megabit por segundo
ECO02	1	4			Facilidades en la inversión de redes de banda ancha
SOC01	2	3			Competencias y capacidades tecnológicas
SOC02	3	2			Actividades presenciales y a distancia
SOC03	1	2	2		Seguridad contra robo y vandalismo
AMB01	3	1	1		Tecnologías de red acordes con la tipología territorial
AMB02	3	1	1		Economía circular
AMB03	3	1	1		Exposición a campos electromagnéticos

La lista de hipótesis formadas, a partir de los movimientos positivos y negativos de los *drivers*, de cada una de las cadenas del cuadrante 3 del mapa de influencias; y de la probabilidad de ocurrencia de la aseveración positiva de los *drivers* es la siguiente:

Tabla 53 - Hipótesis construidas con cadenas de *drivers* más influyentes y dependientes del cuadrante 3 y con valores de probabilidad. Fuente: elaboración propia en base a encuesta Delphi a panel de expertos.

N°	Hipótesis basadas en cadenas de drivers	Movimiento de Drivers
H01	El Estado al 2030 estandariza el uso de tecnologías emergentes de banda ancha para las redes de acceso (+TEC01) como parte del plan de despliegue de redes nacionales de banda ancha (+POL01). Se despliegan tecnologías acordes a las diversas tipologías territoriales del país (+AMB01), pero no se personalizan ni tecnifican los sectores productivos con I+D+i, (-TEC02). Las nuevas tecnologías permiten brindar servicios básicos y adicionalmente servicios no tradicionales para recuperar rápidamente el presupuesto invertido, reduciendo el precio de los servicios (+POL07), y estas medidas incrementan los usuarios y las actividades a distancia sobre las redes de banda ancha, actividades remotas importantes como el teletrabajo, la telesalud y la teleeducación (+SOC02).	TEC01 (+) POL01 (+) AMB01 (+) TEC02 (-) POL07 (+) SOC02 (+)
H02	El Estado al 2030, mantiene las tecnologías actuales en las redes de banda ancha nacional (-TEC01), y apuesta por incentivar el despliegue de redes de banda ancha privadas, incluso en zonas de menor cobertura (-POL01). Se despliegan tecnologías acordes a las diversas tipologías territoriales del país (+AMB01), y personalizadas en base a la investigación, el desarrollo y la innovación con la participación de la	TEC01 (-) POL01 (-) AMB01 (+)

	Academia, la Empresa y el Estado tanto en las redes como en los sectores productivos (+TEC02). Solo es posible brindar el servicio de transporte sobre la red, y aún no servicios adicionales que permitan reducir precios (-POL07), y no se incentivan las actividades a distancia sobre las redes de banda ancha, actividades remotas importantes como el teletrabajo, la telesalud y la teleeducación (+SOC02).	TEC02 (+) POL07 (-) SOC02 (-)
H03	El Estado al 2030, mantiene las tecnologías de red actuales en las redes de banda ancha nacional (-TEC01), y apuesta por incentivar el despliegue de redes de banda ancha privadas, incluso en zonas de menor cobertura (-POL01). Se utiliza el mismo tipo de tecnología en todos los lugares, sin tener en cuenta las diversas tipologías territoriales del país (-AMB01), y no se personalizan ni tecnifican los sectores productivos con I+D+i, (-TEC02). Solo es posible brindar el servicio de transporte sobre la red, y aún no servicios adicionales que permitan reducir precios (-POL07). Se incentiva el incremento de actividades a distancia sobre las redes de banda ancha, actividades remotas como el teletrabajo, la telesalud y la teleeducación (+SOC2).	TEC01 (-) POL01 (-) AMB01 (-) TEC02 (-) POL07 (-) SOC02 (+)
H04	El Estado al 2030 incentiva la inversión de pequeños operadores de infraestructura de acceso local, para cubrir más zonas con redes de acceso; y les asiste para superar los obstáculos regulatorios, financieros y técnicos, a fin de conseguir la sostenibilidad y crecimiento de sus pequeñas y medianas empresas (+POL08). Estado brinda facilidades de inversión en infraestructura de red a través de créditos con baja tasa de interés y largo periodo de pago (+ECO02). No se regula la compartición de infraestructura para el uso eficiente de espacios y equipamiento (-POL04), y no se dan facilidades para incrementar las competencias tecnológicas de los usuarios finales, ni la adquisición de herramientas tecnológicas (-SOC01).	POL08 (+) ECO02 (+) POL04 (-) SOC01 (-)
H05	El Estado al 2030, apuesta por que los grandes operadores hagan los despliegues de red tanto en zonas urbanas como zonas de difícil acceso, sin incentivar pequeños operadores locales (-POL08). Debido a ello no son necesarias las facilidades económicas para que los grandes operadores hagan los despliegues de red (-ECO02), pero sí regula que la infraestructura desplegada sea factible de ser compartida, para hacer uso eficiente de espacios y equipamiento de red activo y pasivo	POL08 (-) ECO02 (-) POL04 (+) SOC01 (+)

	(+POL04). También se dan facilidades para incrementar las competencias tecnológicas de los usuarios finales mediante capacitaciones, y se estimulan programas de adquisición de herramientas tecnológicas, para aprovechar los beneficios de las redes de banda ancha (+SOC01).	
--	---	--

Se completan las probabilidades asignadas por los expertos en el programa SMIC®, y se configuran las 5 hipótesis.

EXP1	H01	H02	H03	H04	H05
1 - H01	0.67	0.35	0.35	0.40	0.60
2 - H02	0.45	0.40	0.70	0.30	0.75
3 - H03	0.40	0.55	0.40	0.30	0.75
4 - H04	0.55	0.50	0.40	0.35	0.30
5 - H05	0.35	0.50	0.45	0.25	0.70

EXP2	H01	H02	H03	H04	H05
1 - H01	0.83	0.35	0.30	0.45	0.60
2 - H02	0.60	0.43	0.60	0.35	0.70
3 - H03	0.60	0.70	0.43	0.30	0.75
4 - H04	0.70	0.30	0.30	0.43	0.10
5 - H05	0.75	0.60	0.60	0.10	0.63

EXP3	H01	H02	H03	H04	H05
1 - H01	0.62	0.55	0.40	0.75	0.40
2 - H02	0.50	0.62	0.60	0.60	0.55
3 - H03	0.50	0.55	0.48	0.55	0.60
4 - H04	0.70	0.50	0.40	0.68	0.10
5 - H05	0.50	0.70	0.60	0.10	0.48

EXP4	H01	H02	H03	H04	H05
1 - H01	0.62	0.65	0.50	0.50	0.50
2 - H02	0.50	0.72	0.70	0.40	0.65
3 - H03	0.50	0.80	0.58	0.35	0.70
4 - H04	0.72	0.60	0.45	0.43	0.15
5 - H05	0.55	0.80	0.65	0.10	0.58

EXP5	H01	H02	H03	H04	H05
1 - H01	0.48	0.40	0.55	0.45	0.55
2 - H02	0.40	0.45	0.75	0.40	0.70
3 - H03	0.40	0.65	0.68	0.35	0.75
4 - H04	0.55	0.40	0.50	0.43	0.20
5 - H05	0.40	0.60	0.75	0.10	0.63

Tabla 54 - Matrices de probabilidades condicionadas a la realización de cada hipótesis. Fuente: elaboración propia en base a encuesta Delphi a panel de expertos.

