



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Propuesta de implementación del RAN Sharing para la optimización del servicio móvil en los usuarios de una comunidad campesina de Cieneguilla, 2022.

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico

AUTORES

Mas Sotelo, Luis Guillermo

ORCID: 0000-0002-0352-3830

Bett Quea, Italo David

ORCID: 0000-0002-0584-1656

ASESOR

Cuadrado Lerma, Luis Alberto

ORCID: 0000-0001-9689-3461

Lima, Perú

2022

Metadatos Complementarios

Datos del autor(es)

Mas Sotelo, Luis Guillermo

DNI: 43972066

Bett Quea, Italo David

DNI: 43972387

Datos de asesor

Cuadrado Lerma, Luis Alberto

DNI: 10448199

Datos del jurado

JURADO 1

González Prado, Julio Cesar

DNI: 07702235

ORCID: 0000-0003-0384-7015

JURADO 2

Rodríguez Alcázar, José Luis

DNI: 08242196

ORCID: 0000-0003-2238-3017

JURADO 3

Chávez Irazábal, Wilbert

DNI: 08121733

ORCID: 0000-0002-7978-7031

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.02.01

Código del Programa: 712026

DEDICATORIA

A mis padres María Ysabel y Guillermo Antonio por el apoyo emocional e incondicional, a mi hija Emma Isabella por complementar mi vida con su llegada y a Dios, por guiar y bendecir mi camino.

Guillermo Mas

A mi padre, David Bett, por motivarme a conseguir este objetivo; a mi esposa Catherine y mis hijos Peter, Lucas y #3 en camino, por su apoyo y paciencia en este arduo proceso; y a mis abuelos Ytalico y Marcia, quienes me guían siempre desde arriba.

Italo Bett

A la memoria de nuestros grandes maestros Juan Loayza, Pedro Custodio, Víctor Muñoz, Gustavo Rosello, Oscar Penny, Rafael Taipe, José Luis Vidal y Gerardo Gonzales Amancio; y la de nuestro compañero de promoción Jorge Luis Martos.

Guillermo Mas e Italo Bett

AGRADECIMIENTO

Nuestro eterno agradecimiento a nuestra alma mater, la Universidad Ricardo Palma, en especial a la Facultad de Ingeniería y a la primera Escuela de Ingeniería Electrónica del Perú, por darnos las herramientas necesarias para diferenciarnos en la industria; a todos nuestros maestros, por sus cátedras, mentorías y enseñanzas. A nuestro asesor, el Ing. Luis Cuadrado, por su valioso tiempo, paciencia y consejos. Al Ing. Eduardo Ale por asumir la coordinación del programa y ayudarnos a cumplir nuestros objetivos. Y a la Dra. Margarita Murillo por su ayuda para iniciar este proceso con los fundamentos metodológicos.

Guillermo Mas e Italo Bett

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN	iii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos	1
1.2 Objetivo general y específico	3
1.3 Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática	3
1.4 Justificación e importancia	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1 Antecedentes	5
2.2 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio	7
2.2.1 RAN Sharing	7
2.2.2 Servicio Móvil.....	18
2.3 Definición de términos básicos	24
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	26
3.1 Hipótesis	26
3.1.1 Hipótesis principal	26
3.1.2 Hipótesis secundarias	26
3.2 Variables	26
3.2.1 Definición conceptual de las variables.....	26
3.2.2 Operacionalización de las variables	27
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
4.1 Tipo y nivel.....	28
4.2 Diseño de investigación	28
4.3 Población y muestra.....	29
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	29

4.4.1 Tipos de técnicas e instrumentos	29
4.4.2 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos	29
4.4.3 Procedimientos para la recolección de datos	29
4.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	29
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	30
5.1 Diagnóstico y situación actual	30
5.2 Presentación de resultados	36
5.3 Análisis de resultados.....	63
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
ANEXOS.....	75
Anexo 1: Ficha Técnica XIRIO On Line.....	75
Anexo 2: Ficha Técnica del BTS3900 Huawei	77
Anexo 3: Ficha Técnica del RBS6201 de Ericsson	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Bandas de frecuencia de operadores móviles.....	38
Tabla 2. Comparación entre BTS Huawei y RBS Ericsson.....	48
Tabla 3. Especificaciones técnicas del RAN Sharing.....	52
Tabla 4. CAPEX	54
Tabla 5. Gastos operativos.....	57
Tabla 6. Proporción CAPEX y OPEX en un periodo de 5 años	58
Tabla 7. Estimación de recaudación anual.....	60
Tabla 8. Estimación de recaudación anual.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. RAN Sharing	8
Figura 2. RAN Sharing de operador compartido	9
Figura 3. Compartición pasiva de infraestructura.....	10
Figura 4. Dos operadoras en caso de Site Sharing.....	11
Figura 5. Mast Sharing.....	11
Figura 6. Elementos Activos de Radio Access Network (RAN).....	12
Figura 7. MORAN	13
Figura 8. MOCN	13
Figura 9. Porcentaje de hogares con acceso a telefonía móvil y dispositivos móviles... 21	
Figura 10. Propuesta ante dificultad de cobertura	32
Figura 11. Lugar de estudio.	33
Figura 12. Población Censada de la Comunidad Campesina Santa Rosa de Chontay ... 33	
Figura 13. Ubicación del lugar de estudio	34
Figura 14. Mapa topográfico del lugar del estudio	34
Figura 15. Cobertura en Santa Rosa de Chontay	36
Figura 16. Transmisores en la comunidad de Santa Rosa de Chontay	36
Figura 17. Ubicación de las antenas de Bitel y Claro en Santa Rosa de Chontay	39
Figura 18. Área de cálculo utilizado para la simulación de transmisión	40
Figura 19. Coordenadas del área de cálculo.	40
Figura 20. Coordenadas de la ubicación de la antena del operador Bitel.....	41
Figura 21. Simulación de transmisión Entel utilizando la infraestructura del operador Bitel con tecnología móvil 3G.....	41
Figura 22. Coordenadas de la ubicación de la antena del operador Claro.....	42
Figura 23. Simulación de transmisión Entel utilizando la infraestructura del operador Claro con tecnología móvil 4G.....	42

Figura 24. Distancia entre transmisor y receptor para Bitel	44
Figura 25. Nivel de señal para Bitel	45
Figura 26. Distancia entre transmisor y receptor para Claro	46
Figura 27. Nivel de señal para Claro	47
Figura 28. BTS 3900.....	49
Figura 29. Presupuesto distrital	62

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1. Cálculo para áreas urbanas	17
Fórmula 2. Cálculo para ciudades pequeñas o medianas.....	17
Fórmula 3. Cálculo para ciudades grandes	17
Fórmula 4. Cálculo para áreas sub urbanas	18
Fórmula 5. Cálculo para áreas rurales	18
Fórmula 6. Cálculo – Factor de corrección.....	45
Fórmula 7. Cálculo – Pérdida de propagación en zonas urbanas	45
Fórmula 8. Cálculo – Pérdida de propagación en zonas rurales.....	45
Fórmula 9. Cálculo – Factor de corrección.....	47
Fórmula 10. Cálculo – Pérdida de propagación en zonas urbanas	47
Fórmula 11. Cálculo – Pérdida de propagación en zonas rurales.....	47
Fórmula 12. Cálculo del VAN	59
Fórmula 13. Cálculo del TIR	59

RESUMEN

La investigación de esta tesis surgió de la necesidad de optimizar el servicio móvil para los usuarios de una comunidad campesina en el distrito de Cieneguilla, debido a que la pandemia provocada por el COVID - 19 evidenció el enorme déficit de los servicios de comunicación en las zonas rurales no solo de este distrito, sino del país en general. Como consecuencia nació la pregunta: ¿Cómo se implementará el *RAN Sharing* para la optimización del servicio móvil en los usuarios de una comunidad campesina de Cieneguilla, 2022? Al ser esta investigación de nivel descriptivo, no se formularon hipótesis. En cuanto a la metodología, este estudio guardó un enfoque de investigación de tipo aplicada y nivel explicativo.

Por la naturaleza de la investigación, se ubicó el lugar de estudio y se halló el nivel de cobertura a través de simulaciones realizadas con el software XIRIO® Online y los cálculos para su comprobación en la población de Santa Rosa de Chontay para determinar el dimensionamiento de la estación de transmisión. Esta investigación dio como resultado que la implementación del *RAN Sharing* optimizaría el servicio móvil 4G para una mejor conectividad y una velocidad hasta siete veces más rápida que la conexión telefónica convencional.

Finalmente, se determinó que la implementación del *RAN Sharing* para la optimización del servicio móvil en los usuarios de una comunidad campesina de Cieneguilla, tendría un costo de S/. 332,100.00, constando el proyecto de 5 fases: gestión, planificación, calendarización, desarrollo y cierre del proyecto, con sus conclusiones.

Palabras clave: RAN Sharing, servicio móvil, conectividad, servicios móviles, zonas rurales, XIRIO.

ABSTRACT

The research for this thesis comes from the necessity to optimize the mobile service for the users of a farming community in the district of Cieneguilla, this because of the pandemic caused by the COVID-19 showed the enormous deficit of communication services in rural areas not only from this district, but the country in general. Consequently, the question arose: How will the RAN Sharing be implemented for the optimization of the mobile service for the users of a rural community from Cieneguilla, 2022? Since this is descriptive research, no hypotheses were formulated. Regarding the methodology, this study kept an applied research approach and an explanatory level.

Due to the nature of the research, the study site was located, and the level of coverage was found through simulations made with the XIRIO® Online software and their proving calculations in the Santa Rosa de Chontay village to determine the dimensioning of the transmission station. This research shows that the implementation of RAN Sharing would optimize the 4G mobile service for better connectivity and a speed up to seven times faster than the conventional telephone connection.

Finally, it was determined that implementing RAN Sharing to optimize the mobile service in the users of a farming community from Cieneguilla would have a cost of S/. 332,100.00, and the project would consist of 5 phases: management, planning, scheduling, development, and closure, with its conclusions.

Keywords: RAN Sharing, mobile service, connectivity, mobile services, rural areas, XIRIO.

INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se desarrolla el estudio y análisis de la propuesta de implementación del *RAN Sharing* para la optimización del servicio móvil en los usuarios de una comunidad campesina de Cieneguilla. Mediante este trabajo se describe la situación actual de los usuarios, se abordan los requerimientos técnicos y tipos de compartición para la implementación del *RAN Sharing* en dicha comunidad. Finalmente, se determina la rentabilidad de la implementación del proyecto.

En el contexto actual del país, se evidencia la brecha existente en la falta de conectividad del servicio móvil en distritos rurales; esto se debe principalmente a tres factores: la falta de infraestructura, el difícil acceso a permisos por parte de las autoridades estatales a las distintas operadoras y por último las brechas económicas – geográficas entre distritos.

Por ello y, teniendo en consideración la situación actual, el objetivo general de esta tesis propone el *RAN Sharing* como mejora del servicio móvil para esta localidad, respondiendo a la pregunta ¿Cómo se implementará el *RAN Sharing* para la optimización del servicio móvil en los usuarios de una comunidad campesina de Cieneguilla, 2022? Este estudio guarda un enfoque de investigación de tipo aplicada y nivel explicativo. Por la naturaleza de la investigación, se ubica el lugar de estudio que presenta la problemática de cobertura y es de fácil acceso, y se utilizan cálculos y simulaciones para hallar el nivel de cobertura y determinar el dimensionamiento de la estación de transmisión en la población de Santa Rosa de Chontay.

El trabajo de investigación se esquematiza de la siguiente manera:

En el capítulo I, se desarrolla el planteamiento del problema conformado por la descripción del problema, formulación del problema general y problemas específicos, importancia y justificación del estudio, la delimitación del estudio y la formulación de los objetivos generales y los objetivos específicos.

En el capítulo II, se desarrolla el marco teórico de la investigación conformado por el marco histórico, antecedentes nacionales e internacionales, estructura teórica y científica que sustenta el estudio y la descripción actual del servicio móvil de la comunidad campesina de Cieneguilla, correspondiente al primer objetivo específico.

En el capítulo III, se desarrolla el diseño metodológico de la investigación conformado por la tipificación de la investigación, la ubicación del lugar de estudio y toda la parte de

ingeniería que cubre el análisis de la dificultad de cobertura, las simulaciones de cobertura de transmisión y recepción, los cálculos de cobertura, el dimensionamiento de la estación de transmisión, los requerimientos técnicos y los tipos de compartición de infraestructura móvil correspondientes al segundo y tercer objetivo específico respectivamente y, por último, el análisis de resultados.

En el capítulo IV se desarrollan los aspectos administrativos, el cronograma de actividades (con MS Project), el presupuesto de ejecución con los gastos involucrados en el CapEx y OpEx, y el presupuesto anual para el distrito de Cieneguilla. También se evalúa la rentabilidad de la implementación, lo que corresponde al cuarto y último objetivo específico.

Finalmente, la tesis cuenta con conclusiones y recomendaciones que tienen relación directa con los objetivos específicos planteados.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos

El inicio de la pandemia dirigió los reflectores a un problema que hace mucho tiempo ya se reflejaba en nuestro país: la conectividad; esto a raíz de que casi todos migramos al trabajo remoto y las clases en todos los niveles de educación también tuvieron que adaptarse a esta forma de trabajo. Es entonces que surge la pregunta; ¿Qué tan conectado se encuentra Perú?

Según datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2021), hasta el tercer trimestre del 2021, solo el 55% de hogares tenía acceso a internet y, por si fuera poco, esta situación se agrava aún más en zonas rurales, donde solo el 20,7% de familias accede a este servicio.

Si bien es cierto que el porcentaje de hogares con acceso a internet aumentó con respecto al año anterior por causa de esta nueva demanda que representa el trabajo remoto, la verdad es que hay una gran distancia que debemos de seguir para llegar a la ansiada meta de tener un Perú interconectado.

El pronóstico de la falta de conectividad en diversas zonas del país o de una conectividad deficiente son diversas; entre ellas se puede mencionar a tres principales: falta de infraestructura en puntos clave o de existir, estas son deficientes o solo atienden a una operadora de servicio móvil en específico; falta de acceso a permisos por parte de autoridades para que las operadoras puedan instalar nuevas antenas a causa del temor injustificado por parte de la población; y por último la brecha económica entre un distrito y otro.

Detallando las causas podemos decir que por un lado, la población más afectada con este problema es la de zonas rurales o distritos cuyo nivel socioeconómico es bajo ya que estos lugares son de difícil acceso para instalar nueva infraestructura que incremente la conectividad a internet o incluso, las operadoras de servicio móvil prefieren no invertir aún en estas zonas porque el retorno de la inversión sería a largo plazo en comparación de otras zonas donde el retorno sería en menor tiempo, por ende, la gran mayoría de población tuvo serios problemas para acceder a clases o trabajo remoto.

Así también, se sabe que la política de compartir infraestructura entre empresas de servicio móvil es una propuesta bastante joven en el Perú y no todas las empresas se han sumado o han mostrado disposición en trabajar de esta manera.

Sin embargo, el problema de la infraestructura no solo es por las empresas de servicio móvil, pues su población tiene parte de responsabilidad en esto dado que existe aún la creencia errónea sobre que estas causan daño a la salud, lo cual ha hecho que los municipios distritales nieguen permisos de instalación a pesar de que estos deben ser automáticos.

Todo esto desemboca en diversas consecuencias: población, que va desde infantes, adolescentes, jóvenes y adultos que muchas veces no pueden acceder al derecho de la educación, incluyendo el acceso a material de consulta que aportaría a la adquisición de nuevos conocimientos y habilidades; aquí evidentemente podemos incluir a docentes que dictan clases desde zonas alejadas.

A esto se le suma el hecho de que gran parte de la población del país, en la actualidad y debido a la pandemia, viene desempeñando sus labores de forma remota. La mala calidad del servicio móvil tiene un impacto negativo en su desempeño, disponibilidad e incluso continuidad.

Por otro lado, considerando que el Perú busca expandir la red 5G en toda su extensión, el actual panorama hace ver que llegar a esta meta tomará años. Por esa razón es necesaria la implementación de señal abierta en telefonía celular incluso en los lugares menos transitados del país, es así como la presente investigación ha enfocado su contexto en una comunidad campesina de Cieneguilla.

A partir de ello, se formuló como problema de investigación general ¿Cómo se implementará el *RAN Sharing* para la optimización del servicio móvil en los usuarios de una comunidad campesina de Cieneguilla, 2022?; y como problemas específicos: ¿Cuál es la situación actual del servicio móvil en los usuarios de una comunidad campesina de Cieneguilla, 2022?, ¿Cuáles son los requerimientos técnicos para la implementación del *RAN Sharing* en los usuarios de una comunidad campesina de Cieneguilla, 2022?, ¿Cuáles son los tipos de compartición de infraestructura móvil para la implementación del *RAN Sharing* en los usuarios de una comunidad campesina de Cieneguilla, 2022?, y ¿Cuál es la rentabilidad de la implementación del *RAN Sharing* para la optimización del servicio móvil en los usuarios de una comunidad campesina de Cieneguilla, 2022?.

1.2 Objetivo general y específico

1.2.1 Objetivo General

Proponer la implementación del *RAN Sharing* para la optimización del servicio móvil en los usuarios de una comunidad campesina de Cieneguilla, 2022.

1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Describir la situación actual del servicio móvil en los usuarios de una comunidad campesina de Cieneguilla, 2022.
- b) Examinar los requerimientos técnicos para la implementación del *RAN Sharing* en los usuarios de una comunidad campesina de Cieneguilla, 2022.
- c) Determinar los tipos de compartición de infraestructura móvil para la implementación del *RAN Sharing* en los usuarios de una comunidad campesina de Cieneguilla, 2022.
- d) Evaluar la rentabilidad de la implementación del *RAN Sharing* para la optimización del servicio móvil en los usuarios de una comunidad campesina de Cieneguilla, 2022.

1.3 Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática

En cuanto a su delimitación temporal, esta investigación ha considerado el año 2022, por tratarse de una investigación de tipo aplicada en la que se propone la implementación de la tecnología *RAN Sharing* para la optimización del servicio móvil. En cuanto a su delimitación espacial, la presente investigación será desarrollada en la comunidad campesina Santa Rosa de Chontay - Cieneguilla, 2022, Región Lima, capital Perú, por lo que el aporte de la presente investigación se limita a dicho territorio. En lo que respecta a su delimitación temática, esta investigación se enmarca en el campo de las tecnologías de las telecomunicaciones.

1.4 Justificación e importancia

No está demás decir que el estudio propuesto es necesario y pertinente en esta nueva era digital en la que la forma de vida gira en torno a la conectividad y el acceso a la información digital. Así también, se justifica tecnológicamente, en basar el

desarrollo de la propuesta de ingeniería en las últimas tecnologías de eléctrica y telecomunicaciones, efectuando el manejo adecuado de la señal y su procesamiento por los sistemas electrónicos y de comunicaciones. Teniendo en cuenta que el presupuesto estatal está dirigido a la cobertura de necesidades primarias de la población, entonces, la telefonía al ser una necesidad primaria del Estado peruano debe sin falta ser considerada dentro del presupuesto anual. Entonces, el trabajo de investigación se justifica económicamente por la necesidad de que el Estado vincule la implementación *RAN Sharing* a su presupuesto. Finalmente, la presente investigación contribuirá con los usuarios de la comunidad campesina Santa Rosa de Chontay – Cieneguilla, al proponer la implementación del *RAN Sharing* para la optimización del servicio móvil 2G a 3G para una mejor conectividad y una velocidad hasta siete veces más rápida que la conexión telefónico convencional.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Tarin (2020) en su tesis “*RAN Sharing*, compartición de infraestructura”, donde el objetivo general fue “realizar una suposición de compartición *RAN Sharing* entre dos nodos de diferentes operadoras comprobando por separado cuál puede ser la mejor opción”. La investigación no presenta la metodología empleada, de modo que sólo se presupone que es aplicada. El principal resultado obtenido señala que compartir la misma infraestructura para los servicios de telefonía permite que se ahorran los costes y se tenga mayores beneficios. Concluyendo así que una mejor cobertura ofrecida por una operadora será mejor valorada en el mercado debido a que diversas operadoras querrán compartir la infraestructura con ella.