EXP1	H01	H02	H03	H04	H05
1 - H01		0.50	0.50	0.25	0.75
2 - H02	0.70		0.30	0.45	0.55
3 - H03	0.75	0.30		0.45	0.60
4 - H04	0.50	0.55	0.55		0.90
5 - H05	0.75	0.30	0.30	0.65	

EXP2	H01	H02	H03	H04	H05
1 - H01		0.55	0.55	0.35	0.70
2 - H02	0.90		0.35	0.55	0.60
3 - H03	0.90	0.30		0.60	0.50
4 - H04	0.70	0.55	0.55		0.85
5 - H05	0.95	0.35	0.35	0.70	

EXP3	H01	H02	H03	H04	H05
1 - H01		0.75	0.55	0.55	0.60
2 - H02	0.80		0.35	0.55	0.45
3 - H03	0.80	0.55		0.75	0.30
4 - H04	0.55	0.70	0.55		0.70
5 - H05	0.70	0.60	0.40	0.80	

EXP4	H01	H02	H03	H04	H05
1 - H01		0.80	0.65	0.40	0.65
2 - H02	0.70		0.45	0.55	0.55
3 - H03	0.80	0.65		0.55	0.50
4 - H04	0.55	0.80	0.65		0.70
5 - H05	0.70	0.55	0.50	0.65	

EXP5	H01	H02	H03	H04	H05
1 - H01		0.60	0.75	0.40	0.75
2 - H02	0.55		0.65	0.55	0.60
3 - H03	0.60	0.40		0.55	0.50
4 - H04	0.40	0.55	0.75		0.85
5 - H05	0.50	0.40	0.55	0.70	

Tabla 55 - Matrices de probabilidades condicionadas a la no-realización de cada hipótesis. Fuente: elaboración propia en base a encuesta Delphi a panel de expertos.

Como resultado el programa muestra el conjunto de hipótesis que conforman los escenarios diferenciados en orden de probabilidad. Según el método SMIC y el criterio conjunto de todos los expertos, las hipótesis más influyentes son la H04 y H01, mientras que las más dependientes son la H04 y la H05.

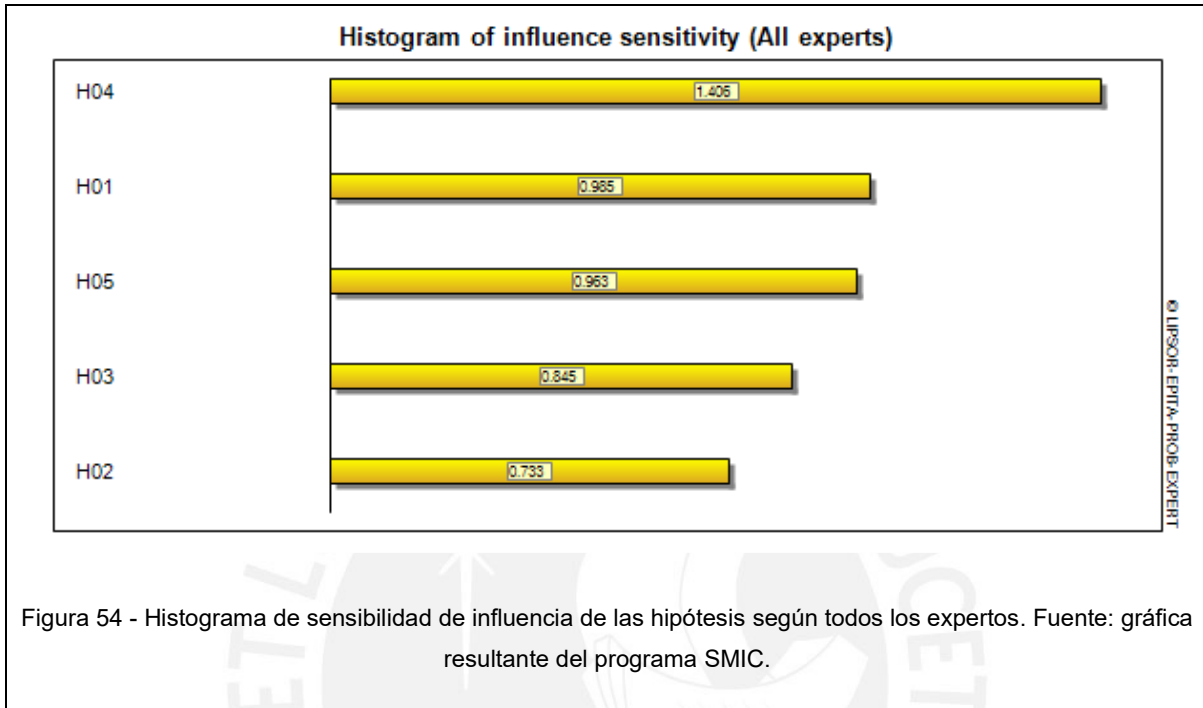


Figura 54 - Histograma de sensibilidad de influencia de las hipótesis según todos los expertos. Fuente: gráfica resultante del programa SMIC.

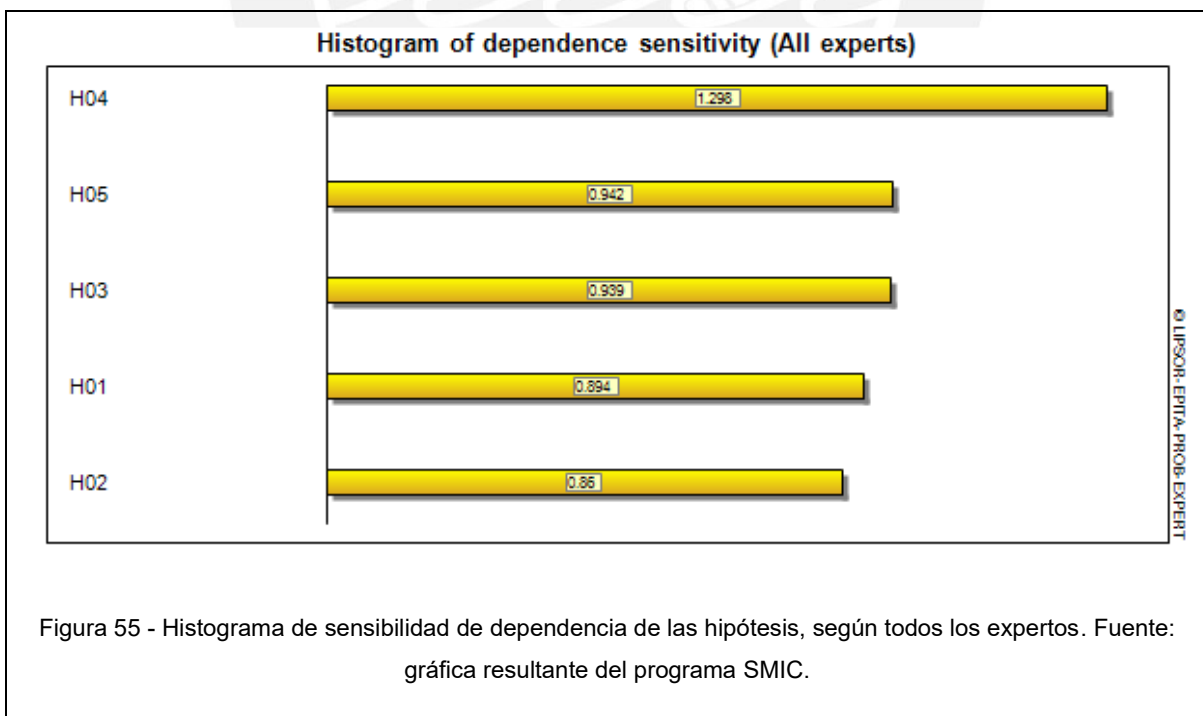


Figura 55 - Histograma de sensibilidad de dependencia de las hipótesis, según todos los expertos. Fuente: gráfica resultante del programa SMIC.