García (2019) en su investigación “Tecnologías 3G, 4G y 5G: Una perspectiva económica y social de la carrera por la innovación de las redes de banda ancha”, con objetivo analizar la evolución de las tecnologías de las redes de banda ancha a partir de la llegada de la tecnología 5G. Dicha investigación tuvo como soporte metodológico el alcance descriptivo a partir de notas secundarias. La tesis no presenta los resultados hallados. No obstante, presenta como conclusiones que las tecnologías de la información y comunicación han impactado positivamente en la economía tanto directa como indirectamente, por permitir el ahorro del tiempo y recursos, al permitir el incremento de la productividad al facilitar la comunicación.

Ponte (2017) en su investigación “La factibilidad de implementación de *RAN Sharing* en Argentina”, con objetivo general “analizar si es posible hacer más eficiente el despliegue de las redes de telefonía móvil a partir de la implementación de *RAN Sharing* en Argentina”. En la investigación no se visualiza la metodología empleada. Se tuvo como resultado principal que existen beneficios significativos en lo que respecta al ahorro de costos de operación y mantenimiento cuando se despliega una Red desde sus orígenes de manera conjunta. Finalmente, se concluyó que los operadores no están, en líneas generales, predispuestos a trabajar en conjunto con otros que no le permitan desplegar velozmente las redes deseadas, además de destacar que la aplicación de *RAN Sharing* resulta más efectiva en la etapa de expansión de la tecnología.

Huayta (2021) en su investigación “Desarrollo de un sistema de red móvil utilizando *RAN Sharing* para mejorar los servicios móviles en la comunidad de Mantoclla, departamento de Cusco”, la cual tuvo como objetivo principal “desarrollar y explicar un Sistema de Red Móvil empleando la compartición de infraestructura de red entre Operadores que permitan brindar servicios de calidad y aumentar la penetración de éstos en zonas rurales como la comunidad de Mantoclla”. El estudio no presenta la metodología empleada; sin embargo, se presume que es aplicada. Se obtuvo como resultado principal los valores obtenidos de carga y descarga (11.10 Mbps y 5.53 Mbps, 8.55 Mbps y 5.68 Mbps, 11.13 Mbps y 5.25 Mbps) son óptimos ya que cumplen los niveles permitidos por lo cual el operador Telefónica al ubicarse de manera activa estaría brindando valores de carga y descarga aceptables. Finalmente, se concluyó que un Sistema de red compartido genera muchos beneficios tanto para los usuarios como para los Operadores debido a la reducción de los costos de inversión y mantenimiento de estos.

Ccahuana (2018) en su tesis “Diseño de una red móvil compartida para brindar servicios de telefonía móvil en zonas rurales”, tuvo como objetivo general acercar los servicios de comunicaciones móviles a las zonas rurales de nuestro país. No se evidencia la metodología empleada, pero se presume que es aplicada. Se obtuvo como resultado principal un VAN es mayor que cero, lo que significa que el proyecto es viable, y el TIR mantiene un valor mayor a la tasa de referencia, comprobando que la red compartida de tipo MORAN será altamente rentable. Concluyendo así que, se puede lograr reducir el aislamiento y la marginación de zonas rurales y también se da pie a una mayor adopción y uso de nuevas estrategias de comunicación.

Balarezo (2017) en su tesis “Banda ancha móvil para zonas rurales por telefónica del Perú S.A.A.”, tuvo como objetivo identificar para las zonas rurales del Perú, un modelo de banda ancha móvil por Telefónica S. A. C. Como soporte metodológico utilizó el nivel exploratorio, por tratarse de una investigación nueva. Finalmente, la investigación arribó a que el equipo que trabaja en Telefónica debe interiorizar en construir una propuesta de valor en función a cómo desarrolla su tecnología, la cual es el CORE del negocio, y este no puede ser manejado por terceros. Si es una empresa líder en el sector, su estrategia competitiva no puede ser la reducción de costos en el desarrollo y manejo de la tecnología. Si bien es muy importante mirar el segmento

que hace la caja de la compañía no puede ser indiferente a las zonas de menores perfiles lucrativos, ni a los actores que empiezan a desarrollarse en dichas zonas, ya que esto siempre va a originar una puerta trasera que ponga en riesgo todo el negocio, como ahora viene sucediendo con BITEL y ya ha pasado con Claro y Entel. Es muy importante que se tenga una cultura de innovación continua, la cual no esté definida por los ciclos del mercado (guerra de precios o *market share*) si no, por los ciclos evolutivos de la tecnología que utiliza para brindar sus servicios. Los profesionales de Telefónica del Perú tienen que ser los ingenieros mejor preparados del sector, se debe contar con Centros de Innovación en donde científicos vayan descubriendo la ruta tecnológica del futuro y de esta manera anticiparse a la amenaza de otros actores fuera del sector como las OTTs.

2.2 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio

2.2.1 RAN Sharing

a) Nociones generales

Radio Access Network Sharing según sus siglas en inglés, puede traducirse como “Red de acceso compartido por radio”. Se trata de la compartición de red representativa en 3G, 4G, 5G, en donde está incluida la infraestructura de servicio móvil de la red de acceso entre dos o más operadores distintos, esto con la finalidad de proveer servicios móviles de mayor calidad, disminuir costos de equipos, licencias y permisos (Huayta, 2021).

Este tipo de compartición tiene grandes ventajas como el gasto de operación y de capital de infraestructura se reduce en un 40%, se reducen las barreras de mercado de los operadores, el enfoque de la competencia se transfiere al costo de implementación de la red, la señal se acelera, lo cual beneficia al usuario, se reduce la contaminación (Zhang y Chen, 2016).

Cabe recalcar que, si bien los operadores comparten la infraestructura, el control de su propia red es independiente del terminal por lo que los operadores pueden implementar y brindar servicios de alta velocidad, lo cual se refleja en la Figura N°1 donde se ilustra el *RAN Sharing*.

Es decir, cada operador puede establecer parámetros diferentes, configurar las celdas independientemente, así como la configuración de seguridad, lo que da mayor confidencialidad a cada operador (Zhang y Chen, 2016).

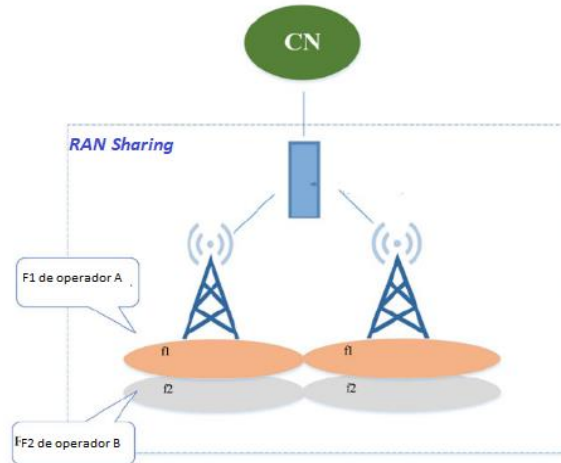


Figura 1. RAN Sharing

Fuente: Redes inalámbricas 5G en la nube (2016)

Aunque su implementación en algunos países es aún lenta por sus propias políticas, en base a la experiencia de países que ya adoptaron este tipo de compartimiento, se puede dar fe de su alta eficacia espectral siendo así más complejo.

En respuesta a ello, la Figura N°2 se ilustra la solución en la que un Sistema de Gestión de Elementos Compartidos (EMS) común es capaz de proporcionar las funciones de operación y gestión: i) configuración a nivel de celda para BSC/RNC, incluido hardware de red y equipo de transmisión, ii) actualización de software a nivel de cita y consulta de estado para BSC/RNC, iii) paramagnético y ferromagnético a nivel de sitio para BSC/RNC.

Cabe recalcar que este tipo de solución con el área de red compartida (SNA) porque las redes pueden mandar una tabla de mapeo entre SNA al RNC, luego cuando el equipo del usuario es conectado, el mapeo entre SNA y el identificador de suscriptor móvil temporal (TMSI) se transmite y almacena en RNC (Zhang y Chen, 2016).

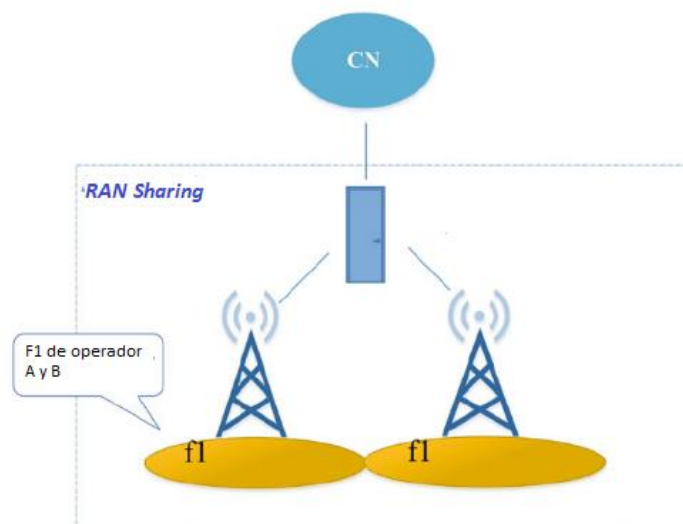


Figura 2. RAN Sharing de operador compartido
Fuente: Redes inalámbricas 5G en la nube (2016)

Es evidente que en los últimos años las tecnologías de la información, la comunicación y las tecnologías de acceso inalámbrico van en constante evolución y tratándose de la tecnología de la comunicación 5G, se sabe que este es multiservicio y multi tecnología por lo que es necesario tener una red integrada que satisfaga las futuras necesidades para evitar mayor crisis en la industria de las telecomunicaciones. En respuesta a esto, se puede usar el potencial que nos ofrece el *RAN Sharing* y en el proceso de su implementación y uso, se debe de evaluar oportunamente las soluciones ante problemas relacionados a este tipo de compartimiento (Zhang y Chen, 2016).

b) Tipos de Compartición

b.1) Compartición pasiva

Según el documento “*Mobile Sharing*” presentado en el Simposio Mundial para Organismos Reguladores de la IUT por Camila Borba Lefèvre, este tipo de compartición incluye sitios donde los operadores usan los mismos componentes físicos, pero con diferentes mástiles, antenas, gabinetes y *backhaul* (Unión Internacional de Telecomunicaciones [UIT], 2022).

Según la asesora de telecomunicaciones, tecnología y protección de datos personales mencionadas líneas arriba, la compartición pasiva comprende la itinerancia móvil por la que un operador puede usar la red de otro cuando no tiene cobertura o infraestructura propia (Unión Internacional de Telecomunicaciones [UIT], 2022).

Este tipo de conexión permite la compartición de algunos o todos los elementos no radiales de un sitio, ya sea de dos a más proveedores, como, por ejemplo, las antenas, sistemas de seguridad, cables, tejados, gabinetes, mástil, torres, baterías, aire acondicionado, alarmas. Del mismo modo, estudios sobre este tipo de conectividad entre operadoras arrojaron que los costos de inversión se pueden reducir hasta en un 50% llegando a mejorar sustancialmente los beneficios para los clientes (Mas y Rubio, 2013).

La Figura N°3 que se detalla a continuación muestra la compartición pasiva de infraestructura.

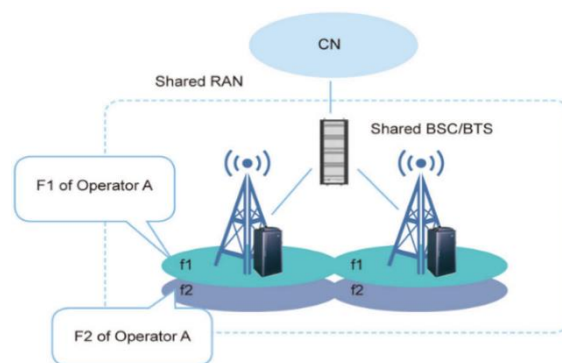


Figura 3. Compartición pasiva de infraestructura

Fuente: Telecom Regulatory Authority of India Recommendations on Infra Sharing

- Site Sharing

Uno de los recursos más utilizados en este proceso comprende en la cooperación dentro del mismo espacio. Es decir, dos operadoras se encargarán de instalar sus equipos de manera independiente para abarcar un lugar en común (Figura N°4), ello comprende torres de conexión, antenas o mástiles. No obstante, ello también implica llegar a acuerdos sobre su desempeño en ese mismo territorio donde podrán compartir también energía (Tarin, 2020).

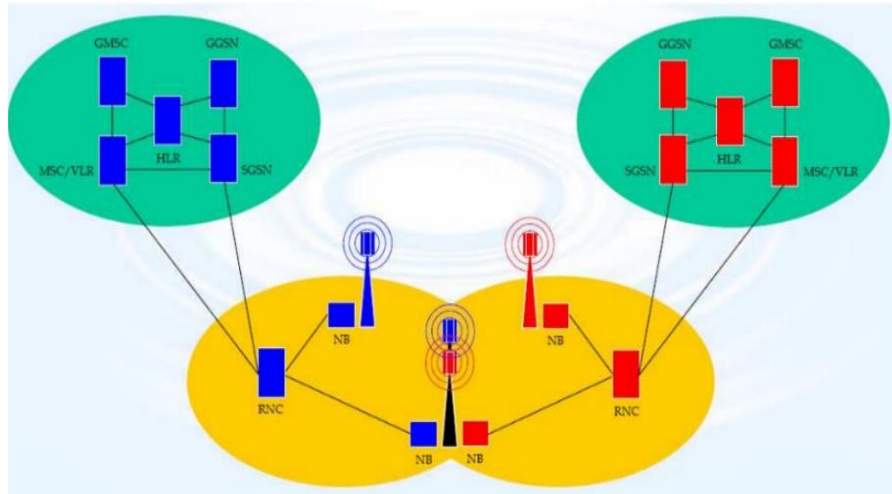


Figura 4. Dos operadoras en caso de Site Sharing

Fuente: Site and Network Sharing Cost Reducing for Rolling Out 3G, Stephane Baziak Consulting

- Mast Sharing

Este tipo de compartición pasiva comprende el proceso de conectividad donde dos o más operadoras pueden compartir la misma torre (Figura N°5), que servirá como eje central del desarrollo de las telecomunicaciones dentro de un mismo espacio. Sin embargo, el resto de sus equipos son instalados e implementados de manera independiente como antenas, cables eléctricos y otros recursos tecnológicos (Tarin, 2020).

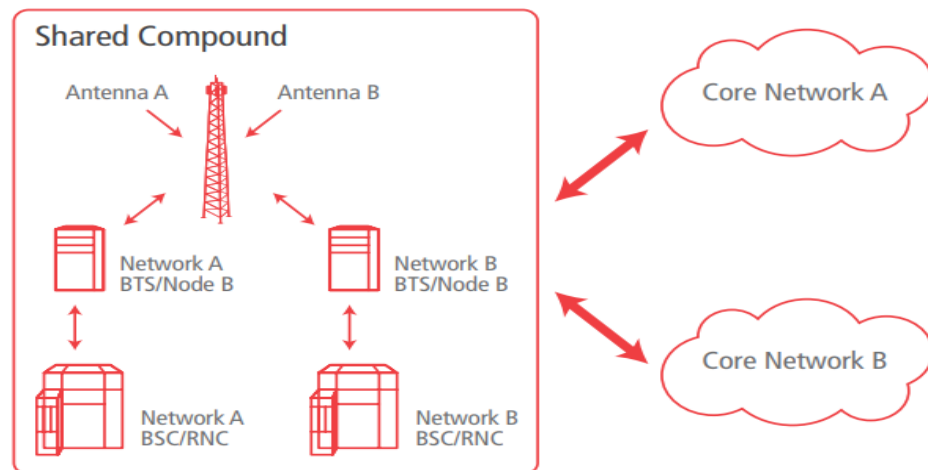


Figura 5. Mast Sharing

Fuente: Elaboración propia

b.2) Compartición de infraestructura activa

Este tipo de compartición hace posible la compartición de elementos pasivos y activos, su función comprende la cooperación de elementos activos entre dos o más operadoras donde se conmuta redes inalámbricas como sistemas de transmisión y otros equipos de intercambio, tal como se ve en la Figura N°6. De esta manera, existe la posibilidad de una compartición del espacio radioeléctrico. En este tipo de compartición, se usa toda la misma infraestructura para los dos operadores, pudiendo variar solo la frecuencia y la conexión hacia el *Core Network* de cada uno de ellos (Tarin, 2020).

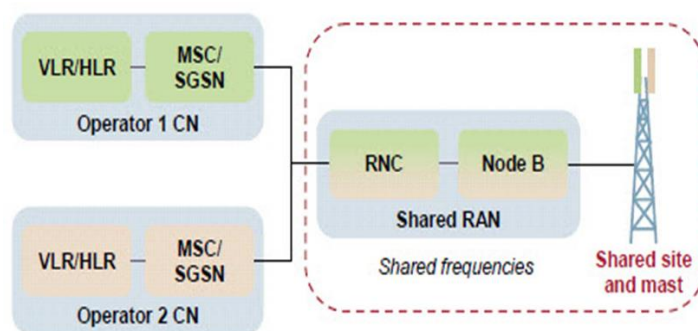


Figura 6. Elementos Activos de Radio Access Network (RAN)

Fuente: The Service-Centric Perspective of Infrastructure Sharing for Multi- Operator Core Networks, 2014.

Dentro del sistema universal de telecomunicaciones que comprende la conexión de dos o más operadoras se puede contener varios elementos. Por un lado, el Nodo B es un sistema de varios dispositivos que son imprescindibles para la emisión y recepción de señales que provienen de equipos con el RNC y TRX. Por otro lado, se encuentra el *Radio Network Controller* (RNC), el cual contiene a su vez muchos Nodos B que oscilan entre 100 a 200, la cual puede administrar el tráfico y movilidad de estos sistemas (Martínez y Sinche, 2010).

Así también, las *Core Network* son las partes independientes de los sistemas activos de compartición porque incluyen elementos como el *Mobile Switching Center*, el cual permite la conexión entre el enlace móvil y un servidor de intercambio móvil, de esta forma se controla la afluencia y otros servicios al cliente final. Del mismo modo, esta comprende un base de datos

que contiene a aquellos que forman parte del área donde se cubre ese servicio. Finalmente, el CORE implica un centro de operaciones y mantenimiento donde se puede gestionar los RNCs y los Nodos B, lo que a su vez la convierte en la administración general de la red (Martínez y Sinche, 2010).

- MORAN

Este tipo de compartición activa, que obtiene su nombre de las siglas de *Multi Operator Radio Access Network*, su nombre en inglés, contempla, como se muestra en la Figura N°7, que todo dentro de la RAN (antena, torre, sitio, energía) con excepción de las portadoras de radio, es compartido entre dos o más operadores (Paralell Wireless, 2022).

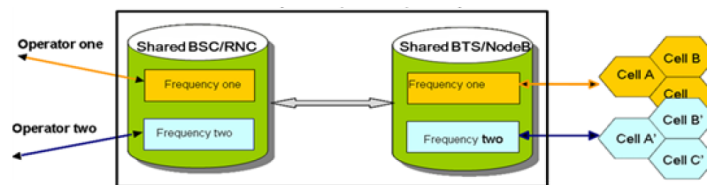


Figura 7. MORAN

Fuente: Documentación Interna de Entel.