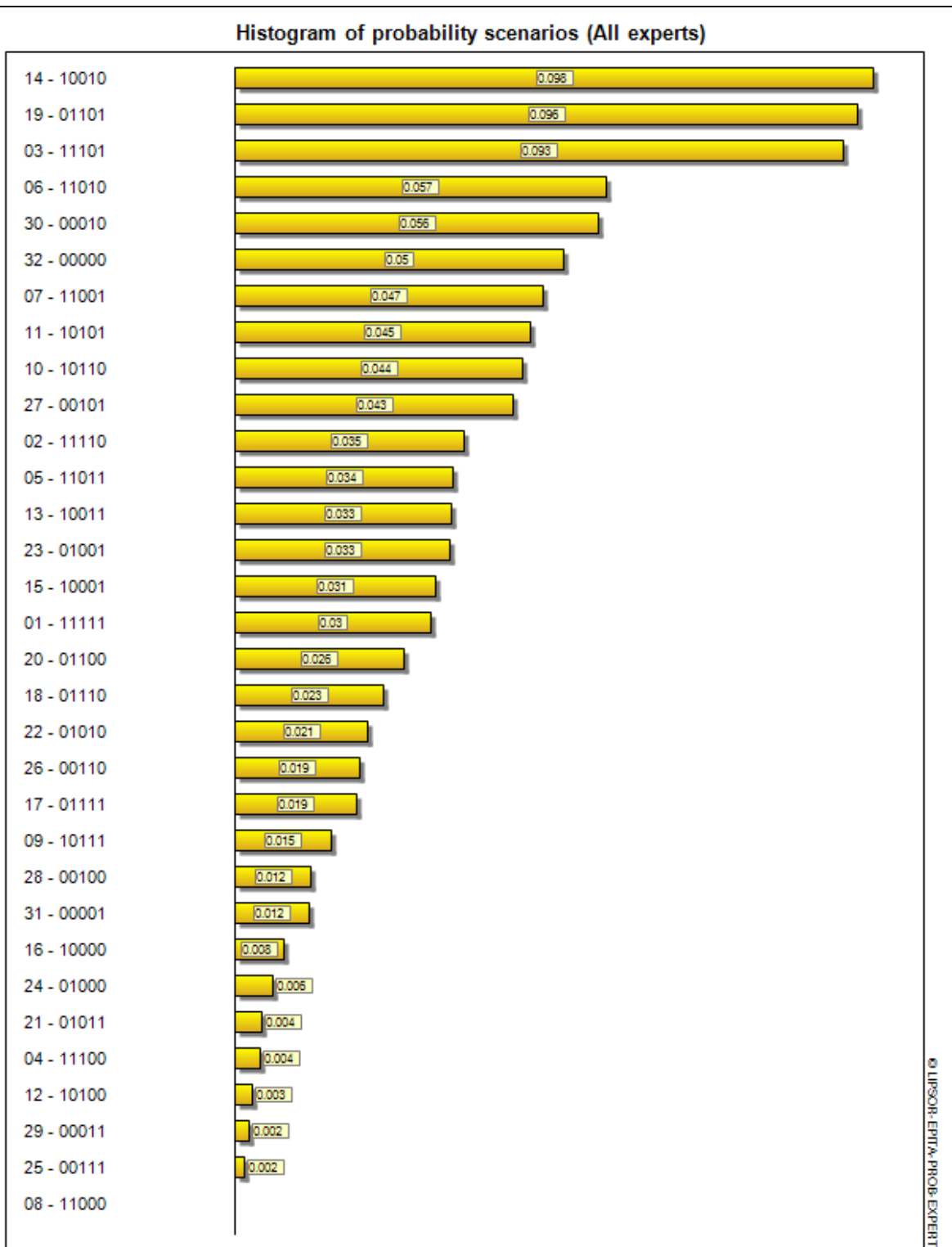


Figura 56 - Histograma de los 32 escenarios sugeridos, ordenados de mayor a menor según el orden de probabilidad. Fuente: gráfica resultante del programa SMIC.

No todos los escenarios que presenta el programa son posibles, por ello el autor selecciona, en orden de probabilidad, los escenarios de ejecución factible. El número 14 es escenario posible más probable. Su histograma de probabilidad es 10010.

Tabla 56 – Primer escenario posible. Histograma de probabilidad del escenario futuro validado 14. Fuente: elaboración propia en base a información resultante del método SMIC.

Histograma de probabilidad del escenario validado 14 - 10010				
Hipótesis 1	Hipótesis 2	Hipótesis 3	Hipótesis 4	Hipótesis 5
1	0	0	1	0
TEC01 (+) POL01 (+) AMB01 (+) TEC02 (-) POL07 (+) SOC02 (+)			POL08 (+) ECO02 (+) POL04 (-) SOC01 (-)	

Tabla 57 – Primer escenario posible. Nombre y descripción del escenario futuro validado 14. Fuente: elaboración propia en base a información resultante del método SMIC.

Escenario 14 validado	Descripción del escenario
El Estado junto a los operadores de infraestructura de acceso local, con tecnología de vanguardia y servicios de valor agregado.	El Estado al 2030, continúa con despliegue de redes nacionales de banda ancha, incluye y estandariza las tecnologías emergentes de mayor ancho de banda en las redes de acceso, utilizando la tecnología acorde a cada tipología territorial que afecte menos el entorno, y de mayor ancho de banda y ventajas tecnológicas para brindar servicios adicionales de valor agregado a los usuarios, para ello apuesta por los pequeños operadores de infraestructura de acceso local, que están más sensibilizados con las protección del medio ambiente local, y les da facilidades de inversión a través de créditos con baja tasa de interés y largo periodo de pago. Estas redes están en capacidad de soportar alta velocidad de transferencia y servicios como teletrabajo, telesalud y teleeducación. Se retrasa la tecnificación de los sectores productivos a través de la investigación, desarrollo e innovación entre Estado, Empresa y Academia, y no se

	dan facilidades para incrementar las competencias ni capacidades de los usuarios. No se aprovecha los beneficios de la compartición de infraestructura por parte de los operadores.
--	---

El escenario 27 es el segundo escenario posible en orden de probabilidad. Los escenarios intermedios no son escenarios posibles, por contradecirse en la mayor cantidad y principales *drivers* necesarios para la conformación del escenario.