- MOCN

Este tipo de compartición activa, que obtiene su nombre de las siglas de *Multi Operator Core Network*, su nombre en inglés, contempla, como se muestra en la Figura N° 8, que dos o más Core Networks comparten la misma RAN, incluyendo las portadoras. Las Core Networks existentes pueden permanecer separadas. MOCN es la solución más eficiente a nivel de recursos ya que da a los operadores la opción de compartir su espectro (Paralell Wireless, 2022).

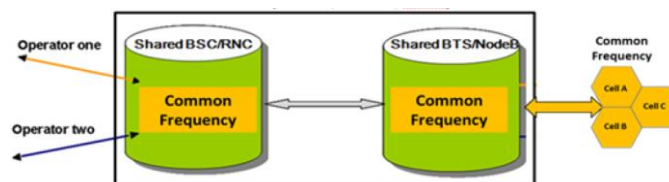


Figura 8. MOCN

Fuente: Documentación Interna de Entel.

c) Funcionamiento de estación móvil

c.1) Torre de conexión

Una torre de conexión de comunicación son estructuras instaladas con la finalidad de transmitir señales a ciertas alturas, con dimensiones específicas que describen su ubicación, localización, altura y tipo de servicio que ofrece (Bloch, 2007). Pueden ser de los siguientes tipos:

- Torres atirantadas: contienen cables a diferentes distancias, también contiene un sistema de columnas y vigas para soportar las conexiones.
- Torres monopolo: presenta dos partes, una el cuerpo y la segunda parte destinada para las antenas, es de estructura tubular, presenta un mejor aspecto de instalación.
- Torres auto soportadas: son de estructura más estable y con capacidad de soportar varias antenas de gran volumen y geometría, destinado para áreas con mayor espacio aéreo, es de sección transversal cuadrada o triangular.

c.2) Estación Base Transceptora

Estación de transmisión y recepción, también conocida como *Base Transceiver Station* (BTS) o Nodo B, posicionada en un lugar fijo que está compuesta por una o más antenas de recepción y transmisión. Realiza la transmisión por medio de radio o cable para enlazar con la central de conmutación y un conjunto de circuitos electrónicos (Huayta, 2021).

Son estaciones direccionales, envían y reciben señales a la vez, y multicanales de baja potencia que forman parte de una Red móvil y de acuerdo con la tecnología que cuenta, puede ser denominada como BTS (2G), Nodo B (3G), eNodo (4G) o 5G (León, 2015).

c.3) Controlador de Red de Radio

También conocido como *Radio Network Controller* o RNC es aquel elemento responsable del control de los recursos radio que se encuentren en su dominio, es decir, de los nodos B que interconecten con él. De ahí que por ello se dice que, se dirigen al control de carga y congestión de celdas, pero además de la ejecución de control de admisión para nuevos puntos de

conexión. A diferencia del BSC se dirige al manejo de la movilidad de los usuarios individuales (Ccahuana, 2018).

c.4) Espectro

Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (IUT, 2022), es el medio por el cual se transmiten servicios de difusión y servicios móviles, “(...) no es un concepto estático, pues a medida que avanza la tecnología se aumentan (o disminuyen) rangos de frecuencia utilizados en comunicaciones, y corresponde al estado de avance tecnológico” (s.p.).

c.5) Arquitectura de Red

Es el sistema funcional compuesto por protocolos de comunicación, programas de software y otros elementos inmersos en la interconexión. También se define como el plan con el que los protocolos y programas de software se conectan. Todo esto garantiza el correcto desarrollo de las comunicaciones para evitar inconvenientes durante este proceso (Tintin et al., 2018).

c.6) Antena

Es un sistema conductor metálico capaz de radiar y recibir ondas electromagnéticas, y una guía de onda es un tubo metálico conductor por medio del cual se propaga energía electromagnética de alta frecuencia, por lo general entre una antena y un transmisor, un receptor, o ambos. Es un dispositivo recíproco pasivo; pasivo en cuanto a que en realidad no puede amplificar una señal, por lo menos no en el sentido real de la palabra (sin embargo, una antena puede tener ganancia), y recíproco en cuanto a que las características de transmisión y recepción son idénticas, excepto donde las corrientes de alimentación al elemento de la antena se limitan a la modificación de patrón de transmisión (Wayne, s.f.).

c.7) Diversidad en la Recepción

La propagación de señales en comunicaciones móviles es compleja, las señales de trayectoria múltiples que recibe una BTS pueden llegar fuera de fase, resultando en una señal con desvanecimiento severo. Las técnicas de

diversidad están basadas en el conocimiento de que los errores ocurren en la recepción cuando la atenuación en el canal es grande, se puede proveer varias copias de la misma señal transmitida sobre canales independientes cada uno con desvanecimiento distinto. Se cuenta con diversidad de polarización, espacial, frecuencia, tiempo. La diversidad de espacio y diversidad de polarización reducen los desvanecimientos de señales (Díaz, 2006).

c.8) RRU

Unidad remota de radio diseñada para ser instalada cerca de las antenas en una estación móvil (León, 2015).

d) Modelo Okumura-Hata para el cálculo de pérdidas de propagación

En el presente estudio, para el cálculo de pérdidas de propagación se ha recurrido al modelo Okumura-Hata, este modelo es considerado uno de los métodos más utilizados para el cálculo de áreas denominadas urbanas, se trata de un método empírico, válido para un rango de 150 MHz a 2 GHz, que suele ser referido en casos de acceso de banda ancha de servicios móviles para entornos rurales y urbanos cuando no se tienen planos cartográficos de alta resolución (Okumura et al., 1968, citado en Xirio - online, s.f.).

De estudios pasados, en la ciudad de Tokio, en los que se utilizó el rango de 100 MHz a 1920 MHz, Okumura et al. (1968, citado en Xirio - online, s.f.) se obtuvo como resultados, la creación de modelos para la predicción y el cálculo de las pérdidas por propagación. Los resultados fundamentales publicados por Okamura fueron una serie de curvas que sirvieron para interpretar el nivel de atenuación media en función al espacio libre que es relativa a la función de la frecuencia, espacio entre transmisor y receptor, alto de las antenas tomando en cuenta la ubicación de la estación base y móvil.

El estudio también nos permite calcular distintos factores de corrección específicos para las posibles desviaciones de trayectoria de la frecuencia. Dicho modelo es considerado como uno de los más simples y de mayor precisión para la estimación del cálculo de pérdidas en el trayecto. También

se convirtió en uno de los métodos de planificación de sistemas móviles en Japón (Xirio - online, s.f.).

A fin de simplificar el método Okamura para su aplicación, Hata (1980, citado en Xirio - online, s.f.) estimó un conjunto de relaciones cuantitativas donde explica el método gráfico diseñado por Okumura.

En la actualidad, el modelo de Okumura-Hata está limitado por los siguientes valores:

- f: 150 a 2000 MHz (frecuencia)
- h_b : 30 a 200 m (altura de transmisor)
- h_m : 1 a 10 m (altura de receptor)
- d: 1 a 20 km (distancia entre transmisor y receptor)

El desarrollo del modelo de Okumura-Hata expresa la pérdida básica de propagación, L_b , y se realiza de la siguiente manera:

1) para áreas urbanas:

Fórmula 1. Cálculo para áreas urbanas

$$L_b = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_b - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log d_m$$

Donde $a(h_m)$ es un factor de corrección que depende de la altura del móvil y que se calcula como sigue:

2) para ciudades pequeñas o medianas:

Fórmula 2. Cálculo para ciudades pequeñas o medianas

$$a(h_m) = (1.1 \log f - 0.7) h_m - (1.56 \log f - 0.8)$$

donde $1 \leq h_m \leq 10$ m

3) para ciudades grandes:

Fórmula 3. Cálculo para ciudades grandes

$$a(h_m) = \begin{cases} 8.29(\log 1.54 h_m)^2 - 1.1. & f \leq 200 \text{ MHz} \\ 3.2(\log 11.75 h_m)^2 - 4.97. & f \geq 400 \text{ MHz} \end{cases}$$

4) para áreas sub urbanas:

Fórmula 4. Cálculo para áreas sub urbanas

$$L_b = L_b(urban) - 2 \left[\log \left(\frac{f}{28} \right) \right]^2 - 5.4$$

5) para áreas rurales:

Fórmula 5. Cálculo para áreas rurales

$$L_b = L_b(urban) - 4.78 \log(f)^2 + 18.33 \log f - 40.94$$

De manera general, este método de cálculo proporciona buenos resultados en entornos urbanos y suburbanos, y puede ser utilizado también en áreas rurales.

2.2.2 Servicio Móvil

Conocido también como telefonía móvil o telefonía celular, es un servicio de conexión a la red pública mediante red inalámbrica por la que los usuarios pueden realizar y recibir llamadas telefónicas o vídeo llamadas, enviar y recibir mensajes de texto y tener acceso a Internet a través de la transferencia de datos (Tarín, 2020).

Es así como todo el tráfico que usamos para comunicarnos, voz, datos, textos, mensajes multimedia, etc.; se convierte en señales de radiofrecuencia (RF) y viajan a través del aire (espectro radioeléctrico) para llegar a su destino.

El servicio móvil posibilita la comunicación bidireccional simultánea en vivo por medio de un transceptor móvil y esto es posible por la capacidad que tienen los teléfonos móviles de ser portátiles porque tienen una antena y una fuente de poder de baja potencia que permite enviar y recibir señales (Tarín, 2020).

El servicio móvil se da a través de dos modalidades, que menciona Tarín (2020):

- Prepago: Funciona por recargas periódicas.
- Post pago: Funciona por servicios que están sujetos al pago mensual de un monto fijo.

a) Regulación en Perú

En la actualidad, hay una amplia variedad de prestadores de servicio móvil en Perú lo cual ha beneficiado al usuario final pues tiene múltiples opciones para elegir, de acuerdo con su presupuesto y necesidades.

A pesar de la gama de empresas y ofertas, muchos usuarios han sido vulnerados en sus derechos, por lo que existe un organismo público especializado, regulador y descentralizado cuyo objetivo principal es la de dictar los reglamentos o normas que regulan los procedimientos a su cargo.

Se trata de Osiptel (Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones). Fue creada mediante el Decreto Legislativo N°702 en enero de 1994 con la finalidad de "Promover la competencia del mercado de telecomunicaciones, calidad de los servicios de telecomunicaciones y el empoderamiento del usuario; de manera continua, eficiente y oportuna" (Osiptel, s.f.).

Para el logro de sus objetivos, cuenta con 6 funciones esenciales: función reguladora, función normativa, función fiscalizadora y sancionadora, función de solución de controversias, función de solución de reclamos, función supervisora.

Para el logro de sus objetivos, cuenta con 6 funciones esenciales:

Función reguladora: Evalúa las condiciones del mercado para garantizar la calidad y eficiencia económica en la prestación de servicios y de acuerdo con ello, fijar las tarifas de los servicios públicos de las empresas de telecomunicaciones, establecer sistemas y dictar las disposiciones necesarias (Osiptel, s.f.).

Función normativa: Tiene la facultad de imponer infracciones a las empresas de telecomunicaciones por no cumplir con sus obligaciones, normas técnicas y normas derivadas de los contratos de concesión. También tiene potestad de establecer su propia escala de sanciones, dictar reglamentos o normas que regulan procedimientos a su cargo, otras de carácter general o de carácter particular que tengan relación con las

obligaciones o derechos de entidades prestadoras de servicios de telecomunicaciones y sus usuarios (Osiptel, s.f.).

Función fiscalizadora y sancionadora: Impone infracciones y medidas correctivas a las empresas operadoras y concesionarios acorde a las acciones que perjudican al usuario o incumplimiento de obligaciones, todo esto bajo normas legales o técnicas (Osiptel, s.f.).

Función de solución de controversias: Conoce o resuelve toda controversia que afecte o pueda afectar la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones. Actúa de mediador, conciliador y resuelve los posibles conflictos que puedan existir entre usuarios, empresas de telecomunicaciones, concesionarios o empresas bajo su mando (Osiptel, s.f.).

Función de solución de reclamos: Resuelve los reclamos de los usuarios, siempre y cuando estos reclamos estén dentro de la normativa correspondiente (Osiptel, s.f.).

Función supervisora: Verifica que las empresas operadoras, concesionarios o personas que realizan actividades acordes al servicio de telecomunicaciones cumplan con sus obligaciones legales, mandato, resolución o norma emitida por Osiptel.

Con relación a los usuarios del servicio móvil en Perú, de acuerdo con la normativa publicada por Osiptel, tienen los siguientes derechos:

- Solicitar la inclusión de sus datos en un directorio de números telefónicos.
- Recibir información sobre las tarifas aplicables.
- Solicitar el servicio de facturación detallada.
- Recibir el servicio de información de guía telefónica actualizada de los usuarios de telefonía fija a través del número 103 durante las 24 horas.
- Acceso servicio a números de emergencia.
- Recuperar el saldo de tráfico no utilizado en un máximo de siete meses.
- Recibir información gratuita sobre los saldos.

b) Marco histórico

A pesar de los esfuerzos que realiza el gobierno por llevar más servicios de telecomunicación a las zonas rurales del Perú, todavía existen localidades que carecen de este servicio o cuentan sólo con un operador, debido a: la ubicación geográfica de la zona, índices de pobreza, altos costos en la implementación de estaciones, temor o rechazo de la población a las instalaciones de infraestructura de servicios móviles (por aspectos sociales o culturales). Asimismo, al ver esta problemática, los grandes o nuevos operadores no ven viable ni rentable la inversión económica en nuevas infraestructuras de telecomunicaciones.

En la actualidad, la preferencia de los servicios de telefonía móvil y el acceso a internet ha incrementado notoriamente en todo el mundo y en el Perú. Según la encuesta realizada a nivel nacional se revela que el 86.8 % de los hogares peruanos tienen un servicio de telefonía móvil y el 27.1 % de los hogares peruanos que tienen un dispositivo móvil activo (ver Figura 9), cuentan con un Smartphone en comparación al año 2012, en la que solo el 16.3 % de dichos hogares tenían este teléfono (OSIPTTEL, 2014).

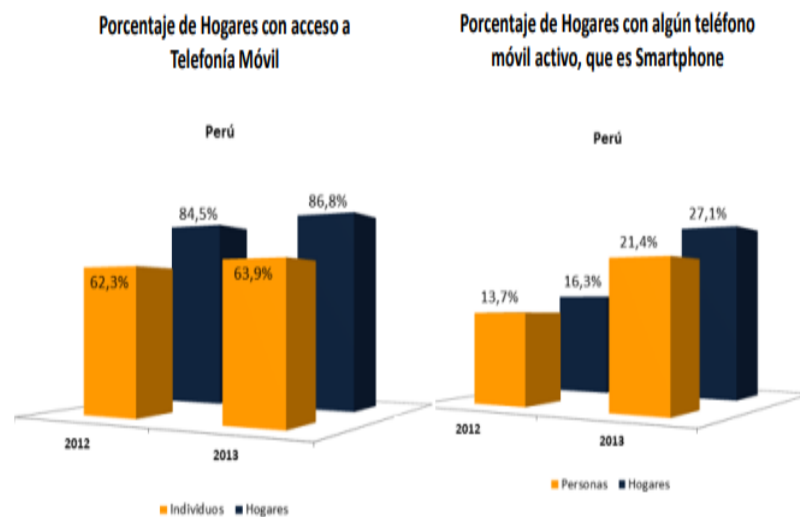


Figura 9. Porcentaje de hogares con acceso a telefonía móvil y dispositivos móviles

Fuente: Imagen descrita en OSIPTTEL para conocer el porcentaje de hogares con acceso a telefonía.

Los operadores nacionales junto con el gobierno peruano han realizado diversos acuerdos para poder enfrentar la demanda de la población rural, combinando de manera eficaz y eficiente sus recursos, determinando que la implementación de una infraestructura *RAN Sharing* entre operadores, es la más rentable y óptima para mejorar y ampliar el servicio de telefonía móvil. Hasta el año 2019, la tecnología más avanzada en nuestro país era la red 4G que, si bien tenía altas velocidades de navegación, no lograba cubrir la demanda de los peruanos en cuanto a velocidad de descarga y más información transferida. Por esa razón debía implementarse la red 5G para multiplicar por 50 la necesidad de espectro para conectar con hasta 100 dispositivos más por metro cuadrado (Aguilar, 2019).

Producto de esta necesidad, el MTC, a través de sus líderes como José Aguilar, director general de Políticas y Regulación en Comunicaciones, comunicó que en aquel año se empezó a desarrollar los “lineamientos para el desarrollo de nuevos servicios y tecnologías digitales”.

Entre estos lineamientos, el MTC busca fomentar que las operadoras compartan infraestructura para instalar sus antenas, esto con la finalidad de reducir el número elevado de antenas existentes y también, para aprovechar las ya existentes en zonas alejadas del país y así aumentar la cobertura en estos lugares; dándose así un primer acercamiento al *RAN Sharing*.

Con respecto a la propuesta del MTC, la Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional (AFIN) mediante su máximo representante Juan Pacheco, mencionó que la alternativa del *RAN Sharing* debe darse de forma voluntaria y recíproca entre las operadoras implicadas.

Las operadoras Telefónica del Perú y Entel respaldan la propuesta del MTC, considerando que el uso compartido de la infraestructura es positivo, razón por la que esperan que se brinde los mecanismos e incentivos necesarios para que la *RAN Sharing* empiece a efectuarse para usar de forma más eficiente los recursos existentes y consecuentemente, generar mayor competencia en zonas vulnerables, lugares a los que difícilmente llega una cobertura de calidad.

Es así como, en el año 2020, en medio del contexto por la pandemia de COVID-19, el MTC permite que las empresas mencionadas compartan sus antenas de servicios móviles bajo el modelo de *RAN Sharing* para el uso más eficiente de la infraestructura de telecomunicaciones.

El 24 de febrero de 2021 se publicó en el Diario Oficial El Peruano la Resolución Ministerial N°136-2021-MTC/01 que dispone el proyecto de “Decreto Supremo que aprueba la Norma que Regula la Compartición de Infraestructura Activa de la Red de Telecomunicaciones”.

Este proyecto representa el cimiento del marco normativo para implementar el *Radio Access Network Sharing*, o *RAN Sharing*, en el Perú en la actual brecha de infraestructura del país dado que la situación actual ocasiona que, un aproximado de 58% de localidades a nivel nacional no tengan acceso al servicio de telefonía móvil (Gonzalez, 2021).

Ante este hecho, sale a la luz la cuestión de por qué, en pleno siglo XXI persiste esta situación en nuestro país, por lo que dado nuestro contexto se concluye que se debe a la negativa de los gobiernos locales y regionales a otorgar licencias a las empresas operadoras y, por otro lado, también se considera el costo alto que representa implementar este tipo de infraestructuras.

Adicionalmente a esto, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones considera que otra problemática es también la negativa por parte de las empresas operadoras a alquilar o compartir su infraestructura, lo cual también perjudica al funcionamiento de la tecnología 5G ya que esta requiere aproximadamente 180 000 antenas (Diario Gestión, 2020).

Es por eso que el MTC busca utilizar de manera más eficiente la infraestructura ya existente de las operadoras a través del *RAN Sharing* con el objetivo de que todas las compañías mejoren su cobertura, calidad y capacidad de servicios móviles (MTC, 2020).