Tabla 58 - Segundo escenario posible. Histograma de probabilidad del escenario futuro validado 27. Fuente: elaboración propia en base a información resultante del método SMIC.

Histograma de probabilidad del escenario validado 27 - 00101				
Hipótesis 1	Hipótesis 2	Hipótesis 3	Hipótesis 4	Hipótesis 5
0	0	1	0	1
		TEC01 (-) POL01 (-) AMB01 (-) TEC02 (-) POL07 (-) SOC02 (+)		POL08 (-) ECO02 (-) POL04 (+) SOC01 (+)

Tabla 59 - Segundo escenario posible. Nombre y descripción del escenario futuro validado 27. Fuente: elaboración propia en base a información resultante del método SMIC.

Escenario 27 validado	Descripción del escenario
Grandes operadores privados, comparten infraestructura y atienden la demanda.	El Estado al 2030, mantiene las tecnologías de red actuales en las redes de banda ancha nacional, por ello solo es posible brindar el servicio de transporte, y se apuesta más en apoyar a los grandes operadores privados para el despliegue de redes de banda ancha, incluso en zonas de menor cobertura. Utiliza el mismo tipo de tecnología en todos los territorios, y no se personalizan ni tecnifican los sectores productivos a través de la investigación y desarrollo. Se incentivan las actividades a distancia sobre las redes de banda ancha, actividades remotas como el teletrabajo, la telesalud y la teleeducación. Los operadores privados comparten infraestructura de red para lograr eficiencias, y dan facilidades para la adquisición



	de herramientas tecnológicas, para aprovechar los beneficios de las redes de banda ancha.
--	---

El escenario 23 es el tercer escenario posible en orden de prioridad.

Tabla 60 – Tercer escenario posible. Histograma de probabilidad del escenario futuro validado 23, según método SMIC. Fuente: elaboración propia en base a información resultante del método SMIC.

Histograma de probabilidad del escenario validado 23 - 01001				
Hipótesis 1	Hipótesis 2	Hipótesis 3	Hipótesis 4	Hipótesis 5
0	1	0	0	1
	TEC01 (-) POL01 (-) AMB01 (+) TEC02 (+) POL07 (-) SOC02 (-)			POL08 (-) ECO02 (-) POL04 (+) SOC01 (+)

Tabla 61 – Tercer escenario posible. Nombre y descripción del escenario futuro validado 23. Fuente: elaboración propia en base a información resultante del método SMIC.

Escenario 23 validado	Descripción del escenario
Grandes operadores privados, sensibilizados con el territorio y con I+D+i	El Estado al 2030, mantiene las tecnologías de red actuales en las redes de banda ancha nacional, por ello solo es posible brindar el servicio de transporte, y se apuesta más en apoyar a los grandes operadores privados para el despliegue de redes de banda ancha, incluso en zonas de menor cobertura. Los operadores privados mimetizan la infraestructura de red de acuerdo con los territorios, e incentivan la tecnificación de los sectores productivos a través de la investigación, desarrollo e innovación entre Estado, Empresa y Academia. Los operadores privados comparten infraestructura de red para lograr eficiencias, y dan facilidades para la adquisición de herramientas tecnológicas, para aprovechar los beneficios de las redes de banda ancha.

El escenario 15 es el cuarto escenario posible en orden de prioridad.

Tabla 62 - Cuarto escenario posible. Histograma de probabilidad del escenario futuro validado 15. Fuente: elaboración propia en base a información resultante del método SMIC.

Histograma de probabilidad del escenario validado 15 - 10001				
Hipótesis 1	Hipótesis 2	Hipótesis 3	Hipótesis 4	Hipótesis 5
1	0	0	0	1
TEC01 (+) POL01 (+) AMB01 (+) TEC02 (-) POL07 (+) SOC02 (+)				POL08 (-) ECO02 (-) POL04 (+) SOC01 (+)

Tabla 63 - Cuarto escenario posible. Nombre y descripción del escenario futuro validado 15. Fuente: elaboración propia en base a información resultante del método SMIC.

Escenario 15 validado	Descripción del escenario
Operadores de infraestructura de acceso local con tecnología de vanguardia y servicios de valor agregado.	El Estado al 2030, continúa con despliegue de redes nacionales de banda ancha, incluye y estandariza las tecnologías emergentes en las redes de acceso, utilizando la tecnología acorde a cada tipología territorial que afecte menos el entorno, y proporcione mayor ancho de banda y ventajas tecnológicas para brindar servicios adicionales de valor agregado a los usuarios. Se incentiva la compartición de infraestructura de red activa y pasiva por parte de los operadores. Estas redes compartidas están en capacidad de soportar alta velocidad de transferencia y servicios como teletrabajo, telesalud y teleeducación. Adicionalmente se dan facilidades para incrementar las competencias y capacidades de los usuarios, mediante la capacitación y adquisición de herramientas tecnológicas.

Los escenarios 14, 27, 23 y 15 son los escenarios posibles y más probables luego de aplicar el método SMIC.

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Presentación y análisis de resultados

Luego de calificar con puntajes probabilísticos a cada *driver* y cada hipótesis, por parte de los expertos, y aplicar el método SMIC, se utiliza el criterio del autor y el análisis de escenarios base, entorno, detalle y tendencias, para determinar los principales escenarios realizables que deben estimular el mayor uso de las redes nacionales de banda ancha.

#### 4.1.1 Escenario más probable

El escenario más probable es el escenario 14: “El Estado junto a los operadores de infraestructura de acceso local, con tecnología de vanguardia y servicios de valor agregado”.

Tabla 64 - Escenarios más probable. Fuente: elaboración propia en base a información resultante del método SMIC y juicio experto.

Escenario más probable	Descripción del escenario
El Estado junto a los operadores de infraestructura de acceso local, con tecnología de vanguardia y servicios de valor agregado.	El Estado al 2030, continúa con despliegue de redes nacionales de banda ancha, incluye y estandariza las tecnologías emergentes de mayor ancho de banda en las redes de acceso, utilizando la tecnología acorde a cada tipología territorial que afecte menos el entorno, y de mayor ancho de banda y ventajas tecnológicas para brindar servicios adicionales de valor agregado a los usuarios, para ello apuesta por los pequeños operadores de infraestructura de acceso local, que están más sensibilizados con la protección del medio ambiente local, y les da facilidades de inversión a través de créditos con baja tasa de interés y largo periodo de pago. Estas redes están en capacidad de soportar alta velocidad de transferencia y servicios como teletrabajo, telesalud y teleeducación. Se retrasa la tecnificación de los sectores productivos a través de la investigación, desarrollo e innovación entre Estado, Empresa y Academia, y no se dan facilidades para incrementar las competencias ni capacidades de los usuarios. No se aprovecha los beneficios de la compartición de infraestructura por parte de los operadores.