De la misma forma el MTC está asumiendo un rol protagónico para garantizar el cumplimiento de los acuerdos que se dé entre el operador de red de origen, el que necesita la infraestructura, y el operador de la red

visitada, el que posee la infraestructura; todo esto con el Proyecto que presentó porque posee posibles acuerdos de acceso y uso compartido de la infraestructura activa de la red de comunicaciones.

A pesar de esto, hay que recordar que con este proyecto no se está obligando a los operadores a llegar a un acuerdo de manera obligatoria, pero de darse, el proyecto estipula disposiciones que los operadores sí están obligados a cumplir como son: cláusulas mínimas de acuerdo, la obligación de informar sobre la negociación y sus resultados y la obligación de registrar el acuerdo en el “Registro de Compartición de Infraestructura Activa”.

Después de todo este análisis, se puede decir que la implementación del *RAN Sharing* está cada vez más cerca en nuestro país.

2.3. Definición de términos básicos

- Red de Acceso

Es el segmento de la red de telecomunicaciones que brinda conexión a los usuarios finales de la red del proveedor. Se extiende desde la estación celular hasta la ubicación del usuario final. Esta red está compuesta por enlaces que pueden ser cable coaxial, cobre, fibra óptica, satélite, etc. (Philco, 2017).

- Bps

Bytes por segundo está referido a la velocidad de transmisión de datos, indica el número de bits que se transfieren en el intervalo de un segundo por medio de cualquier medio de transmisión (Pfaffenberger, 1990).

- Software

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) define software como el conjunto total de programas, procedimientos, documentación y datos pertenecientes a un sistema computarizado.

- Hardware

Pertenece a todas las partes tangibles de un sistema de cómputo, es decir sus componentes electrónicos, eléctricos y mecánicos; o cualquier otro elemento físico involucrado (Lombardero, 2009).

- Servicio 2G

GSM es un sistema de comunicaciones móviles digital que constituye la segunda generación (2G) de sistemas móviles. Puede ser caracterizado como un sistema móvil celular digital de telefonía por radio (Ccahuana, 2018).

- Servicio 3G

Esta tecnología móvil de tercera generación marcó el salto en la telefonía a la era digital porque trajo consigo la transmisión de datos, vídeos y voz sin necesidad de cables. Esta tecnología también permitió conectarse a internet por medio de un módem USB. Alcanza una velocidad máxima de 2 MBps y ofrece mayor estabilidad en comparación con la tecnología 2G (Blasco, 2016).

- Servicio 4G

La tecnología 4G es la tecnología estándar usada en la mayoría de los países, alcanza una velocidad hasta 100MBps. Esta permite reproducir contenido HD y facilita las transmisiones en vivo con diferencias de segundos. Hay que considerar que no todos los equipos, entre Smartphone, tarjetas SIM y Smart TV, están preparados para este tipo de tecnología. Este tipo de conexión se basa en la convergencia de redes y cables inalámbricos por lo que mantienen una calidad de servicio de cualquier clase y de alta seguridad en cualquier momento, lugar y con menor costo (Blasco, 2016).

- Servicio 5G

Javier Flores, Licenciado en Ciencias Ambientales y director digital de *National Geographic* España, describe a la quinta generación de redes móviles que representa mejoras en el ancho y latencia de la banda, lo cual significa un mejor servicio. Bien puede decirse que el 5G trae consigo un avance significativo para el mundo porque permite navegar a velocidades de hasta 10 Gbps por segundo, lo cual es 10 veces más rápido que las actuales ofertas nos ofrecen, además la latencia refleja un cambio significativo por lo que podremos ver transmisiones en vivo con una diferencia de microsegundos, lo cual es casi imperceptible.

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis principal

Al ser una investigación de nivel descriptivo - explicativo, no se formulan hipótesis en tanto no se pretende hallar la relación de asociación y puramente de causa – efecto entre las variables de estudio, sino al contrario se describió el estado actual del servicio móvil en el lugar de estudio y a partir de ello, se presenta como propuesta de solución, la implementación del RAN Sharing, con la expectativa de que en el futuro esto permita la optimización de este.

3.1.2 Hipótesis secundarias

Al ser una investigación de nivel descriptivo - explicativo, no se formulan hipótesis en tanto no se pretende hallar la relación de asociación y puramente de causa – efecto entre las variables de estudio, sino al contrario se describió el estado actual del servicio móvil en el lugar de estudio y a partir de ello, se presenta como propuesta de solución, la implementación del RAN Sharing, con la expectativa de que en el futuro esto permita la optimización de este.

3.2 Variables

3.2.1 Definición conceptual de las variables

Variable 1: RAN Sharing

Radio Access Network Sharing según sus siglas en inglés, puede traducirse como “Red de acceso compartido por radio”. Se trata de la compartición de red representativa en 3G, 4G, 5G, en donde está incluida la infraestructura de servicio móvil de la red de acceso entre dos o más operadores distintos, esto con la finalidad de proveer servicios móviles de mayor calidad, disminuir costos de equipos, licencias y permisos (Huayta, 2021).

Variable 2: Servicio móvil

Conocida también como telefonía móvil o telefonía celular, es un servicio de conexión a la red pública mediante red inalámbrica por la que los usuarios pueden realizar y recibir llamadas telefónicas o vídeo llamadas, enviar y recibir mensajes de texto y tener acceso a Internet a través de la transferencia de datos (Tarín, 2020).

3.2.2 Operacionalización de las variables

Tabla 1. Operacionalización de las variables

VARIABLE 1	DIMENSIONES
Propuesta de Implementación del RAN Sharing	Situación actual
	Requerimientos técnicos
	Tipos de compartición de estructura móvil
	Rentabilidad
Definición:	
Se trata de la compartición activa de red representativa, en donde está incluida la infraestructura de servicio móvil de la red de acceso entre dos o más operadores distintos, esto con la finalidad de proveer servicios móviles de mayor calidad, disminuir costos de equipos, licencias y permisos (Huayta, 2021).	
VARIABLE 2	DIMENSIONES
Servicio móvil	Generación 3G
	Generación 4G
Definición	
Es un Servicio Final de Telecomunicaciones del servicio móvil terrestre que permite a los usuarios comunicarse mediante voz, mensajes de texto, video llamada, internet, etc. de manera inalámbrica generalmente a través de teléfonos o módem celulares (Arcotel, 2022).	

Fuente. Elaboración propia

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo y nivel

El estudio presentado es de tipo aplicado, al respecto Paucar (2020) ha precisado que una investigación aplicada se dirige “(...) a la obtención de tecnología destinada a la solución de los problemas urgentes que afronta la sociedad (...)” (p.163). Por su parte, Murillo citado por Vargas (2009) refiere que toma el nombre de investigación empírica o práctica y se caracteriza por aplicar los conocimientos adquiridos o implementarlos, basados en la investigación. En virtud de ello, esta investigación planteó la implementación del *RAN Sharing* para lograr la optimización del servicio móvil en los usuarios de la comunidad campesina Santa Rosa de Chontay - Cieneguilla, 2022, y de este modo solucionar el problema de la mala conectividad en el lugar.

Esta tesis además tuvo un nivel descriptivo – explicativo. De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), el nivel de investigación es denominado alcance. Entonces, la tesis tuvo un alcance descriptivo-explicativo, dado que se contempló la determinación de las causas de los fenómenos, generando un sentido de entendimiento y estructura. Por esto señala que estos estudios “van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales” (p. 95). De esta manera este estudio fue descriptivo-explicativo porque buscó describió caracterizó las variables de estudio, para luego proponer la implementación del *RAN Sharing* sobre el servicio móvil en el lugar.

4.2 Diseño de investigación

La investigación utilizó el diseño no experimental en tanto no se manipularon las variables de estudio, sino únicamente se estudió el fenómeno problemático y se planteó una propuesta de solución (Paucar, 2020). El tipo de diseño no experimental utilizado fue el diseño transversal, para Liu y Tucker es aquel diseño en el que los datos son recolectados en un solo momento (Hernández et al., 2014); a partir de ello, es preciso señalar que los datos presentados para la simulación fueron extraídos en un solo momento.

4.3 Población y muestra

Al respecto el Profesor Lepkowski citado por Hernández et al. (2014) explica que “(...) una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (Hernández et al., 2014); en ese sentido *la población* se conformó por todas las viviendas de la comunidad campesina Santa Rosa de Chontay, de los cuales *la muestra* que “(...) es, en esencia, un subgrupo de la población” (Hernández et al., 2014); lo constituyen las 205 viviendas identificadas por el INEI.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Tipos de técnicas e instrumentos

Se utilizó la técnica de la observación, según Hernández et al. (2014) es aquella técnica que consiste en la fijación del fenómeno para el registro posterior de sus caracteres. En el presente estudio

4.4.2 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

La técnica de la observación es una técnica validada por el método científico, de ahí su nivel de fiabilidad.

4.4.3 Procedimientos para la recolección de datos

Primero: Se realizó el diagnóstico de las antenas existentes en el lugar.

Segundo: Se identificó las antenas disponibles para la compartición.

Tercero: Se realizó la simulación con las antenas identificadas.

Cuarto: Se seleccionó la antena y el operador de compartición.

4.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Para el procesamiento y análisis de los datos se utilizó el Software XIRIO Online, por ser una herramienta fácil y económica para la realización de cálculos radioeléctricos, además por permitir compartir y publicar los resultados en la red sin necesidad de disponer de herramientas de planificación ni cartografía digital propias.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Diagnóstico y situación actual

5.1.1 Antecedentes

Tras la pandemia, el servicio móvil en Perú se incrementó notablemente, esto como reflejo de las nuevas modalidades de trabajo y educación producto de la pandemia por COVID-19. Es así como, al cierre del primer semestre del 2021, Perú alcanzó más de 41,22 millones de líneas activas, lo cual representa un aumento de 11,2% con relación a los primeros seis meses del 2020 (Osiptel, 2021).

Según PUNKU, la herramienta informática de reportes estadísticos del mercado de telecomunicaciones, entre enero y marzo del 2021 se dio un aumento significativo de 2,6% en comparación al mismo periodo del 2021; este porcentaje representa más de un millón de líneas que se activaron en el primer trimestre del año en mención.

Todo esto ha generado mayor competencia comercial en cuanto a las ofertas que las empresas de telecomunicaciones ofrecen a los usuarios, por lo que se puede encontrar ofertas aptas para todas las necesidades y bolsillos.

Respecto a la zona rural que es de interés de esta investigación; según reportes del Instituto Nacional de Estadística e Informática, al término del tercer trimestre del 2021, el acceso al servicio de internet aumentó de 11,4% a 20,7%. Del total de población del área rural que tiene acceso al servicio de internet, el 48% es mayor de 6 años, lo cual supone que la demanda responde a la necesidad de educación. Así mismo, según los últimos reportes publicados por el INEI, el acceso a internet a través de los teléfonos móviles al año 2021 aumentó en 9,2%.

Después de revisar la escasa información que existe en los registros oficiales y prensa en general sobre el servicio móvil en zonas rurales de Perú, se hace evidente que esta población está desatendida de esta necesidad y dada la demanda, en diciembre del 2021, el MTC presentó una relación de distritos, caseríos y localidades que serán beneficiados con la modalidad canon por cobertura, cuya inversión alcanzaría los 97 millones de soles, beneficiando a 23 000 habitantes de 18 regiones del país.

Según el viceministro de comunicaciones Virgilio Tito Chura, las empresas operadoras de telefonía móvil tienen el compromiso de desplegar 172 antenas 4G de servicio móvil o fijo como parte de la aplicación del mecanismo de canon por cobertura que corresponde al presente año (MTC, 2022).

De este proyecto, el 74,4% del total de antenas se instalarán en zonas rurales de Cusco, Huancavelica, Cajamarca, Ayacucho y Piura en respuesta a la demanda de estos departamentos.

El resto se instalará en regiones que incluyen Apurímac, Puno, Áncash, Huánuco, Amazonas, La Libertad, Arequipa, Junín, Lima, Loreto, Moquegua, Pasco y Ucayali. Con relación a las empresas operadoras, Entel instalará 60 antenas, Movistar 47, Bitel 37 y Claro 28.

Las localidades que recibieron por primera vez este beneficio fueron Chunatahua de Huánuco, Yacari Tisñachuro de Puno y Chilac N°8 de Cajamarca, cuya población accedió por primera vez a Internet, dándose así un primer paso para que su población, sobre todo sus niños y adolescentes, tengan las mismas oportunidades que la población de zonas urbanas.

Para fortalecer la competencia en el mercado de los servicios públicos móviles, se crea la Ley N°30083: Mediante la presente ley, publicada en el diario oficial El Peruano el 22 de setiembre de 2013 y su reglamento, aprobado mediante Decreto Supremo N°004-2015-MTC, 4 de agosto de 2015, el Estado hace suyo los esfuerzos para fortalecer la competencia, dinamizar y expandir el mercado de los servicios públicos móviles mediante la incorporación de dos (02) nuevos actores, los Operadores Móviles Virtuales, OMV, y los Operadores de Infraestructura Móvil Rural, OIMR, considerando sus operaciones como de interés público y social, y por lo tanto obligatoria, (Congreso de la República del Perú, 2013a).

Aunque, a decir verdad, hay mucho trabajo por realizar para reducir la brecha ya que según señaló el MTC, se está trabajando para conectar a 13,010 instituciones educativas de zonas rurales.

La cobertura en zonas rurales en el país es una problemática vigente y se identificaron como problemas los siguientes aspectos: i) no existen normas peruanas que pretendan planificar la expansión de cobertura; ii) no se poseen normas que consideren que la mejor cobertura móvil permite un mejor acceso

a la salud y la seguridad; iii) no se poseen procesos agilizados para la obtención de permisos, o peor aún, el Estado se resiste al otorgamiento de permisos; iv) la zona de Santa Rosa de Chontay, por su geografía, es de difícil acceso para la obtención de señal, tierra e infraestructura. Lo anterior se puede mejorar bajo el procedimiento de la Figura 10:

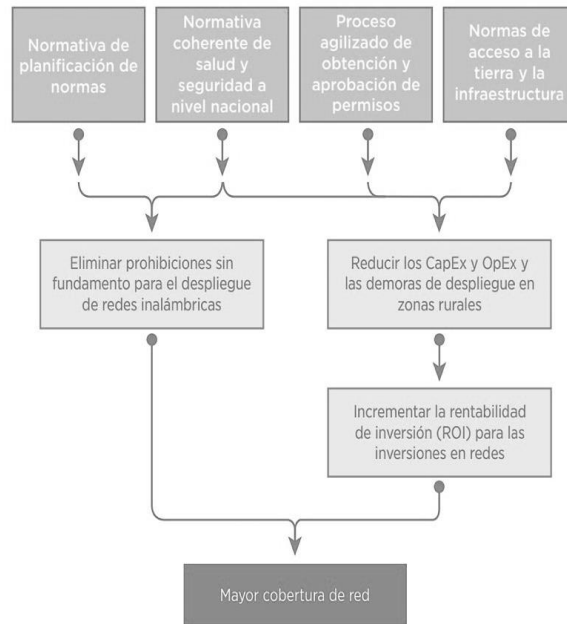


Figura 10. Propuesta ante dificultad de cobertura

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Generalidades

La ubicación del proyecto a implementar fue la localidad de Santa Rosa de Chontay, que se encuentra ubicado entre el distrito de Antioquía y Cieneguilla, departamento de Lima. Se fundó en la época en la que Perú fue colonia española, allá por el año 1630 después de Cristo, pero no fue hasta 1990 que se reconoció oficialmente.

Al hablar de su población, esta se encuentra asentada en las orillas del Río Lurín, por lo que es importante reconocer que el proyecto a implementar debe darse de forma aledaña a este río, dentro de la comunidad campesina.



Figura 11. Lugar de estudio.

Fuente: Elaboración propia

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI,2017), en el Censo Nacional realizado en el 2017, indica que la Comunidad Campesina de Santa Rosa de Chontay cuenta con un total de 155 pobladores censados y un total de 205 viviendas particulares (ver Figura 12).

PROVINCIA DE LIMA					
CÓDIGO DE UBICACIÓN GEOGRÁFICA	DEPARTAMENTO, PROVINCIA, DISTRITO Y COMUNIDAD	PUEBLO INDÍGENA U ORIGINARIO DECLARADO	IDIOMA O LENGUA INDÍGENA U ORIGINARIA ^{1/}	POBLACIÓN CENSADA	VIVIENDAS PARTICULARES ^{2/}
1501	PROVINCIA DE LIMA			615	385
150109	DISTRITO CIENEGUILLA			155	205
	SANTA ROSA DE CHONTAY	-	CASTELLANO	155	205
150123	DISTRITO PACHACÁMAC			460	180
	COLLANAC	-	CASTELLANO	359	123
	SANTA ROSA DE MANCHAY	-	CASTELLANO	101	57

Figura 12. Población Censada de la Comunidad Campesina Santa Rosa de Chontay

Fuente: INEI – III Censo de Comunidades Indígenas 2017: III Censo de Comunidades Nativas y I Censo de Comunidades Campesinas.

Este lugar cuenta con un clima cálido, debido a ello existe gran presencia de cañas en las riberas del río, que son aprovechadas por los pobladores de la comunidad para dedicarse a la cestería, principalmente para la elaboración de esteras o las ancestrales trampas de camarones que son muy útiles en épocas de lluvias. La implementación de un sistema que optimice los servicios móviles permitirá a los ciudadanos promocionar los productos y servicios que ofrecen por internet.

Se eligió esta localidad para el estudio debido a que cumplía con los escenarios de la problemática planteada sobre la cobertura móvil en zonas rurales y, a su vez, al encontrarse cerca de Lima, su fácil acceso hizo que pueda ser conveniente para cualquier verificación en sitio o estudio de campo necesario.

En cuanto a la ubicación del estudio se tuvo:



Figura 13. Ubicación del lugar de estudio

Fuente: Google Maps.

En la Figura 14 se visualiza una vista satelital del lugar de estudio obtenida gracias a *Google Maps*.

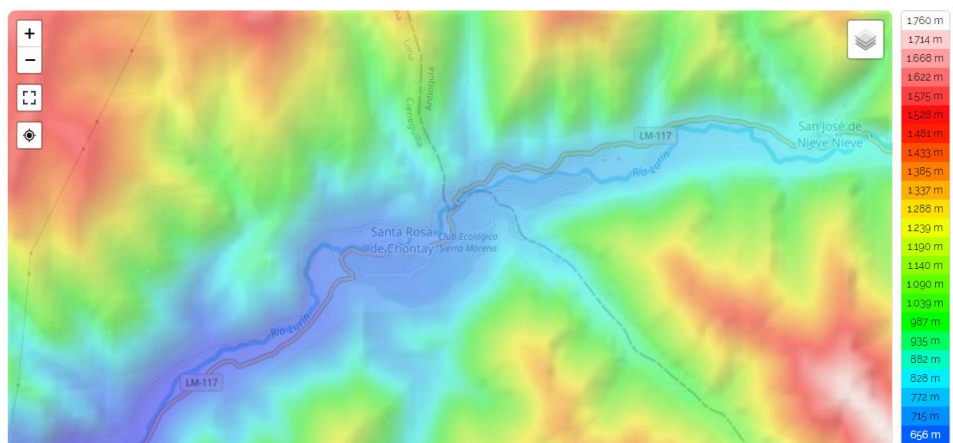


Figura 14. Mapa topográfico del lugar del estudio

Fuente: Google Maps.

En la Figura 14, se puede apreciar el mapa topográfico de la zona de estudio, esta imagen nos indica que la zona de estudio está ubicada en un intervalo de 715 y 882 metros sobre el nivel del mar.

La localidad de Santa Rosa de Chontay, que se encuentra en el distrito de Cieneguilla. Se tomará como referencia las siguientes coordenadas para el lugar de estudio: -12.028308,-76.699535. Se fundó en la época en la que Perú fue colonia española, allá por el año 1630 después de Cristo, pero no fue hasta 1990 que se reconoció oficialmente como Comunidad Campesina.

La situación actual del servicio móvil en los usuarios de la Comunidad Campesina de Santa Rosa de Chontay ubicados es que no cuentan con cobertura móvil y que los pobladores ubicados en zonas aledañas cuentan con una débil señal de servicios móviles como lo son las redes 2G y 3G. Esto se pudo corroborar con las herramientas digitales (página web) que nos brinda el Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones – OSIPTEL. La implementación del *RAN Sharing* será capaz de optimizar el uso de estas redes, aumentando hasta 7 veces su velocidad de conexión.

La cobertura en zonas rurales en el país es una problemática vigente, la misma que ha identificado como problemas de expansión los siguientes: i) no existe normas peruanas que pretendan planificar la expansión de cobertura; ii) no se posee normas que consideren que la cobertura permite un mejor acceso a la salud y la seguridad; iii) no se posee procesos agilizados para la obtención de permisos, o peor aún, el Estado se resiste al otorgamiento de permisos; iv) la zona de Santa Rosa de Chontay es de difícil acceso para la obtención de señal a tierra e infraestructura.

Se verifica a través de los datos brindados por la página web de OSIPTEL (Figura 15) que la zona de Santa Rosa de Chontay corresponde a una en la que no existe cobertura móvil.

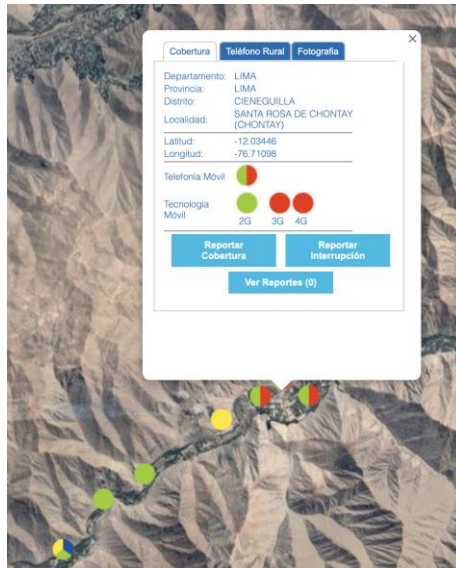


Figura 15. Cobertura en Santa Rosa de Chontay
Fuente: Servicios Web Osiptel

5.2 Presentación de resultados

5.2.1 Simulación de cobertura de transmisión

Se identificaron 4 transmisores en la comunidad de Santa Rosa de Chontay, cuya ubicación perteneciente a los operadores Bitel, Movistar y Claro puede verse en la Figura 16:

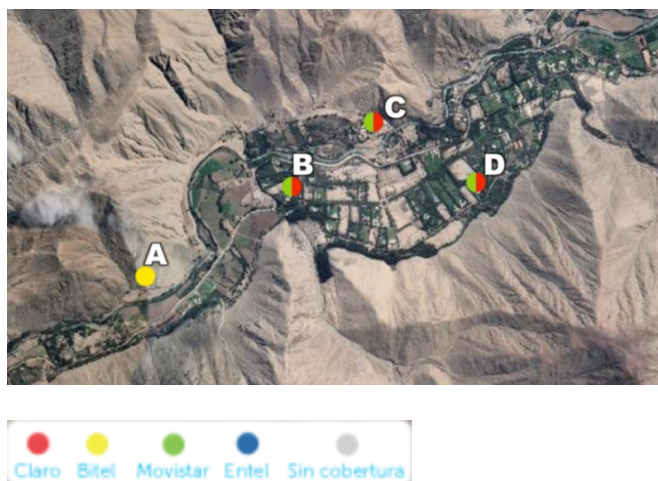


Figura 16. Transmisores en la comunidad de Santa Rosa de Chontay
Fuente: Servicios Web OSIPTEL

El punto A, de color amarillo, nos dio la ubicación del transmisor del operador Bitel, el cual cuenta con cobertura de telefonía móvil con tecnología 3G y 4G. Los puntos de color verde y rojo nos dan la ubicación de los transmisores de Claro y Movistar. En el punto B existe cobertura de telefonía móvil de los operadores Claro y Movistar, tecnología móvil de 3G, y 4G solo del operador Claro. En el punto C hay cobertura de telefonía móvil de los operadores Claro y Movistar, con tecnología móvil de 2G del operador Movistar y tecnología móvil 3G y 4G del operador Claro. Cabe resaltar que el punto C cuenta con una ubicación estratégica por estar casi al centro de la zona poblada. Por último, en el punto D existe también cobertura de telefonía móvil de los operadores Claro y Movistar, tecnología móvil de 2G del operador Movistar y tecnología móvil de 3G y 4G del operador Claro.

En síntesis, la Comunidad de Santa Rosa de Chontay solo tiene acceso a la cobertura de operador de Movistar con tecnología 3G, Bitel y Claro en tecnología 4G. El operador Entel no tiene cobertura en la zona, por eso, se debe mejorar los servicios móviles y además mejorar la tecnología del operador Movistar.

Se planteó implementar el *RAN Sharing* para la optimización del servicio móvil en los usuarios de la comunidad, teniendo como base la estación del operador Bitel que se ubica en el punto A y la otra estación base será la que comparten Claro y Movistar en el punto C, sobre estos se co-ubicara al operador Entel, por las siguientes razones:

- El operador Entel debe ampliar su cobertura hasta la Comunidad de Santa Rosa de Chontay por ser una zona de alto tránsito.
- La presencia de Entel beneficia a la comunidad de Santa Rosa de Chontay con un mejor acceso a los servicios móviles que le puede ofrecer el operador.
- Haciendo uso del *RAN Sharing* se puede compartir la infraestructura de red que ya existe en la zona para realizar este proceso de la manera más eficiente posible.

Para esta implementación se deben tener en cuenta los requisitos básicos para la compartición óptima de la infraestructura móvil, así los dos operadores

deben trabajar en la misma banda de frecuencia porque se compartirán recursos de transmisión y recepción. A continuación, en la Tabla 2, se muestran las bandas de frecuencia:

Tabla 2.

Bandas de frecuencia de operadores móviles.

OPERADOR	Frecuencia 2G	Frecuencia 3G	Frecuencia 4G	Frecuencia 5G
CLARO	B2 (1900 MHz) B5 (850 MHz)	B5 (850 MHz)	B2 (1900 MHz) B7 (2600 MHz) B28a (700 MHz)	n78 (3500 MHz)
ENTEL	B2 (1900 MHz) B5 (850 MHz)	B2 (1900 MHz)	B4 (1700/2100 MHz AWS 1) B28a (700 MHz)	n78 (3500 MHz)
MOVISTAR	B2 (1900 MHz) B5 (850 MHz)	B5 (850 MHz)	B4 (1700/2100 MHz AWS 1) B28a (700 MHz)	n78 (3500 MHz)
BITEL		B2 (1900 MHz) B8 (900 MHz)	B8 (900 MHz) B7 (2600 MHz)	

Fuente: OSIPTEL.

Como podemos ver el operador Claro puede compartir la infraestructura en tecnología 2G con el operador Entel en las Bandas de frecuencia B2 (1900 MHz) y B5 (850 MHz); y en tecnología 2G en la Banda B28a (700 MHz). A la vez, el operador Bitel puede compartir infraestructura en tecnología 3G con el operador Entel en la Banda de Frecuencia B2 1900 MHz.

a) Ubicación de las antenas

En Santa Rosa de Chontay se observó infraestructura del operador Bitel con tecnología móvil de 3G y 4G, y también se observó la infraestructura del operador Claro que comparte infraestructura con el operador Movistar en tecnología móvil 2G, 3G y 4G, tal como se observa en la Figura 17.



Figura 17. Ubicación de las antenas de Bitel y Claro en Santa Rosa de Chontay

Fuente: Google Earth.

Los pines de color amarillo muestran en la figura las ubicaciones de las antenas existentes. La antena del operador Bitel se encontró en las coordenadas de latitud $12^{\circ}02'20.03''S$ y longitud $076^{\circ}43'20.90''O$. La antena del operador Claro se encontró en las coordenadas de latitud $12^{\circ}01'59.86''S$ y longitud $076^{\circ}42'31.55''O$. Para lo cual se propone establecer el RAN Sharing en una de estas dos torres.

Como mencionamos anteriormente debimos fijarnos en las bandas de frecuencia de cada operador. El operador Entel es compatible con Bitel en tecnología móvil 3G en la banda de frecuencia B2 (1900 MHz); y con el operador Claro en tecnología 4G en la banda de frecuencia B28a (700 MHz).

b) Simulación de transmisión

La simulación se realizó con el software XIRIO® Online, especializado en la simulación profesional de cobertura radioeléctrica, para elegir la infraestructura a compartir al operador Entel. Estas simulaciones cubren los

parámetros de *Downlink* y *Uplink* a la vez. Los resultados nos ayudaron a formular las recomendaciones.

En la Figura 18, se muestra el área de cálculo que se tomó en cuenta para realizar la simulación, que cubre la comunidad campesina de Santa Rosa de Chontay:



Figura 18. Área de cálculo utilizado para la simulación de transmisión

Fuente: Imagen captada del software XIRIO® Online.

El área de cálculo está delimitada por las coordenadas que se muestran en la Figura 19:

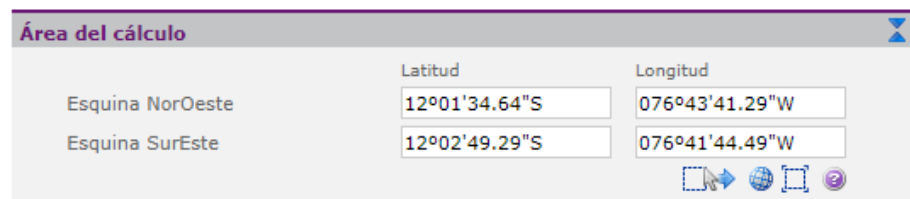


Figura 19. Coordenadas del área de cálculo.

Fuente: Imagen que describe el área de cálculo tomada del software XIRIO® Online.

b.1) Primero se realizó la simulación para la ubicación de la antena del operador Bitel que se encuentra en las coordenadas de latitud 12°02'20.03"S y longitud 076°43'20.90"O, estos datos son alimentados al software XIRIO® Online, tal como podemos ver en la Figura 20:

Coordenadas

Latitud:

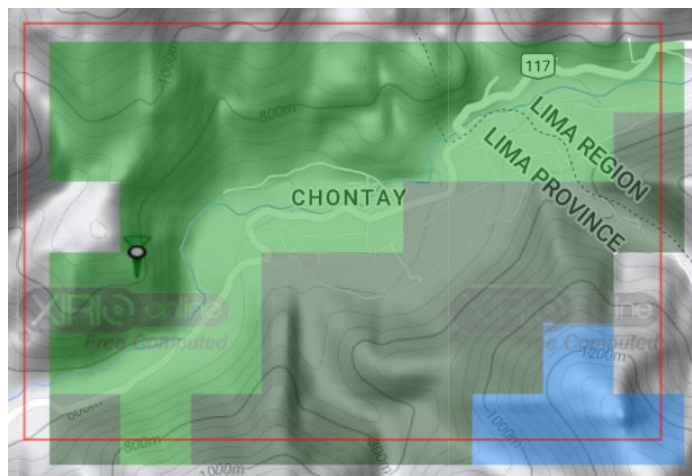
Longitud:

Figura 20. Coordenadas de la ubicación de la antena del operador Bitel

Fuente: Software XIRIO® Online.

Para esto, se consideraron los parámetros de radio estándar en el sistema para el servicio UMTS FDD, con una antena 3G de 17,5 dBi 65° de polarización cruzada a una altura de 30 metros. La Frecuencia de transmisión 3G es de 1900 MHz; un cable de alimentación de 5 metros con pérdidas de 1 dB, y perdidas pasivas de 3 dB. Con una potencia de 43 dBm (20 watts). Para los parámetros del terminal de usuario se consideró una altura de 1.5 metros y una potencia de salida 23 dBm (200 mW).

La simulación presentada en la Figura 21 mostró la cobertura de transmisión de la señal que tendría Entel compartiendo infraestructura con el operador Bitel. La cobertura es buena.



Color	Range	Description
	[-110.00 , -100.00) dBm	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
	[-100.00 , -90.00) dBm	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
	[-90.00 , Infinity) dBm	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>

Figura 21. Simulación de transmisión Entel utilizando la infraestructura del operador Bitel con tecnología móvil 3G

Fuente: Simulación en el Software XIRIO® Online

b.2) Luego se realizó la simulación para compartir con Entel la infraestructura de Claro 4G ubicada en las coordenadas de latitud $12^{\circ}01'59.86''S$ y longitud $076^{\circ}42'31.55''O$, las que se ingresaron en el software como se muestra en la Figura 22:

Coordenadas

Latitud:

Longitud:

Figura 22. Coordenadas de la ubicación de la antena del operador Claro
Fuente: Simulación de coordenadas de ubicación en el Software XIRIO® Online.

En la Figura 23 se muestra la simulación de transmisión utilizando la infraestructura del operador Claro con tecnología móvil 4G en la banda de 1900 MHz.

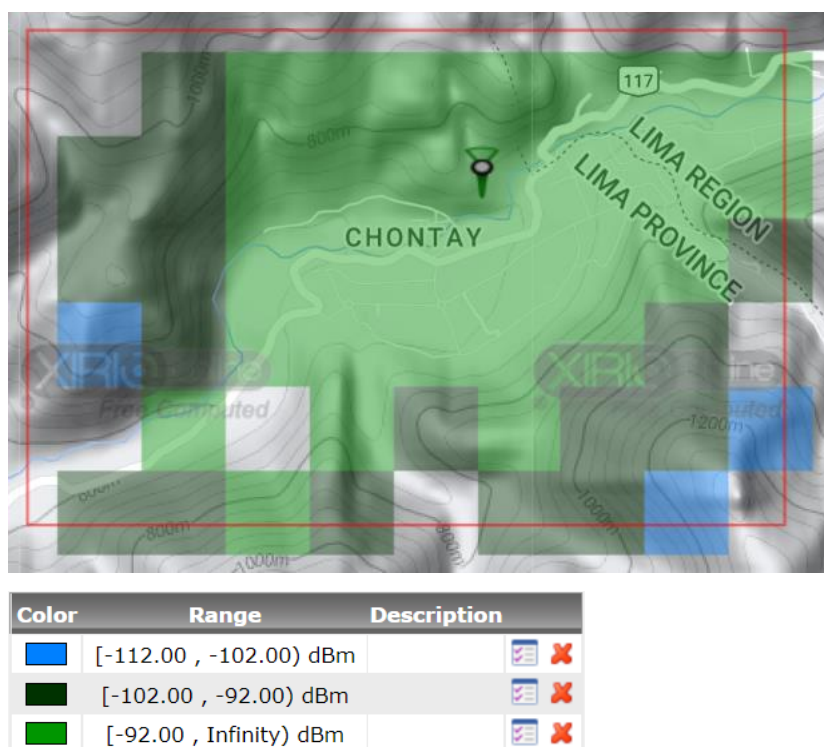


Figura 23. Simulación de transmisión Entel utilizando la infraestructura del operador Claro con tecnología móvil 4G

Fuente: Simulación de la transmisión en el Software XIRIO® Online.

Para esto, se consideraron los parámetros de radio estándar en el sistema para el servicio LTE, con una antena 4G de 17,5 dBi 65° de polarización cruzada a una altura de 30 metros. La Frecuencia de transmisión en este caso se ingresó manualmente ya que el software no contempla la banda B28a para 4G, con los parámetros correspondientes al operador Claro que cuenta con un ancho de banda de 15 MHz y las frecuencias 718MHz-733MHz/773MHz-788MHz; un cable de alimentación de 5 metros con pérdidas de 1 dB, y pérdidas pasivas de 3 dB. Con una potencia de 43 dBm (20 watts). Para los parámetros del terminal de usuario se consideró una altura de 1.5 metros y una potencia de salida 23 dBm (200 mW).

b.3) Se eligió la torre propuesta para que el operador Entel use el *RAN Sharing* e ingrese a ofrecer cobertura en la Comunidad de Santa Rosa de Chontay teniendo en cuenta ambas simulaciones, considerando la infraestructura existente del operador Bitel y Claro; se apreció que desde la torre del operador Bitel se tiene mayor alcance pero con menor calidad de transmisión a un valor de banda de frecuencia de B2 (1900 MHz), también debemos tener en cuenta que es con tecnología móvil 3G. Observando la simulación del operador Claro, se vio un alcance poco menor en general, pero una mejor calidad de cobertura concentrada en la banda de frecuencia de 700 MHz, adicionalmente, esta cuenta con tecnología móvil de 4G y, además, la densidad poblacional es mayor en el área que cubre esta antena, teniendo así un mayor impacto en el beneficio a las personas de la comunidad.

Por lo tanto, para la implementación del *RAN Sharing* se propone la compartición de la torre del operador Claro con antena de tecnología móvil 4G, cuya banda es compatible en banda de frecuencia con el operador Entel, el cual permitirá la conectividad del hermoso valle de Santa Rosa de Chontay que se muestra en la Figura 23.

c) Cálculos de cobertura

A continuación, se detallan los cálculos realizados para la comprobación de la información obtenida en las simulaciones. Para ello, se utilizó el método

de Okumura – Hata descrito en el capítulo anterior, teniendo en consideración los parámetros de las antenas en cada caso.

c.1) Primero se realizó el cálculo para la ubicación de la antena del operador Bitel que se encuentra en las coordenadas de latitud $12^{\circ} 2'20.03''S$ y longitud $76^{\circ}43'20.90''$. Para esto, considerando un factor de corrección h_m para ciudades pequeñas como es el caso de Santa Rosa de Chontay con la Formula 2, se calculó la pérdida de propagación para áreas urbanas mediante la Formula 1, lo que permitió incorporar este valor en la Formula 5 y obtener el resultado para áreas rurales deseado.

Para la distancia, se considera el punto más alejado de la antena dentro del área de cálculo definida para la simulación que, como se puede ver en la Figura 24, es aproximadamente de 3 Kms.