Este escenario apuesta por el entendimiento del Estado y Gobierno central, de las distintas tipologías territoriales, y la necesidad de aplicar diferentes tecnologías en redes de acceso que se adecuen a cada una de ellas, brindando mayor ancho de banda con las tecnologías emergentes, pero sin afectar el medio ambiente.

El uso de tecnologías emergentes de alta velocidad, le dan a este escenario la capacidad de brindar servicios adicionales al de transporte, que permitan recuperar rápidamente el capital invertido a pequeños operadores de infraestructura de acceso local, quienes cercanos a su localidad y población usuaria, pueden proveer servicios con mejor tiempo de respuesta de instalación, operación y mantenimiento.

#### 4.1.2 Escenario tendencial

El escenario tendencial es el escenario 23: “Grandes operadores privados, sensibilizados con el territorio y con la Investigación, Desarrollo e Innovación”.

Tabla 65 - Escenario tendencial. Fuente: elaboración propia en base a información resultante del método SMIC y juicio experto.

Escenario tendencial	Descripción del escenario
Grandes operadores privados, sensibilizados con el territorio y con I+D+i	El Estado al 2030, mantiene las tecnologías de red actuales en las redes de banda ancha nacional, por ello solo es posible brindar el servicio de transporte, y se apuesta más en apoyar a los grandes operadores privados para el despliegue de redes de banda ancha, incluso en zonas de menor cobertura. Los operadores privados mimetizan la infraestructura de red de acuerdo con los territorios, e incentivan la tecnificación de los sectores productivos a través de la investigación, desarrollo e innovación entre Estado, Empresa y Academia. Los operadores privados comparten la infraestructura de red para lograr eficiencias, y el Estado da facilidades para la adquisición de herramientas tecnológicas, que permita aprovechar los beneficios de las redes de banda ancha a la población.

Este escenario sigue el comportamiento de las tendencias observadas en el análisis de tendencias, que formó parte del proceso de exploración del entorno; como el cuidado del medio ambiente y la inversión en I+D+i, pero considera que el Estado deja en manos de los privados gran parte de esa responsabilidad, situación que ha venido y continúa sucediendo,

y se mantendría como tendencia. La tendencia de la compartición de infraestructura entre operadores también se concreta en este escenario, haciendo uso efectivo de la infraestructura de telecomunicaciones desplegada, y afectando menos el medio ambiente.

Tal como se indicó al finalizar el método MICMAC, todos estos escenarios deben ocurrir sobre la base de incentivo de una economía circular, que regule la calidad y el tipo de materiales utilizados tanto en la construcción de los equipos de los operadores como de los usuarios, para no agotar los recursos naturales, ni generar desechos que afecten el medio ambiente.

Asimismo, el entorno común a los escenarios debe considerar reordenar y mejorar la atribución del espectro radioeléctrico, a favor de las tecnologías de última generación, como 5G y capacitar a la población sobre lo inofensivo de los campos electromagnéticos no ionizantes. Se debe dar la simplificación administrativa en las redes de banda ancha nacional, tanto en el proceso de venta como en las autorizaciones municipales para el despliegue, esto incluye la flexibilización del precio del Mbps de transporte en la red. Se debe también garantizar la seguridad de la infraestructura de red de telecomunicaciones en las distintas zonas del país, así como también la privacidad y neutralidad de la información en las redes.

#### **4.1.3 Escenario-meta**

El escenario meta, a juicio del autor, coincide con el escenario más probable, y es también el más deseable. El escenario es el 14: “El Estado junto a los operadores de infraestructura de acceso local, con tecnología de vanguardia y servicios de valor agregado”.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones del presente trabajo son las siguientes:

1. La exploración multidimensional del entorno de las redes nacionales de banda ancha, en adición al acostumbrado análisis tecnológico, permite revelar causas desconocidas que frenan el despliegue y utilización de las redes nacionales, con distintos niveles de importancia y probabilidad. Causas sociales, que usualmente son más difíciles de identificar, entender y solucionar, en comparación con las tecnológicas. Causas ambientales, como mitigar la afectación del entorno, utilizando alternativas tecnológicas adecuadas para cada tipología territorial, y así acrecentar la percepción de seguridad y tranquilidad de las diversas poblaciones. El análisis multidimensional es imprescindible.
2. El análisis bibliométrico de la documentación científica y patentes, como parte del proceso de vigilancia tecnológica, es en efecto un indicador verdadero para hallar tecnologías de vanguardia y emergentes en las redes de acceso de banda ancha, que no son ofrecidas por los proveedores locales. Esto posibilita tener un horizonte claro de las tecnologías que se deben adquirir y utilizar en los futuros despliegues, a fin de brindar más ancho de banda y más servicios, sobre la moderna infraestructura de red de última generación y de alta capacidad.
3. Si bien los especialistas encuestados del panel de expertos se desenvuelven en torno al mismo sector, tienen profesiones similares y desarrollan los mismos intereses; suelen tener opiniones distintas, e incluso opuestas, con respecto a determinados factores de cambio que afectan las redes nacionales de banda ancha. Por ello es necesario hacer varias encuestas o entrevistas, para confrontar las opiniones divergentes y construir consensos alrededor de los *drivers*. Los 10 *key drivers* depurados en el presente estudio fueron los factores de cambio consensuados.
4. Pese al juicio del panel de expertos y del autor, para analizar y calificar la importancia y probabilidad de las hipótesis, es necesario el uso de herramientas informáticas que iteren las tablas de probabilidades condicionadas a la realización o no-realización de las hipótesis, y que organicen la gran cantidad de información cruzada para obtener los amalgamamientos más probables, y no evidentes a los expertos y al autor, en forma

de escenarios. El maniobrar las probabilidades condicionadas de cada hipótesis y sus movimientos internos positivos y negativos de manera manual, puede omitir ciertos escenarios importantes, probables y posibles.

5. El escenario meta tiene como base la continuidad de los esfuerzos del Estado en el despliegue de las redes nacionales de banda ancha, el uso de las tecnologías emergentes en el acceso con ayuda de los pequeños operadores locales de infraestructura, la integración de las redes con el entorno ambiental y la necesidad de brindar servicios adicionales al de portador tradicional. En la etapa de transporte, queda claro que la actual RDNFO tiene capacidad y cobertura suficiente para transportar el tráfico generado por distintas regiones del país. No es pues la infraestructura dorsal el principal problema del desuso de esta, sino la deficiente tecnología empleada en el acceso, los excesivos trámites y regulaciones que se le imponen, que evitan el uso y usufructo de una red completamente instalada, operativa e invendible.