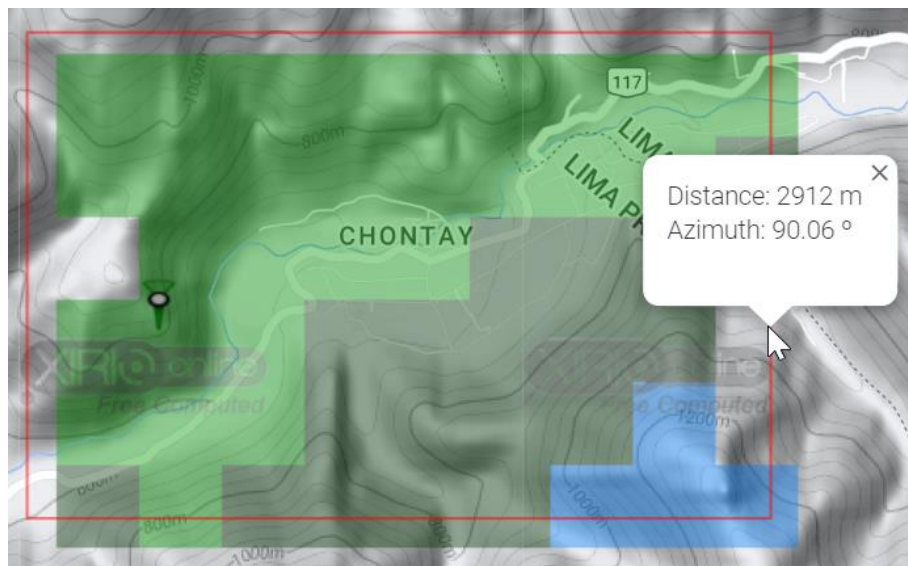


Figura 24. Distancia entre transmisor y receptor para Bitel

Fuente: Simulación de la transmisión en el Software XIRIO® Online

Quedando todos los parámetros definidos de la siguiente manera:

- f : 1900 MHz (frecuencia)
- h_b : 30 m (altura de transmisor)
- h_m : 1.5 m (altura de receptor)
- d : 3 km (distancia entre transmisor y receptor)

Los cálculos son los siguientes:

- Factor de corrección:

Fórmula 6. Cálculo – Factor de corrección

$$a(h_m) = (1.1 \log f - 0.7) \cdot h_m - (1.56 \log f - 0.8) = 0.045$$

- Pérdida de propagación en zonas urbanas:

Fórmula 7. Cálculo – Pérdida de propagación en zonas urbanas

$$L_b(u) = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_b - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \cdot \log d = 151.67 \text{dB}$$

- Pérdida de propagación en zonas rurales:

Fórmula 8. Cálculo – Pérdida de propagación en zonas rurales

$$L_b = L_b(u) - 4.78 \log(f)^2 + 18.33 \log f - 40.94 = 119.44 \text{dB}$$

- Por lo tanto, la pérdida de propagación de la antena de Bitel en 3G es de 119.44dB

Adicionalmente, se observa en la figura 25 que, para la misma simulación, el nivel de señal de Bitel a la misma distancia de 3 Kms es de -141.55 dBm (no hay señal).

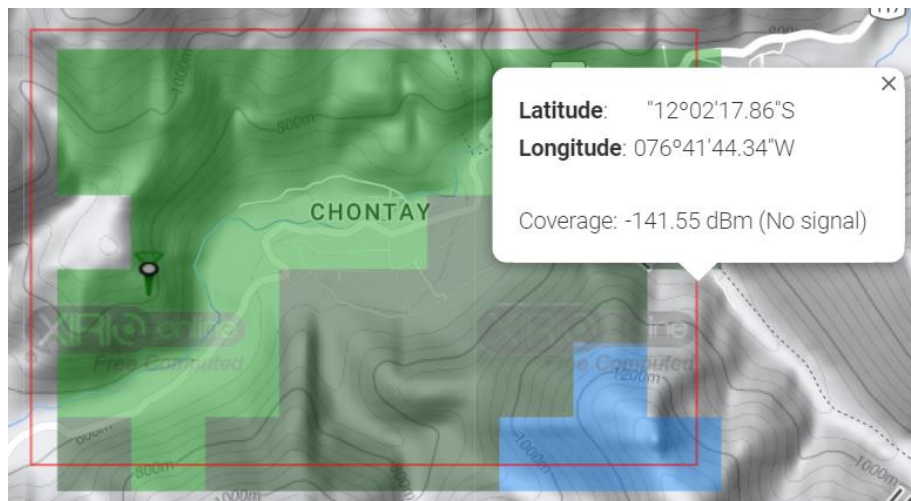


Figura 25. Nivel de señal para Bitel

Fuente: Simulación de la transmisión en el Software XIRIO® Online

c.2) Luego se realizó la simulación para compartir con Entel la infraestructura de Claro 4G ubicada en las coordenadas de latitud $12^{\circ}01'59.86''S$ y longitud $076^{\circ}42'31.55''O$. Para esto, considerando un factor de corrección h_m para ciudades pequeñas como es el caso de Santa Rosa de Chontay con la Formula 2, se calculó la pérdida de propagación para áreas urbanas mediante la Formula 1, lo que permitió incorporar este valor en la Formula 5 y obtener el resultado para áreas rurales deseado.

Para la distancia, se considera el punto más alejado de la antena dentro del área de cálculo definida para la simulación que, como se puede ver en la Figura 26, es aproximadamente de 1.5 Kms.

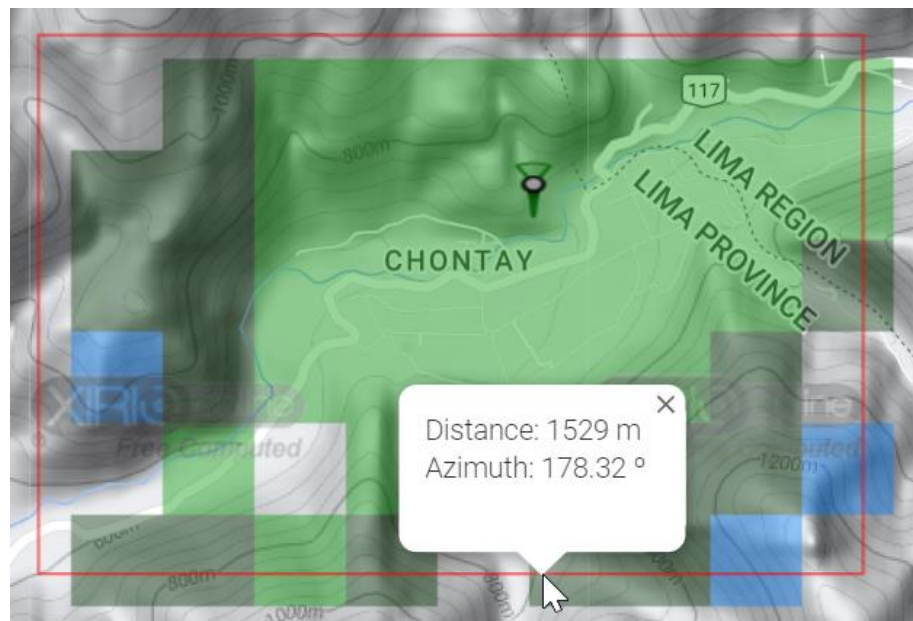


Figura 26. Distancia entre transmisor y receptor para Claro

Fuente: Simulación de la transmisión en el Software XIRIO® Online.

Quedando todos los parámetros definidos de la siguiente manera:

- f : 700 MHz (frecuencia)
- h_b : 30 m (altura de transmisor)
- h_m : 1.5 m (altura de receptor)
- d : 1.5 km (distancia entre transmisor y receptor)

Los cálculos son los siguientes:

- Factor de corrección:

Fórmula 9. Cálculo – Factor de corrección

$$a(h_m) = (1.1 \log f - 0.7) \cdot h_m - (1.56 \log f - 0.8) = 0.006$$

- Pérdida de propagación en zonas urbanas:

Fórmula 10. Cálculo – Pérdida de propagación en zonas urbanas

$$L_b(u) = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_b - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \cdot \log d = 129.76 \text{dB}$$

- Pérdida de propagación en zonas rurales:

Fórmula 11. Cálculo – Pérdida de propagación en zonas rurales

$$L_b = L_b(u) - 4.78 \log(f)^2 + 18.33 \log f - 40.94 = 102.23 \text{dB}$$

- Por lo tanto, la pérdida de propagación de la antena de Claro en 4G es de 102.23dB

Adicionalmente, se observa en la figura 27 que, para la misma simulación, el nivel de señal de Claro a la misma distancia de 1.5 Kms es de -98.07 dBm (si hay señal).

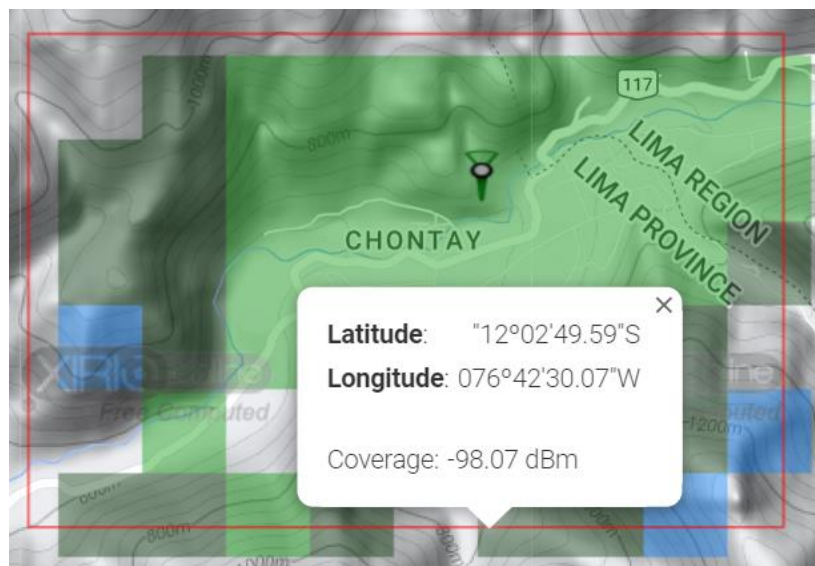


Figura 27. Nivel de señal para Claro

Fuente: Simulación de la transmisión en el Software XIRIO® Online.

c.3) Finalmente, comparando ambos resultados, se pudo ver que la perdida de la antena de Bitel es mayor, lo que confirma los datos obtenidos mediante la simulacion y refuerza la decision de optar por la antena de Claro que, ademas, cuenta con tecnologia 4G.

d) Dimensionamiento de la BTS

A continuación se presenta la Tabla 3 comparativa entre dos fabricantes de BTS o Nodo B necesarios para plantear la mejor propuesta para la implementacion del RAN Sharing. Cabe resaltar que, al ser tecnologia 4G, no requiere una RNC independiente.

Tabla 3.

Comparación entre BTS Huawei y RBS Ericsson

MODELOS	Huawei Indoor Macro Base Station BTS3900	Ericsson Indoor Macro Base Station RBS 6201
CARACTERÍSTICAS	Dimensiones: 900 x 600 x 450 mm Peso: 135 Kg Alimentación: -48V DC, -38.4V a -57V DC Capacidad Modular: - 2 BBU3900 basebands - 6 RFUs - 12 GSM-R carrier Frecuencias: - 880 a 915 MHz y 925 MHz a 960 MHz - 873 a 880 MHz y 918 a 925 MHz	Dimensiones: 600 x 483 x 1435 mm Peso: 215 Kg Alimentación: -48V DC, +24V DC, 100-250 VAC Requerimientos de operación: - Temperatura: +5 a +50 C - Humedad: 5 a 85% Frecuencias: - Banda 14 - Banda 20 - Banda 26 - Banda 28 Ancho de banda: - 5 MHz - 10 MHz - 15 MHz - 20 MHz
COSTO UNITARIO	\$ 6,000.00	\$ 22,000.00

Fuente: Elaboración propia

Se propone la utilización el equipo Huawei ya que su capacidad modular lo hace más sencillo para la escalabilidad de las necesidades y, aunque este requeriría un módulo RRU separado para trabajar en la banda de 700 MHz, su costo es bastante menor, el cual puede verse en la Figura 26. Por otro lado, el operador Claro ya trabaja con estos equipos, por lo que es probable que este sea el equipo en el sitio propuesto para la implementación del *RAN Sharing* y, caso contrario, la compra, instalación e inserción del nodo en la red que se muestra en la Figura 28 para temas de gestión sería mucho más sencillo y eficiente.



Figura 28. BTS 3900

Fuente: Huawei

e) Requerimientos técnicos para la implementación

En este apartado se responde al segundo objetivo de la investigación donde se propone “Examinar los requerimientos técnicos para la implementación del *RAN Sharing* en los usuarios de una comunidad campesina de Cieneguilla, 2022”, sobre lo cual, presentamos la siguiente información:

e.1) Requerimientos de red: La aplicación del servicio de *Networking Sharing* debe tener la capacidad de cubrir los requerimiento del servicio de conectividad redes, y en la comunidad de Cieneguilla aún se evidencia un área insatisfecha con la conectividad, la selección de una buena red se basa en la selección de infraestructura, que para este caso se compartirá infraestructura por temas de competencia y reducción de costos, aun así se brindara un servicio de calidad para los operadores, el acceso a estos servicios serán controlados con el Core Network del usuario.

Identificación de red y clasificación de usuarios: Para brindar un servicio de calidad se debe de conocer el operador de los clientes de la comunidad de Cieneguilla para esto se consideran dos clasificaciones para una red compartida: Clientes con operador con acceso a los servicios contratados y clientes con operador sin acceso a los servicios contratados.

Continuidad de servicio: Mantener operativa la satisfacción de las necesidades de los usuarios por una red compartida de movilidad no debe de tener interrupciones por la red o por el UEs, en acción se activa el *Roaming* en algunas partes de la red compartida, este proceso debe realizarse evitando involucrar al usuario.

e.2) Requerimientos del equipo de usuario: Se propone que cualquier dispositivo de los usuarios puedan conectarse de manera automática en este sistema basado en el *RAN Sharing*. En tal sentido, se debe tener en cuenta que todo dispositivo es capaz de conectarse a un Core Network donde un soporte puede decodificar el *Broadcast System Information*, lo cual estará determinado por el servicio operador que se encuentra colaborando.

La conectividad de red se puede dar en dos casos:

Por medio de la conexión manual, para los usuarios de *Roaming* que comparten un espectro común en redes geográficas divididas.

Por medio de la habilitación del nombre de red, para los usuarios de *Roaming* que comparten un espectro común con redes geográficas divididas.

Del mismo, se asegura que todos los dispositivos son equipos compatibles para el *Network Sharing*, por lo que la conexión con el Broadcast no debe ser un obstáculo, sino que todos los usuarios podrán migrar hacia una

conectividad más eficaz para tratar de cerrar las brechas tecnológicas en la comunidad de Cieneguilla.

Para el caso de la compartición de redes existentes EUs en la comunidad de Cieneguilla puede soportar *Network Sharing* se denomina (*Supporting UE*) y en el caso que no soporta el *Network Sharing* es denominado (*Non-supporting UE*).

La coordinación para el registro del equipo del usuario siempre será otorgada por el operador quien delimita los dominios de conmutación de paquetes y circuitos, lo aplicado para obtener que se cuente con los servicios seleccionados por el operador se debe de tener el *Non Supporting UEs* en las interfaces G. Solo para los casos de registro RNC, los dominios deben ser PS y CS configurado por el *Core Network* por su petición del registro *Non Supporting UEs*.

e.3) Requerimientos de personal: El desarrollo de un adecuado *Network Sharing* implica el vínculo de infraestructuras. En este sentido, se evidencia que existe un operador convencional que puede aplicar a este sistema. Sin embargo, se observa que existe la necesidad de implementar una antena disponible que permita el vínculo con otra antena y en este caso se evalúa que ambas estén en la misma estructura para dar lugar al desarrollo del Network en la comunidad de Cieneguilla.

Para ello, es necesario precisar el requerimiento profesional para dar paso a la instalación de la antena necesaria para completar el sistema donde se necesitaría personal capacitado. Es así como es importante contar con la experiencia de trabajadores con el área de instalación de antenas para una red de comunicación.

En el caso que del ingeniero de telecomunicaciones desempeñara algunas actividades como la planificara del proceso de instalación considerando la zona geográfica y las condiciones a las que se encuentra, adaptara sus protocolos para la interconexión a las necesidades del operador, a su vez elaborara informes constantes indicando la resolución de cada uno de los inconvenientes que se presentaron y diseñe el plan de mantenimiento que se deberá de seguir para mantener la calidad de la conexión.

Se podrá contar con un técnico en telecomunicaciones que pueda probar y evaluar el funcionamiento de la antena midiendo la recepción de señal a lo largo del área de cobertura, identificará los posibles problemas de red que se presenten.

Posteriormente, será importante contar con la presencia de un ingeniero de sistemas o experto en redes para que desarrolle un monitoreo del sistema y establezca un programa que permita a los usuarios realizar una conexión exitosa de acuerdo con las características de los dispositivos disponibles de la comunidad tal como se presenta en la Tabla 4.

Por otro lado, es primordial la gestión de permisos que permita que todos los usuarios puedan acceder desde sus dispositivos y sean beneficiados por esta red. De esta manera, el usuario debe ser capaz de conectarse automáticamente a un Core Network desde su dispositivo.

Tabla 4.

Especificaciones técnicas del RAN Sharing

Requerimiento de personal para la implementación del RAN Sharing	
Tipo de personal	Experiencia requerida
Ingeniero Electrónico o de Telecomunicaciones	Experiencia mínima de 3 año en instalación de antenas de telecomunicaciones de sistemas RAN Sharing
Técnicos en Electricidad, Electrónica o Telecomunicaciones	Experiencia mínima de 2 año en proyectos de implementación de telecomunicación de sistemas RAN Sharing
Ingeniero de Sistemas	Experiencia mínima de 3 año en proyectos de implementación y gestión virtual de sistemas RAN Sharing

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Tipos de compartición de infraestructura móvil para la implementación

En este apartado se responde al tercer objetivo de la investigación donde se propone “Determinar los tipos de compartición de infraestructura móvil para implementación del *RAN Sharing* en los usuarios de una comunidad campesina de Cieneguilla, 2022”, sobre lo cual, presentamos la siguiente información:

Para la implementación del *RAN Sharing* para Entel, basado a las simulaciones y cálculos realizados, y evaluando los distintos tipos de compartición de infraestructura que se describieron en el Capítulo 2 de este trabajo de investigación, se propone la compartición de infraestructura activa del tipo MOCN, donde se compartirá toda la infraestructura del operador Claro que se encuentra en las coordenadas de latitud 12° 1'59.86"S y longitud 76°42'31.55"O, empleando ambos la misma frecuencia de la banda B28a de 700 MHz. Cabe recalcar que esta alternativa en base a todo lo previamente evaluado, es la que hace posible la mayor reducción de costos de inversión.

5.2.3 Evaluación económica

a) CAPEX


El CAPEX está conformado por los capitales empleados por una empresa para la adquisición o el mejoramiento de activos, lo que quiere decir que son gastos de inversión que una empresa realiza. En proyectos de telecomunicaciones el CAPEX está ligado a proyectos de inversión con el fin de implementar una infraestructura en la red.

Al utilizarse la compartición MOCN y utilizar toda la infraestructura del operador Claro, el gasto capital será para la compra de materiales para la obra civil en el sitio y equipos necesarios para la interconexión de la BTS hacia el *Core Network*, teniendo en cuenta que se pueda soportar una futura expansión de ser necesaria. También incluye la compra de equipos de comunicaciones para la instalación de un pequeño centro de control y supervisión de la obra con switches y teléfonos IP mientras se realizan los trabajos.

A continuación, se presenta la Tabla 5 de precios proporcionada por la Empresa seleccionada Dahua Technology:

Tabla 5.

CAPEX

			
CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	SUBTOTAL
Fibra para exterior multimodo OM4 con armadura metálica anti roedor para buzones (12 hilos) AMP	S/ 395.00	450	S/ 177, 750.00
Pigtail de Fibra Multimodo Tipo LC OM4 AMP	S/ 40.00	650	S/26,000.00
Patch Cord de Fibra Multimodo OM4 tipo LC-LC de 3 M.	S/ 149.00	34	S/ 5,066.00
Patch Cord UTP Cat.6A certificado AMP de 1 MT.	S/ 53.00	150	S/ 7,950.00
Patch Cord UTP Cat.6A certificado AMP de 3 m.	S/ 25.00	200	S/ 3,750.00
Bandeja de Fibra con kit de anclaje y acomodación AMP	S/ 579	4	S/ 2,316.00
Acoplador dúplex de F.O tipo LC/LC multimodo AMP	S/ 67	36	S/ 2,412.00
Plate adapter de 06 slots tipo LC dobles para fibra óptica AMP	S/ 110	24	S/ 2,640.00
Gabinete de piso Toten de 42 UR con cooler, power rack, fabricado en una sola pieza puerta con cristal de seguridad con tornillos para montaje de equipos incluidos.	S/ 3600	5	S/ 18,000.00
Barra de poder de 8 tomas de material importado	S/ 92	1	S/ 92.00
Ordenador horizontal de 2 RU, AMP	S/ 285	7	S/ 1,710.00
Patch Panel de 24 puertos Cat 6A, AMP	S/ 189	11	S/ 2,079.00
Conectores RJ45 Cat 6A, AMP	S/ 35	100	S/ 3,500.00
Caja toma datos color blanco de alto impacto, AMP	S/ 16	208	S/ 3,328.00
Cable UTP sólido Cat 6A AMP	S/ 269	55	S/ 14,795.00

Faceplate doble de alto impacto AMP	S/ 289	208	S/ 60,401.00
Jack RJ45 cat. 6A, AMP tipo 110	S/ 16	208	S/ 3,328.00
Cinta aislante	S/ 5	30	S/ 150.00
Cinta masking tape	S/ 5	10	S/ 50.00
Cintillos plásticos de 30 cm. color blanco	S/ 15	200	S/ 3,000.00
Mango termo retráctil para fusión de F.O.	S/ 17	300	S/ 5,100.00
Impact tool trendnet	S/ 120	4	S/ 480.00
Tijera corta lata	S/ 27	4	S/ 108.00
Kit de equipo sacabocado hidráulico incluye; Llave, bomba manual, punzones, matrices y machos (estándar) para conductos de 1/2 in a 2 in en un estuche de plástico	S/ 2150	1	S/ 2,150.00
Kit de brocas de pared para rotomartillo de 1/4 pulg., 5/16 pulg., 3/8 pulg., 1/2 pulg., 5/8 pulg. Y 3/4 pulg. Dewalt	S/ 76	2	S/ 152.00
Kit de 15 brocas mixto Bosch Mini X-Line (ref. 2607019675) (05 brocas de pared, 05 brocas de madera y 05 brocas de metal	S/ 311	2	S/ 622.00
Wincha pasacable industrial	S/ 45	3	S/ 135.00
Wincha pasacable semi industrial	S/ 25	3	S/ 75.00
Taladro Atornillador GSB 1200-2-LI + Set 27 piezas BOSH	S/ 479	2	S/ 958.00
Martillo Demoledor GSH5CE 1150 W	S/ 2470	2	S/ 4,940.00
Juego de herramientas mecánicas - 32 piezas stanley	S/ 319	1	S/ 319.00
Juego de herramientas mecánicas mando 1/2" – 25 piezas - métrico/sae stanley	S/ 190	1	S/ 190.00
Set de herramientas Stanley conteniendo alicata de punta, alicata de corte, alicata de electricista, martillo, cuchilla retráctil, desarmadores estrella, desarmadores planos,	S/ 190	3	S/ 570.00

perilleros, nivel, wincha métrica.			
Caja portaherramientas stanley	S/ 80	3	S/ 240.00
Maleta portaherramientas arcón 50l essential con cierres metálicos stst1-80150 stanley	S/ 146	2	S/ 292.00
Cierres metálicos geométricos con bloqueo para mayor seguridad		10	S/ 50.00
organizadores en la tapa para pequeñas piezas	S/ 60	2	S/ 120.00
asa metálica con zona de agarre de plástico	S/ 10	2	S/ 20.00
ruedas 18 cm para una mejor maniobrabilidad,	S/ 25	2	S/ 50.00
Bandeja interior extraíble para una mejor organización de las herramientas manuales.			S/ 20.00
Switch de servicios avanzados de 16 puertos SFP+	C6880-X-LE 16PORTS	1	S/ 1500.00
Switch de acceso PoE de 4 puertos SFP+ y 48 puertos RJ45 de 1 Gbps	WS-C3650 - 48PQ	1	S/ 2100.00
Teléfonos IP con cámara, licenciado con Soporte técnico del fabricante por 1 año mínimo (Smartnet Cisco).	Cisco Unified CP 8845K -9	2	S/ 580.00
Teléfonos IP básico, licenciados con Soporte técnico del fabricante por 1 año mínimo (Smartnet Cisco).	Cisco Unified CP 7841K-9	2	S/ 380.00
Licencias Enhanced para CUCM Version 11.0	CISCO-CUCM	1	S/ 1270.00
Modulo CISCO SFP+ 10 Gbps Ethernet para conector LC	SFP+ 10G-SR	1	S/ 34.00

S/. 359,922.60

Fuente: Elaboración propia.

b) OPEX

Los OPEX están constituidos por los gastos operativos, y están constituidos por gastos de ejecución en los servicios de telecomunicaciones.

Para la facturación de uso de la red compartida, sabemos por datos del INEI que la comunidad tiene 205 viviendas con 3 usuarios en promedio cada una

y que cada uno usa un promedio de 60 minutos al mes en llamadas telefónicas, dando un total de 36,900 minutos utilizados en la red por estos nuevos usuarios.

Los operadores locales tienen una tarifa de S/. 0.0068 por minuto en el servicio de *roaming* nacional a otros operadores, esto gracias al volumen de tráfico total compartido a nivel nacional. Esto haría que el gasto operativo por la compartición de infraestructura sea de S/. 250 mensuales.

Los OPEX contendrán los costos de los siguientes supuestos operativos según la Tabla 6:

Tabla 6.

Gastos operativos

Concepto	Monto mensual	Anual
Energía	S/. 1,200.00	S/. 14,400.00
Mantenimiento	S/. 500.00	S/. 6,000.00
Monitoreo	S/. 800.00	S/. 9,600.00
Sistema de vigilancia	S/. 500.00	S/. 6,000.00
Supervisión	S/. 1,000.00	S/. 12,000.00
Uso de la red	S/. 250	S/. 3,000.00
Total		S/. 51,000.00

Fuente: Elaboración propia.

- Relación entre CAPEX y OPEX

Para la comprensión de la relación entre CAPEX y OPEX, es necesario definir los alcances temporales, debido a que los costos de operación son anuales, por otro lado, la inversión de equipamiento y estructura tienen un periodo de duración mucho más largo. Para la evaluación económica del

proyecto se tendrá en cuenta un periodo inicial de 5 años y se asumirá que no habrá variación en cuanto a los costos de operación.

Tabla 7. Proporción CAPEX y OPEX en un periodo de 5 años

Año	0	1	2	3	4	5	TOTAL	Proporción
CAPEX	S/. 359,922 .60						S/. 359,922. 60	58.53%
OPEX		S/. 51,00. 00	S/. 51,00. 00	S/. 51,00. 00	S/. 51,00. 00	S/. 51,00. 00	S/. 255,000. 00	41.47%
Total	S/. 359,922 .60	S/. 51,00. 00	S/. 51,00. 00	S/. 51,00. 00	S/. 51,00. 00	S/. 51,00. 00	S/ 614,922. 6	100 %

Fuente: Elaboración propia.

Es de verse en la Tabla 7, que los costos de operación en un lapso de 5 años son menores que los costos de implementación del proyecto. Mientras que sus costos conjuntos ascienden a un monto de S/ 614,922.6. Se utiliza el periodo de 5 años, ya que es un tiempo razonable para la determinación de rentabilidad de un proyecto de inversión.

c) Análisis de Rentabilidad VAN y TIR

• VAN

El concepto de VAN, valor actual neto o valor presente neto es un concepto que permite actualizar ingresos que se generaran en el futuro, esto nos indicará si un proyecto contará o no con rentabilidad. Para la determinación del VAN se aplica la formula mostrada a continuación:

Fórmula 12. Cálculo del VAN

$$\begin{aligned} VAN &= -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} \\ &= -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n} \end{aligned}$$

Donde:

*I*₀: Inversión realizada al momento inicial

*F*_{*t*}: Flujos de efectivo en cada periodo de tiempo

n: Número de periodos de tiempo

k: Tasa de actualización (se considerará una tasa de actualización de 0% para la estimación de la rentabilidad del estudio)

Cuando el valor del VAN supera el valor nominal de 0, significa que el proyecto es rentable.

- TIR

La Tasa Interna de Retorno (en adelante TIR), es conocida como el porcentaje de ganancia o pérdida que se obtendrá de la implementación de un proyecto. Usualmente se relaciona al VAN y define el valor de la tasa de interés que convierte al VAN en cero:

Fórmula 13. Cálculo del TIR

$$\begin{aligned} VAN &= -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} \\ &= -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n} = 0 \end{aligned}$$

Otra interpretación que se le puede dar al indicador TIR es que es el indicador que determina la tasa de interés a partir de la cual se puede producir ganancias.

Estimación de ingresos producidos por la implementación del RAN Sharing

Según el I Censo de Comunidades Campesinas realizadas por el INEI en el 2017, se indica que la comunidad campesina de Santa Rosa de Chontay para ese año registraba la cantidad de 205 viviendas particulares. Se presume que en estas unidades habitacionales viven un promedio de 4 personas y se supondrá que, por lo menos 3 personas por vivienda solicitaran acceso de uso para la utilización del servicio móvil a implementar.

Por otro lado, al cerciorarnos de los planes post pago que ofrecen operadoras como Claro, Movistar o Entel, caímos en cuenta de que sus planes presentan rangos de precios desde los S/. 39 los más económicos hasta los S/. 89. Para el estudio en cuestión se supondrá que los usuarios del sistema empleado están dispuestos a pagar el monto de S/45 mensuales tal como aparece en la Tabla 8. Se considera este precio razonable dentro de los rangos existentes en el mercado de telecomunicaciones.

Tabla 8.

Estimación de recaudación anual

N° de viviendas censadas	Personas por vivienda que usarán el servicio	Precio del plan mensual	Recaudación anual
205	3	S/. 45	S/. 332,100.00

Fuente: Elaboración propia.

- Flujo de caja y determinación de rentabilidad del proyecto

Se presenta el flujo de caja, este nos muestra todos los valores de OPEX y CAPEX identificados anteriormente. También nos muestra el cálculo del VPN y TIR, como indicadores que nos muestran la rentabilidad del proyecto planteado, tal como se presenta la Tabla 9.

Tabla 9.

Estimación de recaudación anual

COSTOS	0	1	2	3	4	5
Costos de inversión						
a. CAPEX	S/359.922,60					
Costos de operación						
a. OPEX		S/51.000,00	S/51.000,00	S/51.000,00	S/51.000,00	S/51.000,00
Costos totales	S/359.922,60	S/51.000,00	S/51.000,00	S/51.000,00	S/51.000,00	S/51.000,00
Ingresos anuales						
a. Ingresos		S/332.100,00	S/332.100,00	S/332.100,00	S/332.100,00	S/332.100,00
Ingresos Totales		S/332.100,00	S/332.100,00	S/332.100,00	S/332.100,00	S/332.100,00
Tasa de interés	0,00%					
Flujo Neto	S/359.922,60	S/281.100,00	S/281.100,00	S/281.100,00	S/281.100,00	S/281.100,00
VAN	S/1.045.577,40					
TIR	25,07%					

Fuente: Elaboración propia.

Al hacer el análisis del flujo de caja de la implementación del *RAN Sharing*, se halló un TIR de 25,07%, dando a entender el proyecto será viable. También se aprecia que el valor del VAN es de S/1,045,577.40; evidenciándose con estos indicadores la viabilidad del proyecto de implementación del *RAN Sharing* para la optimización del servicio móvil en los usuarios de la comunidad campesina de Santa Rosa de Chontay.

d) Presupuesto para el distrito de Cieneguilla

A través de la información proporcionada por el portal de Transparencia Económica del Ministerio de Economía del Perú, se pudo verificar que el presupuesto otorgado del Estado para el distrito de Cieneguilla en el año 2022 fue de S/. 11,898,031.42 (según se verifica en la figura 29).

Para la ejecución del proyecto de implementación del *RAN Sharing* para la optimización del servicio móvil de una comunidad campesina en Cieneguilla se tendría que destinar el monto de S/. 614,922.60.

Entonces se tendría que destinar alrededor del 5.16% del presupuesto anual distrital para la ejecución de este proyecto, se tiene en cuenta también que este proyecto traerá ingresos en función al uso que le den los usuarios al servicio móvil implementado, y que de ser rentable se puede implementar en otras comunidades del distrito.

Transparencia Económica PERÚ

Consulta de Transferencias a los Gobiernos Nacional, Regional, Local y EPS

Portal del MEF > Portal de Transparencia > Transferencias

lunes, 05 de septiembre del 2022

Cuadros Resumen Mancomunidad EPS Gobierno Nacional Gobiernos Regionales Gobiernos Locales

Altras Inicio Exp. a Hoja de Cálculo RECURSOS AUTORIZADOS Año: 2022

Recurso	Monto Autorizado	Monto Acreditado
2022 : TOTAL	28,234,296,961.34	28,231,412,992.28
2022 Municipalidad 09-301258 : MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CIENEGUILLA	11,898,031.42	11,898,031.42
0190: CANON MINERO	84,942.93	84,942.93
0206: REGALÍA MINERA	12,691.32	12,691.32
0230: CANON HIDROENERGÉTICO	21,057.04	21,057.04
0849: COMEDORES, ALIMENTOS POR TRABAJO, HOGARES Y ALBERGUES	314,639.00	314,639.00
0855: CANON PESQUERO - DERECHOS DE PESCA	0.93	0.93
0856: PROGRAMA DEL VASO DE LECHE	136,287.00	136,287.00
0888: PROGRAMA DE ALIMENTOS Y NUTRICION PARA EL PACIENTE CON TUBERCULOSIS Y FAMILIA	71,693.00	71,693.00
0842: RECURSOS ORDINARIOS POR TRANSFERENCIAS DE PARTIDAS Y OTRAS ASIGNACIONES	54,185.00	54,185.00
0858: FONCOMUN	9,554,111.24	9,554,111.24
0807: PLAN DE INCENTIVOS A LA MEJORA DE LA GESTION Y MODERNIZACION MUNICIPAL	958,817.00	958,817.00
0767: FDO INTERVANTE LA OCURRENCIA DE DESASTRES NATURALES (ROOC)	479,781.96	479,781.96
0772: SUB CUENTA- INCENTIVOS PRESUPUESTALES PARA INVERSIONES	209,825.00	209,825.00

Figura 29. Presupuesto distrital

Fuente: Portal transparencia económica – Perú.

e) Licitación pública para la ejecución del proyecto

Como se menciona en el inciso anterior, el presupuesto necesario para la ejecución del proyecto representa el 5.16% del presupuesto del año 2022. De darse la aprobación para la ejecución del proyecto, es necesario una licitación pública para que cualquiera de las empresas de

telecomunicaciones del país disponga de estos recursos para la ejecución e implementación del proyecto.

Al demostrarse que la viabilidad del proyecto es rentable y que además beneficiaría a la población de Santa Rosa de Chontay, la licitación del proyecto debe de tener un plazo no menor a 22 días, según el artículo 22° del Reglamento de la Ley de Contrataciones, entre la convocatoria y la presentación de propuestas por parte de las empresas de telecomunicación.

f) Financiación mediante programas sociales como Internet Para Todos

El programa de Internet Para Todos (IPT), parte una de iniciativa conjunta entre Telefónica y Facebook, con el objetivo de disminuir las brechas digitales existentes en los países de tercer mundo, bajo un modelo que admita brincar obstáculos como el hecho de brindar conectividad a zonas rurales y de alta complejidad de acceso geográfico. Este programa considera en sus bases el uso de tecnología *RAN Sharing* para la expansión de redes de operadores móviles hacia zonas remotas del país, por lo que podría ser una opción en la búsqueda de financiamiento para la ejecución del proyecto. Gracias a este tipo de programas se puede aumentar la cobertura de redes móviles sin tener en cuenta las limitantes financieras como el CapEx y OpEx en zonas de difícil acceso.

5.2 Análisis de resultados

La implementación de un proyecto de tal envergadura como lo es la implementación *RAN Sharing* en la comunidad campesina de Santa Rosa de Chontay ha tomado en consideración la ubicación de los transmisores de Bitel, Movistar y Claro; y la compatibilidad de sus frecuencias con el operador de Entel.

A partir de las opciones disponibles, se realizó la simulación respectiva en el software XIRIO® Online. Primero se realizó la simulación de la antena del operador Bitel con coordenadas de latitud 12°02'20.03"S y longitud 076°43'20.90"O. Luego se realizó la simulación con la infraestructura de Claro 4G con coordenadas de latitud 12°01'59.86"S y longitud 076°42'31.55"O. De estas dos, se eligió la torre del operador Claro con antena de tecnología móvil 4G por su compatibilidad en banda

de frecuencia con el operador Entel, cuyos cálculos de cobertura fueron descritos en el numeral 3.5. del presente acápite.

En lo que respecta a la estación de transmisión se propone la utilización del equipo Huawei BTS 3900 por su capacidad modular, precio y compatibilidad con los equipos que utiliza la infraestructura que se compartirá con el operador Claro, bajo coordinación con el equipo técnico de ingenieros especialistas en redes y telecomunicaciones, entre ellos, un ingeniero supervisor que haga posible el proceso de instalación con la colaboración de un técnico especialista que evalúe el correcto funcionamiento de la antena en sitio, y otros que supervisen las instalaciones eléctricas y la estabilidad de las conexiones, además de un ingeniero de sistemas que pueda incorporar el nodo en el software de monitoreo y gestión virtual de la red para la correcta transferencia a la fase de soporte u operación y mantenimiento. Previo a la ejecución del proyecto de implementación, se deberán tomar en cuenta los requerimientos descritos en el presente acápite y que los usuarios en la localidad cuenten con equipos móviles que permitan utilizar esta tecnología, lo que hoy en día no es tan complicado en la medida que los equipos móviles que salen al mercado son capaces de conectarse al Core Network y decodificar el SIB satisfactoriamente.

Concerniente al tipo de compartición, se identificó como tipo a utilizar, la compartición de infraestructura activa del tipo MOCN, en la medida que se compartirá toda la infraestructura del operador Claro, situado en coordenadas: latitud $12^{\circ} 1'59.86''S$ y longitud $76^{\circ}42'31.55''O$, bajo la misma frecuencia de la banda B28a de 700 MHz de modo que puedan operar en un solo espacio físico cooperando sobre la torre de conexión.

Finalmente, sobre la viabilidad de la propuesta, para el *RAN Sharing*, se utilizó el VAN y TIR, así como la estimación de ingresos producidos por la comunidad campesina de Santa Rosa de Chontay. A partir de ello se realizó el flujo de caja y determinación de rentabilidad del proyecto y se halló un valor de TIR de 25,07%, arrojando como resultado la viabilidad del proyecto; así mismo el valor de VAN es de S/. 332,100.00.

CONCLUSIONES

1. Siguiendo el objetivo específico a), se observó que la cobertura móvil de la Comunidad Campesina de Santa Rosa de Chontay ubicada en Cieneguilla se encuentra en nivel deficiente en la medida que los pobladores solo tienen redes móviles 2G, 3G y 4G provenientes de la antena de Bitel, Claro y Movistar (estos últimos dos comparten infraestructura), los cuales no son suficientes al evidenciarse la falta de participación del operador Entel, que actualmente no tiene presencia en la zona y que podría ofrecer sus servicios brindando cobertura 4G bajo las recomendaciones que se proponen en esta investigación. Esto se debe a la lejanía de la zona y la burocracia del Estado en otorgar los permisos de manera rápida. Consecuentemente, la población no puede acceder a una cobertura de alta calidad que les permita acceder a servicios de educación, salud y seguridad de mayor calidad.
2. Siguiendo el objetivo específico b), a partir de las simulaciones realizadas, se seleccionó la torre del operador Claro con antena de tecnología móvil 4G situado en coordenadas: latitud 12° 1'59.86"S y longitud 76°42'31.55"O, que opera sobre la frecuencia de banda B28a de 700 MHz en un espacio físico que coopere sobre la torre de conexión. Para ello se consolidó la utilización del equipo Huawei BTS 3900 por su capacidad modular, precio y compatibilidad con los equipos del operador Claro, el cual será posible en coordinación con el equipo técnico de ingenieros especialistas en redes y telecomunicaciones, que tome en consideración los requerimientos técnicos y logísticos necesarios para la implementación del *RAN Sharing* en este lugar.
3. Siguiendo el objetivo específico c), partir del análisis de los tipos de compartición de infraestructura a utilizar se identificó como tipo a utilizar, la compartición de infraestructura activa del tipo MOCN, en la medida que se compartirá toda la infraestructura del operador Claro, situado en coordenadas: latitud 12° 1'59.86"S y longitud 76°42'31.55"O, bajo la misma frecuencia de la banda B28a de 700 MHz de modo que puedan operar en un solo espacio físico cooperando sobre la torre de conexión.