## RECOMENDACIONES

A la luz de los resultados del trabajo, se presentan las siguientes sugerencias:

1. Se sugiere a las autoridades, incrementar los métodos para la definición de estrategias, utilizando como insumos los *drivers* y escenarios planteados en el presente estudio.
2. Se recomienda a las autoridades, actualizar el valor mínimo de velocidad de transferencia de internet en el Perú, para que un enlace sea considerado como “Banda Ancha”, que es 4Mbps. Este valor es insuficiente. Se sugiere utilizar los criterios de la FCC estadounidense, que considera como mínimo 25Mbps.
3. Se recomienda a las autoridades, reordenar el espectro de frecuencias y asignar mayor espacio a las tecnologías emergentes como 5G, para incrementar el ancho de banda y la velocidad de transferencia en las redes de acceso.
4. Se recomienda a las autoridades, liberar las restricciones de uso del espectro LTE en las zonas donde los grandes operadores no han desplegado red. Esto con la finalidad de incentivar el uso de las redes de acceso móvil de banda ancha, como última milla de conexión, en las localidades de ocupación dispersa.
5. Se recomienda a las autoridades, que todos los proyectos privados y públicos, deben tener el reconocimiento de “Perú por los Objetivos de Desarrollo Sostenible” (PODS), es decir, ser proyectos ejemplares que se alineen con uno o más objetivos de desarrollo sostenible.
6. Se sugiere a las autoridades, publicar una página web para las Redes Nacionales de Banda Ancha, con información de cobertura y velocidades disponibles, tanto de la RDNFO como de los Proyectos Regionales; así como la disponibilidad de una herramienta web que facilite la adquisición y contratación de los servicios. Todo esto para incentivar el uso de la red a través del fácil acceso a la información y la transparencia.



## REFERENCIAS

- Agustín, M. del C., & Clavero, M. (2010). *Indicadores Sociales de Inclusión Digital: Brecha y Participación Ciudadana*. Universidad de Zaragoza.
- Alcatel Lucent. (2015). *Proyecto RDNFO Azteca-Perú, diseño de alto nivel*. Alcatel Lucent.
- ANE. (2018). *Estudio prospectivo estratégico para el desarrollo de la banda ancha móvil en Colombia*. ANE.
- APC. (2020, May 29). *Redes de acceso local: ¿es posible que se conecten comunidades desconectadas?* | Asociación para el Progreso de las Comunicaciones. <https://www.apc.org>.
- Banco Mundial. (2019). *Informe 2—Escenarios y modelos de negocio para la RDNFO y Redes De Transporte Regionales*. Banco Mundial. <https://cdn.www.gob.pe>.
- CEPLAN. (2017). *Perú 2030: Tendencias globales y regionales. Fichas de tendencias*. Centro Nacional de Planeamiento Estratégico. [www.ceplan.gob.pe](http://www.ceplan.gob.pe)
- CEPLAN. (2019). *Perú 2030: Síntesis de tendencias globales y regionales*. Centro Nacional de Planeamiento Estratégico. [www.ceplan.gob.pe](http://www.ceplan.gob.pe)
- Convergencia Research. (2013). *Desafío 2020. Inversiones para cerrar la brecha digital en América Latina Resumen ejecutivo*. Asociación Iberoamericana de Centros de Investigación y Empresas de Telecomunicaciones.
- Cuervo, L., & Délano, M. del P. (2019). Planificación multiescalar: Ordenamiento, prospectiva territorial y liderazgos públicos. *CEPAL, III*, 261.
- Cuervo, L., & Guerrero, F. (Eds.). (2018). *Prospectiva en América Latina. Aprendizajes a*

partir de la práctica. *CEPAL*, 239.

Decreto Supremo N.º 027-2007-PCM. (2007). *Define y establece las Políticas Nacionales de obligatorio cumplimiento para las entidades del Gobierno Nacional*. Presidencia del Consejo de ministros. <http://www.pcm.gob.pe/InformacionGral/opp/2008/DS-027-2007-PCM.pdf>

FCC. (2020a). *2020 Broadband Deployment Report- FCC 20-50*. Federal Communications Commission.

FCC. (2020b). *Getting Broadband Q&A*.

[https://www.fcc.gov/sites/default/files/getting\\_broadband\\_qa.pdf](https://www.fcc.gov/sites/default/files/getting_broadband_qa.pdf)

GAPTEL. (2004). *Banda Ancha: Grupo de Análisis y Prospectiva del Sector de las Telecomunicaciones*. Red.es. [https://www.ontsi.red.es/sites/ontsi/files/6\\_0\\_0.pdf](https://www.ontsi.red.es/sites/ontsi/files/6_0_0.pdf)

GAPTEL. (2008). *Oportunidades y Desafíos de la Banda Ancha*. Grupo de Análisis y Prospectiva del Sector de Telecomunicaciones.

[https://www.ontsi.red.es/sites/ontsi/files/1\\_43\\_0.pdf](https://www.ontsi.red.es/sites/ontsi/files/1_43_0.pdf)

García, A., Iglesias, E., & Adamowicz, A. (2019). *El impacto de la infraestructura digital en los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Un estudio para países de América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo.

Gestión. (2021). *TC suspende instalación de antenas de telefonía en propiedades privadas del Callao*. Diario Gestión - Política. <https://gestion.pe/peru/politica/gestion-tc-suspende-instalacion-de-antenas-de-telefonía-en-propiedades-privadas-del-callao-noticia/>

Godet, M., & Durance, P. (2009). *La prospectiva estratégica para las empresas y los territorios* (Vol. 10). Ediciones Dunod.

- IICA, BID, & Microsoft. (2020). *Conectividad rural en América Latina y el Caribe: Un puente al desarrollo sostenible en tiempos de pandemia*. IICA.
- Infinera. (2020). XR Optics—Innovative Point-to-Multipoint Coherent that Slashes Aggregation Network TCO. *Infinera Corporation*.
- ITnews. (2016). *Three ISPs take 83 percent of NBN market* [Noticias]. ITnews.  
<https://www.itnews.com.au/news/three-isps-take-83-percent-of-nbn-market-437927>
- ITU. (2012). *Toward universal broadband access in Australia – The National Broadband Network*. International Telecommunication Union. [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-THEM.06-2012-PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-THEM.06-2012-PDF-E.pdf)
- ITU. (2020). The Last-mile Internet Connectivity Solutions Guide: Sustainable connectivity options for unconnected sites. *International Telecommunication Union Publications, Development Sector*, 160.
- ITU-T G.694.1. (2020). *Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid*.  
<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.694.1-202010-I/en>
- La Prospective. (2021a). *Métodos de Prospectiva, MICMAC, plantear las buenas preguntas e identificar las variables clave*. [Educativo]. La Prospective.  
<http://es.lapropective.fr/Metodos-de-prospectiva/Los-programas/67-Micmac.html>
- La Prospective. (2021b). *Métodos de Prospectiva, Smic Prob Expert, Impactos cruzados probabilísticos*. [Educativo]. La Prospective. <http://es.lapropective.fr/Metodos-de-prospectiva/Los-programas/70-Smic-Prob-Expert.html>
- Ley N.°29904. (2012). *Ley de Promoción de la Banda Ancha y Construcción de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.  
[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/19065/1\\_0\\_3532.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/19065/1_0_3532.pdf)

Martínez Garza, R., Iglesias Rodríguez, E., & García Zaballos, A. (2020). *Transformación digital: Compartición de infraestructura en América Latina y el Caribe*. Inter-American Development Bank. <https://doi.org/10.18235/0002903>

MINCTIP. (2015). *Guía Nacional de Vigilancia e Inteligencia Estratégica, VeIE: buenas prácticas para generar sistemas territoriales de gestión de VeIE*. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/lib\\_ins\\_guia-nacional-de-vigilancia-e-inteligencia-estrategica-veie.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/lib_ins_guia-nacional-de-vigilancia-e-inteligencia-estrategica-veie.pdf)

Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. (2019). *Subsector Telecomunicaciones: Ocupaciones frecuentes y oferta formativa a nivel nacional*. Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/458911/telecomunicaciones.pdf>

MTC. (2014). *Infraestructura pasiva* [Ministerio de Transportes y Comunicaciones]. MTC - Concesiones. [https://portal.mtc.gob.pe/comunicaciones/concesiones/registros/infraestructura\\_pasiva.html](https://portal.mtc.gob.pe/comunicaciones/concesiones/registros/infraestructura_pasiva.html)

MTC. (2019). *Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica*. [http://portal.mtc.gob.pe/comunicaciones/concesiones/red\\_dorsal/red\\_dorsal.html](http://portal.mtc.gob.pe/comunicaciones/concesiones/red_dorsal/red_dorsal.html)

MTC. (2021a). *Proyectos Regionales de Banda Ancha* [Política]. Logros. [https://portal.mtc.gob.pe/logros\\_redes\\_regionales.html](https://portal.mtc.gob.pe/logros_redes_regionales.html)

MTC. (2021b). *Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica* [Técnico]. MTC - Concesiones. [https://portal.mtc.gob.pe/comunicaciones/concesiones/red\\_dorsal/red\\_dorsal.html](https://portal.mtc.gob.pe/comunicaciones/concesiones/red_dorsal/red_dorsal.html)

MTC. (2021c, May 17). *Audiencia pública virtual sobre el Procedimiento de resolución del*

*contrato de concesión de la RDNFO.*

<https://www.youtube.com/watch?v=PMNIPAr8yJU>

MTC, 2021. (2021d). *Logros de la Gestión del MTC*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. <https://portal.mtc.gob.pe/logros.html>

MTC, & ProInversión. (2014). *Contrato de Concesión de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica: Cobertura Universal Nortel, Cobertura Universal Sur y Cobertura Universal Centro*.

[https://portal.mtc.gob.pe/comunicaciones/concesiones/red\\_dorsal/Contrato\\_Concesion\\_RDNFO\\_suscrito.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/comunicaciones/concesiones/red_dorsal/Contrato_Concesion_RDNFO_suscrito.pdf)

NBN. (2020). *Australia Broadband—NBN Explained* [Commercial]. Australia Broadband. <https://www.australiabroadband.com.au/nbn-explained>

OECD. (2001). Understanding the Digital Divide. *Handbook of Transnational Economic Governance Regimes*, 227–241. <https://doi.org/10.1163/ej.9789004163300.i-1081>

OECD & BID. (2016). *Políticas de banda ancha para América Latina y el Caribe: Un manual para la economía digital*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264259027-es>

OMS. (2005). Estableciendo un diálogo sobre los riesgos de los campos electromagnéticos.

OMS. (2007). *Legislación modelo para la protección contra campos electromagnéticos*.

INICTEL-UNI.

Ortega, F. (2016). *Prospectiva Empresarial: Manual de Corporate Foresight para América Latina* (1st ed.). Universidad de Lima, Fondo Editorial.

OSIPTEL. (2018). *Informe final de la revisión de las tarifas tope de los servicios de*

*transporte y acceso a Internet de los Proyectos Regionales de Conectividad de la Red Dorsal de Fibra Óptica (Informe Final No. 144-GPRC/2018).*

OSIPTEL. (2020). *Desafíos en la Regulación de las Telecomunicaciones en Tiempos de Pandemia*. OSIPTEL. <https://repositorio.osiptel.gob.pe>.

OSIPTEL. (2021). *Análisis del Desempeño Financiero del Sector Telecomunicaciones de Enero a septiembre del 2020*. OSIPTEL.

PNUD. (2021). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. ODS.

PUNKU. (2021). *PUNKU - Portal a la información de las telecomunicaciones de OSIPTEL [Estadísticas]*. OSIPTEL. <https://punku.osiptel.gob.pe>.

Resolución Ministerial N.º 482-2018 MTC/01.03. (2018). *Aprueban la Velocidad Mínima para el acceso a Internet de Banda Ancha para Internet fijo y móvil*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.  
[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/359326/1\\_0\\_4094.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/359326/1_0_4094.pdf)

Resolución Suprema N.º 006-2018-MTC. (2018). *Determinan porcentaje de reserva de la capacidad de telecomunicaciones de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica para la implementación de la Red Nacional del Estado Peruano para el período 2018*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.  
<https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/277819-006-2018-mtc>

Robinson, S. (2005). Reflexiones sobre la inclusión digital. *Nueva Sociedad*, 195(195), 126–140.

Solano López, E., Castellanos Quintero, S., López Rodríguez del Rey, M. M., & Hernández Fernández, J. (2009). *La bibliometría: Una herramienta eficaz para evaluar la actividad científica postgraduada*.

TeleSemana.com. (2018). *Latinoamérica mantiene como desafío evitar el robo de infraestructura*. <https://www.telesemana.com>.

Tutela. (2020). *Peru, State of Mobile Networks, Annual Report*.

X Projects. (2021). *Taara: Expanding global access to fast, affordable internet with beams of light* [Technology]. X Projects.



## ANEXOS

### Anexo A. Reporte 001-20210421 – RDNFO - Estadística de OSIPTEL 21-abril-2021

N°	Empresas Cliente	Inscripción SUNAT	Ciudad de Registro	Trabajadores 2021-01 SUNAT	Actividad principal - SUNAT
1	America Movil Peru SAC	2000	La Victoria, Lima	3,873	Principal - 6110 - actividades de telecomunicaciones alámbricas
2	Telefonica Del Peru S.A.A.	1992	San Isidro, Lima	5,003	Principal - 6110 - actividades de telecomunicaciones alámbricas
3	Gilat Networks Peru S.A.	2015	San Isidro, Lima	176	Principal - 6190 - otras actividades de telecomunicaciones
4	Entel Peru S.A.	1988	San Isidro, Lima	2,034	Principal - 6120 - actividades de telecomunicaciones inalámbricas
5	Viettel Peru SAC	2011	San Isidro, Lima	1,334	Principal - 6120 - actividades de telecomunicaciones inalámbricas
6	Lelitv E.I.R.L.	2015	Miraflores, Lima	26	Principal - 6110 - actividades de telecomunicaciones alámbricas
7	Optical Technologies SAC	2013	San Borja, Lima	447	Principal - 6110 - actividades de telecomunicaciones alámbricas
8	Fiberlux S.A.C.	2019	Villa María del Triunfo, Lima	No declara	Principal - 6120 - actividades de telecomunicaciones inalámbricas
9	Ingenyo S.A.C.	2009	Surco, Lima	12	Principal - 6130 - actividades de telecomunicaciones por satélite
10	Metadatos S.A.C.	2020	San Miguel, Lima	No declara	Principal - 6190 - otras actividades de telecomunicaciones
11	P Y D Telecom S.R.L.	2014	Carabayllo, Lima	17	Principal - 6190 - otras actividades de telecomunicaciones
12	Latincable S.R.L.	2015	Breña, Lima	9	Principal - 4789 - venta al por menor de otros productos en puestos de venta y mercados
13	Plasmatronics Corporations S.A.C.	2005	Huamanga, Ayacucho	7	Principal - 6120 - actividades de telecomunicaciones inalámbricas



14	Infinite Speed Telecomunicaciones S.A.C.	2018	Pillcomarca, Huánuco	2	Principal - 6110 - actividades de telecomunicaciones alámbricas
15	Wireless Communications SAC	2008	Corocora, Ayacucho	2	Principal - 6110 - actividades de telecomunicaciones alámbricas
16	Multiservicios el Nuevo Amanecer en el Pumahuiri E.I.R.L.	2018	Corocora, Ayacucho	No declara	Principal - 6190 - otras actividades de telecomunicaciones
17	Grupo Technologies SAC	2013	Chorrillos, Lima	3	Principal - 6202 - consultoría de informática y gestión de instalaciones informáticas
18	Cable Digital TV Peru S.A.C.	2010	Carabaylo, Lima	1	Principal - 6110 - actividades de telecomunicaciones alámbricas
19	Betta Solutions S.A.C.	2016	Arequipa, Arequipa	No declara	Principal - 6209 - otras actividades de tecnología de la información y de servicios informáticos
20	Orocom S.A.C.	2018	Surco, Lima	177	Principal - 6190 - otras actividades de telecomunicaciones
21	Nextnet S.A.C.	2012	Miraflores, Lima	14	Principal - 6110 - actividades de telecomunicaciones alámbricas
22	Timsat S.A.C.	2009	Jesús María, Lima	1	Principal - 6190 - otras actividades de telecomunicaciones
23	DKR Vision SRL	2010	San Miguel, Lima	16	Principal - 6190 - otras actividades de telecomunicaciones

**Anexo B. Matrices con las Tasas de influencia indirecta de los 20 drivers luego de las cinco iteraciones del programa MICMAC**

Tasas de influencia indirecta: 5 iteraciones

	1 : TEC01	2 : TEC02	3 : POL01	4 : POL02	5 : POL03	6 : POL04	7 : POL05	8 : POL06	9 : POL07	10 : POL08
1 : TEC01	7895685	8565203	7732175	4525148	6587198	7738545	2968787	3686280	9281052	6323578
2 : TEC02	7744420	8406453	7591370	4453366	6455336	7581230	2911973	3623735	9115125	6196444
3 : POL01	5627302	6083594	5506112	3222790	4702110	5470059	2095302	2643312	6599189	4487201
4 : POL02	4717220	5114101	4630728	2724702	3931558	4584928	1761498	2221926	5551944	3757660
5 : POL03	3082944	3379451	3036082	1786871	2588668	3044869	1177972	1451299	3646111	2478434
6 : POL04	6754318	7323904	6628787	3894495	5610089	6610140	2535116	3156198	7955747	5404291
7 : POL05	4991632	5435789	4902951	2882733	4163016	4911205	1890034	2336938	5888335	4006240
8 : POL06	2690503	2927041	2638458	1548755	2243771	2640209	1015571	1260284	3166413	2155030
9 : POL07	7095380	7688556	6949797	4073658	5914090	6935919	2659632	3320934	8336329	5675077
10 : POL08	6665280	7245549	6541599	3840522	5558558	6540436	2514322	3120116	7852164	5341987
11 : POL09	4981577	5410012	4878522	2852357	4164913	4892226	1876959	2326949	5854373	3995203
12 : POL10	3118136	3372787	3054757	1792234	2592097	3030564	1161335	1462505	3659789	2484141
13 : ECO01	4759625	5193545	4677805	2743321	3984298	4671363	1799470	2234177	5610159	3811891
14 : ECO02	7177448	7795303	7034428	4127605	5992151	7044635	2705556	3361651	8444241	5754388
15 : SOC01	5702554	6194757	5590349	3276815	4754062	5588674	2146858	2665046	6712351	4564622
16 : SOC02	6723535	7326607	6600546	3878208	5624077	6602267	2545603	3156001	7927706	5388253
17 : SOC03	4700461	5110149	4612760	2704531	3925512	4604733	1768405	2202413	5533035	3762789
18 : AMB01	6708086	7289361	6581968	3864160	5594686	6587476	2530077	3140064	7899854	5378992
19 : AMB02	5919473	6427596	5799906	3395291	4937542	5819260	2232214	2761035	6960765	4750741
20 : AMB03	4923629	5350243	4825748	2827684	4112543	4849800	1861653	2299897	5793055	3957619

© IIPSOR-EPTA-MICMAC

	11 : POL09	12 : POL10	13 : ECO01	14 : ECO02	15 : SOC01	16 : SOC02	17 : SOC03	18 : AMB01	19 : AMB02	20 : AMB03
1 : TEC01	3325859	4615322	9284290	7048470	7805245	9095121	4847819	6598895	5268722	3524359
2 : TEC02	3264763	4544773	9098450	6922232	7658847	8915561	4750453	6479232	5162612	3456268
3 : POL01	2380089	3307634	6609388	5004422	5563653	6485599	3437213	4685004	3741600	2498447
4 : POL02	1993510	2789565	5528336	4208893	4667823	5433225	2878222	3939232	3128297	2092598
5 : POL03	1286900	1813482	3630133	2756055	3071434	3573518	1883429	2588708	2042278	1362803
6 : POL04	2855482	3964489	7933875	6054098	6673000	7761641	4151129	5657017	4509782	3025154
7 : POL05	2100693	2929302	5873340	4473630	4949768	5751862	3064374	4188400	3327247	2226995
8 : POL06	1130795	1581142	3160494	2403734	2666239	3096772	1646125	2255100	1786436	1195756
9 : POL07	2995885	4161685	8338170	6333966	7017554	8164811	4348356	5929899	4726395	3162109
10 : POL08	2807362	3910086	7837108	5962818	6601758	7679400	4089820	5582095	4441933	2971405
11 : POL09	2095436	2908201	5866149	4443474	4931901	5746902	3055816	4163216	3322006	2219991
12 : POL10	1317995	1837858	3653090	2779101	3079243	3580649	1903886	2603089	2068353	1385620
13 : ECO01	1990934	2794764	5591632	4240813	4721080	5505758	2905321	3980948	3152355	2106243
14 : ECO02	3027372	4209254	8448637	6418360	7114432	8267478	4402670	6011724	4783925	3199448
15 : SOC01	2399539	3341435	6699201	5095247	5637584	6568093	3498774	4770781	3800712	2544949
16 : SOC02	2822606	3952712	7901307	6006361	6671826	7762003	4115787	5632552	4468318	2983674
17 : SOC03	1977297	2756572	5526358	4195016	4654313	5424510	2877654	3929738	3126214	2091456
18 : AMB01	2828617	3933861	7895021	6005042	6647591	7726543	4116146	5621089	4471966	2992812
19 : AMB02	2492841	3454968	6970629	5292471	5856873	6818129	3638374	4953745	3953337	2645579
20 : AMB03	2075305	2875433	5806337	4406946	4881869	5674304	3027071	4125619	3289706	2199360

© IIPSOR-EPTA-MICMAC