4. Siguiendo el objetivo específico d), para la evaluación de la rentabilidad del *RAN Sharing*, se utilizó el VAN y TIR, así como la estimación de ingresos producidos por la comunidad campesina de Santa Rosa de Chontay. A partir de ello se realizó el flujo de caja y determinación de rentabilidad del proyecto y se halló un valor de TIR de 25,07%, arrojando como resultado la viabilidad del proyecto; así mismo el valor de VAN es de S/. 332,100.00.

5. Siguiendo el objetivo general, se concluye que la propuesta de la implementación del *RAN Sharing* es viable, permitiendo la optimización de los servicios móviles en los usuarios de la Comunidad de Santa Rosa de Chontay, Cieneguilla, Lima. Para ello se aprovechará la infraestructura existente del operador Claro tras haberse obtenido de simulación realizada en el software XIRIO® Online para el operador Claro, una cobertura aceptable a un valor de banda de frecuencia de B28a (700 MHz) con tecnología móvil de 4G, frente a la tecnología móvil 3G que ofrece Bitel, además, la densidad poblacional más alta está cerca a la antena del operador claro, esto hace que se pueden beneficiar muchas más personas.

RECOMENDACIONES

1. Siguiendo el objetivo específico a), se recomienda implementar un Programa de capacitación sobre tecnología y servicio móvil, de tal forma que lo pobladores de la comunidad puedan comprender la importancia de la telefonía móvil, y de este modo se visibilice ante los ojos del gobierno las necesidades de estos pobladores.
2. Siguiendo el objetivo específico b), se recomienda la adecuada selección de los recursos a utilizar para la implementación del *RAN Sharing*, de tal modo, que se pueda llevar a cabo un listado de riesgos a la hora de seleccionar cada uno de los materiales, teniendo en cuenta que algunos podrían parecer adecuados en el corto plazo, pero generar mayores perjuicios en el largo plazo y viceversa.
3. Siguiendo el objetivo específico c), se recomienda implementar un plan de comunicación estratégica y negociación, de tal modo que los agentes involucrados en la compartición *RAN Sharing* pueda utilizar la infraestructura disponible a fin de obtener un beneficio por partida doble.
4. Siguiendo el objetivo específico d), se recomienda poner en marcha las actividades para la implementación, ya que de este modo múltiples agentes se verán beneficiados económicamente. El sector privado involucrado podrá generar rentabilidad en el mediano y largo plazo, asimismo, el Estado podrá verse beneficiado a través del ámbito fiscal, puesto que el sector privado tendrá que pagar impuestos para gozar del crédito que dejará la implementación de este sistema.
5. Siguiendo el objetivo general, se recomienda poner en marcha el proyecto propuesta, en la medida que se ha evidenciado la viabilidad técnica y económica y, los beneficios que traerá a la comunidad en estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andina. (25 de marzo de 2022). Canon por cobertura: MTC inaugura antena 4G en caserío de Huánuco. *Andina*. <https://andina.pe/agencia/noticia-canon-cobertura-mtc-inaugura-antena-4g-caserio-huanuco-886301.aspx>
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica*. Editorial Episteme.
- BASQ. (28 de octubre de 2019). 5G – RAN SHARING (compartición de redes móviles). <https://basq.pe/noticias/5g-ran-sharing-comparticion-de-redes-moviles/>
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Editorial Prentice Hall.
- BNAmericas. (03 de abril de 2020). Perú aprueba uso compartido de infraestructura entre Entel y Telefónica. <https://www.bnamericas.com/es/noticias/peru-aprueba-uso-compartido-de-infraestructura-entre-entel-y-telefonica>
- Bunge, M. (1970). *La ciencia, su método y su filosofía*. Editorial DeBolsillo
- Cables y Redes (2021). Infoablesyredes.com <https://www.cablesyredes.com/articulos-blog/rack-o-gabinete-para-servidor/>
- Ccahuana, J. (2018). *Diseño de una red móvil compartida para brindar servicios de telefonía móvil en zonas rurales*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/13454/CC-AHUANA_JAYME_JOYSI_JAEL_DISE%C3%91O_RED_MOVIL.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Díaz, J. (2006). *Diseño e implementación de un software para el cálculo de los niveles de radio propagación y cobertura de estaciones base de telefonía celular*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. <https://1library.co/document/zxv7o3wy-diseno-implementacion-software-calculo-radiopropagacion-cobertura-estaciones-telefonias.html>

- Energiminas. (25 de febrero de 2022). *Ciudadanos de zonas rurales en Puno acceden, por primera vez, a internet gracias a canon por cobertura 4G*. <https://energiminas.com/ciudadanos-de-zonas-rurales-en-puno-acceden-por-primera-vez-a-internet-gracias-a-canon-por-cobertura-4g/>
- Flores, J. (28 de junio de 2019). *Qué es el 5G y cómo nos cambiará la vida*. National Geographic España. https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/que-es-5g-y-como-nos-cambiara-vida_14449
- García, J. (2019). *Tecnologías 3G, 4G y 5G: Una perspectiva económica y social de la carrera por la innovación de las redes de banda ancha*. [Tesis de pregrado, Universidad Pontificia Comillas]. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/27633/TFG%20García%20Barranco%2C%20Jesús.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gonzales, A. (10 de marzo de 2021). *Hacia una implementación nacional del RAN Sharing: ¿cómo vamos? Enfoque Derecho*. https://www.enfoquederecho.com/2021/03/10/hacia-una-implementacion-nacional-del-ran-sharing-como-vamos/#_ftn1
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación sexta edición*. Editorial Mc Graw Hill Education.
- Huayta, M. (2021). *Desarrollo de un sistema de red móvil utilizando RAN Sharing para mejorar los servicios móviles en la comunidad de Mantoclla, departamento de Cusco*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio institucional. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/17701/Huayta_chm.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Huidobro, J. (22 de octubre de 2014). *Compartición de redes móviles para reducir costes*. Zona Movilidad. <https://www.zonamovilidad.es/noticia/1899/reportajes/comparticion-de-redes--moviles-para-reducir-costes.html>
- Iglesias, S., et al (2018). Corn yield (*Zea mays* L.) improves with the use of eucalyptus biochar. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 25–32. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.03>

- INEI. (1993). *Cambios en la composición urbano - rural*. INEI. https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0018/cap31001.htm
- INEI. (28 de diciembre, 2021). *El 55,0% de los hogares del país accedieron a internet en el tercer trimestre del 2021*. INEI. <https://www.inei.gov.pe/prensa/noticias/el-550-de-los-hogares-del-pais-accedieron-a-internet-en-el-tercer-trimestre-del-2021-13269/>
- Instituto Federal de Telecomunicaciones. (s.f.). *Sabías qué la Telefonía Móvil*. Instituto Federal de Telecomunicaciones. <http://www.ift.org.mx/usuarios-telefoniamovil/sabias-que-la-telefoniamovil>
- Instituto Politécnico Nacional (2022). *1Library.Co* <https://1library.co/article/sistemas-de-comunicacion-movil-de-tercera-generacion-wcdma>
- Israelsoon, M. (6 de mayo de 2012). *Patente Internacional Tratado de Cooperación de patentes*. Patentados.com. <https://patentados.com/2012/tecnica-para-coordinar-registros-de-cs>
- Jordan, E. (2021). *Divisiones funcionales de Open RAN – Explicación*. Tele Semana, <https://www.telesemana.com/blog/2021/04/13/divisiones-funcionales-de-open-ran-explicacion/>
- La Cámara. (30 de marzo de 2021). *INEI: El 88,7% de la población utiliza Internet a diario*. La Cámara. <https://lacamara.pe/inei-el-887-de-la-poblacion-utiliza-internet-a-diario/>
- MAPFRE. (2011). *Manual de Seguridad en el Trabajo. Manual de Seguridad En El Trabajo*, 1, 1632. http://q4live.s22.clientfiles.s3-website-us-east-1.amazonaws.com/819087555/files/doc_downloads/downloads_spa/Safety/Manual-de-Seguridad-en-Torres-SP.pdf
- Martínez, D. y Sinche, S. (2010). *Análisis de factibilidad de implementación de RAN Sharing para el servicio móvil avanzado con tecnología UMTS en el Ecuador*. [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio institucional. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2210/1/CD-2999.pdf>

Mas, J. y Rubio, R. (2013). *Propuesta de cambio a las leyes que permiten la implementación de la compartición de infraestructura en el mercado de comunicaciones móviles del Perú*. [Tesis de posgrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio institucional.

https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5262/MAS_JOSE_PROPUESTA_LEYES_COMPARTICION_INFRAESTRUCTURA_MERCADO_COMUNICACIONES_MOVILES_PERU.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MTC. (13 de enero de 2022). *Conozca las zonas rurales donde los operadores móviles pueden instalar antenas e infraestructura para Internet 4G*. Gobierno del Perú. <https://www.gob.pe/institucion/mtc/noticias/576127-conozca-las-zonas-rurales-donde-los-operadores-moviles-pueden-instalar-antenas-e-infraestructura-para-internet-4g>

MTC. (23 de diciembre de 2021). *Aprueban el listado de localidades sin cobertura y el listado de localidades con cobertura 2G*. Gobierno del Perú. <https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/393633-aprueban-el-listado-de-localidades-sin-cobertura-y-el-listado-de-localidades-con-cobertura-2g>

MTC. (23 de mayo de 2022). *MTC anuncia despliegue de 172 antenas en zonas rurales a través de modalidad de canon por cobertura*. Gobierno del Perú. <https://www.gob.pe/institucion/mtc/noticias/608753-mtc-anuncia-despliegue-de-172-antenas-en-zonas-rurales-a-traves-de-modalidad-de-canon-por-cobertura>

MTC. (3 de abril de 2020). *Compartición de infraestructura de telecomunicaciones mejora el aprovechamiento de recursos y los servicios*. Gobierno de Perú. <https://www.gob.pe/1021-que-es-gob-pe>

MTC. (7 de noviembre de 2019). *Nosotros*. Portal MTC. <https://portal.mtc.gob.pe/nosotros/index.html>

Osiptel. (s.f.). *Conozca los planes tarifarios más económicos en el servicio de telefonía móvil*. Osiptel. <https://www.osiptel.gob.pe/portal-del-usuario/noticias/conozca-los-planes-tarifarios-mas-economicos-en-el-servicio-de-telefonía-movil/>

- Osiptel. (s.f.). *Funciones de Osiptel*. Osiptel. <https://www.osiptel.gob.pe/informacion-institucional/funciones-del-osiptel/>
- Osiptel. (s.f.). *Mercado móvil peruano se expande a más de 41 millones de líneas al cierre del segundo trimestre*. Osiptel. <https://www.osiptel.gob.pe/portal-del-usuario/noticias/mercado-movil-peruano-se-expande-a-mas-de-41-millones-de-lineas-al-cierre-del-segundo-trimestre/>
- Osiptel. (s.f.). *Nosotros*. Osiptel. <https://www.osiptel.gob.pe/informacion-institucional/nosotros/>
- Osiptel. (s.f.). *Servicios públicos móviles*. Osiptel. <https://www.osiptel.gob.pe/portal-del-usuario/preguntas-frecuentes/servicios-publicos-moviles>
- Parallel Wireless. (2022). *Multi-Tenant and Sharing (MORAN and MOCN)*. parallelwireless.com. <https://www.parallelwireless.com/products/multi-tenant-and-sharing/>
- Pérez, S. (06 de noviembre de 2019). Operadoras móviles piden que compartición de infraestructura para 5G sea voluntaria. *Diario Gestión*. <https://gestion.pe/economia/operadoras-moviles-en-contra-de-comparticion-de-infraestructura-obligatoria-para-5g-noticia/?ref=gesr>
- Ponte, N. (2016). *La factibilidad de implementación de RAN Sharing en Argentina*. [Tesis de maestría, Universidad de San Andrés]. <https://repositorio.udesa.edu.ar/jspui/bitstream/10908/11886/1/%5bP%5d%5bW%5d%20T.M.%20Ges.%20Ponte%2c%20Nicol%3%a1s.pdf>
- Portal Espectro (2008). *Generalidades del Espectro ¿Qué es el espectro radioeléctrico?* Portal Espectro. https://portalespectro.ane.gov.co/Style%20Library/ane_master/que-es-el-espectro-radioelectrico.aspx
- Puchaicela, J. (2016). *Convergencia de tecnologías de acceso a redes móviles de banda ancha*. [Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Buenos Aires]. http://52.67.178.216/bitstream/handle/123456789/786/TELCO-%20TESIS_JUAN%20PUCHAICELA_SEP09_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Rangel, E. (2013). *Diseño de la red para el proyecto de banda ancha rural Juliaca - San Gabán*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/6147C973BB8FB8A805257C3700727605/\\$FILE/dise%C3%B1o_red.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/6147C973BB8FB8A805257C3700727605/$FILE/dise%C3%B1o_red.pdf)
- Redacción Gestión. (31 de marzo de 2020). Escasez de antenas retrasaría llegada de tecnología 5G al Perú, advierten. *Gestión*. <https://gestion.pe/tecnologia/escasez-de-antenas-retrasaria-llegada-de-tecnologia-5g-al-peru-advierten-noticia/?ref=gesr>
- Remy, M. (2 de mayo de 2009). *Las urbes, las ciudades y la población rural*. Argumentos. <https://argumentos-historico.iep.org.pe/articulos/las-urbes-las-ciudades-y-la-poblacion-rural/>
- Sandoval, J. (26 de abril de 2021). *La evolución de Radio Access Network (RAN): La piedra angular del crecimiento*. <https://www.fortinet.com/lat/blog/industry-trends/the-growing-need-for-4g-and-5g-radio-access-network-ran-security>
- Tamayo, M. (2012). *El proceso de la investigación científica*. Editorial Limusa.
- Tarin, C. (2020). *RAN Sharing, compartición de infraestructura*. [Tesis de pregrado, Universitat Politècnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/152425/Tarin%20-%20RAN%20SHARING%2C%20Compartici%C3%B3n%20de%20infraestructura.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- TeleSemana (s.f.). *Panorama de mercado – Perú*. TeleSemana. <https://www.telesemana.com/panorama-de-mercado/peru/>
- TFGroup. (s.f.). *La compartición de redes de telefonía móvil*. TFGroup. <https://www.tfgroup.cl/la-comparticion-de-redes-de-telefonía-movil/>
- Transparencia Económica (2022). *Consulta de transferencias a los Gobiernos Nacional, Regional, Local y EPS*. <https://apps5.mineco.gob.pe/transferencias/gl/default.aspx>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2022). *Compartir la infraestructura móvil*. Itu.int. <https://www.itu.int/itu-news/manager/display.asp?lang=es&year=2008&issue=0>

2&ipage=sharingInfraestructure-
mobile&ext=html#:~:text=La%20compartici%C3%B3n%20activa%20compre
nde%20la,cobertura%20o%20de%20infraestructura%20propia.&text=El%20c
onjunto%20de%20equipos%20pasivos,m%C3%B3viles%20suele%20llamarse
%20%E2%80%9Cemplazamiento%E2%80%9D

- Vaca, D. (2016). *Instalación del Servicio de Telefonía Móvil para la conectividad y Desarrollo Social en las localidades de Apurímac, Ayacucho y Huancavelica*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Lima] https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/3201/Vaca_Morales_Dario.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Educación*, 33 (1), 155-165.
- Wayne, T. (2003). *Sistemas de comunicaciones electrónicas*. Editorial Prentice Hall. <http://fernandoarciniega.com/books/sistemas-de-comunicaciones-electronicas-tomasi-4ta-edicion.pdf>
- Xirio - online. (s.f.). *Okumura-hata*. Xirio-online-com. <https://www.xirio-online.com/web/help/es/okumura-hata.htm>
- Zhang, Y. y Chen, M. (2016). *Redes inalámbricas 5G basadas en la nube*. Editorial Springer. https://www.researchgate.net/publication/310514986_Cloud_Based_5G_Wireless_Networks

ANEXOS

Anexo 1: Ficha Técnica XIRIO On Line



Simulación Profesional de Cobertura Radioeléctrica Online



XIRIO Online® es la forma más rápida y económica de realizar simulaciones profesionales de cobertura radioeléctrica en cualquier parte del planeta.

Calcule, comparta y publique resultados en la red sin necesidad de disponer de herramientas de planificación ni cartografía digital propias.

XIRIO Online®
dispone de los
módulos:

PlanningTool

*Herramienta de
Planificación
Radioeléctrica*

SharePlace

*Herramienta
para Consulta
de Resultados*

www.xirio-online.com

PlanningTool

Planificación de Redes Radioeléctricas

El módulo **PlanningTool** de **XIRIO® Online** es una herramienta de planificación radioeléctrica genérica, dispone de una completa recopilación de servicios radioeléctricos perfectamente parametrizados que permiten configurar sus simulaciones en tan sólo unos instantes.



XIRIO® Online permite realizar los cálculos imprescindibles a la hora de diseñar una red inalámbrica: análisis de viabilidad de enlace, cobertura radioeléctrica de una estación, cobertura conjunta de red, solapamiento de señal, etc. Para ello dispone de un potente motor de cálculo actualizado con los parámetros y métodos de cálculo más empleados y reconocidos a nivel internacional (Rec. UIT-R P.526, Deygout, LOS, Rec. UIT-R P.1546, Rec. UIT-R P.530, Okumura-Hata, XIA-Bertoni, etc).



El interfaz de usuario de **XIRIO® Online** emplea el visor cartográfico proporcionado por **GoogleMaps®**, lo que asegura disponibilidad de representación gráfica en todo el mundo. Por otro lado, y a través de acuerdos con múltiples proveedores cartográficos, la aplicación incorpora cartografía digital a nivel mundial: modelos del terreno y modelos de elevación (incluyendo edificios) que representan la orografía del terreno a distintas resoluciones. Se cubren de este modo las necesidades de cálculo para redes desplegadas en entornos tanto rurales como urbanos.

El acceso al módulo **PlanningTool** de **XIRIO® Online** es **completamente gratuito** y el usuario puede realizar cálculos a baja resolución sin coste alguno. La aplicación dispone de un sistema de créditos que pueden adquirirse en tiempo real y que se consumirán sólo cuando el usuario realice cálculos a alta resolución o con cartografía avanzada.



SharePlace

Acceso a Resultados de Cobertura Radioeléctrica

SharePlace es la herramienta que permite a los usuarios de **XIRIO® Online** publicar los resultados de sus estudios y proporcionar a otros usuarios acceso a los mismos. Es la aplicación ideal para compartir información de proyectos con distintas áreas de la organización, clientes, proveedores, etc.

El usuario de **SharePlace** dispone de un acceso limitado a aquellos resultados que han sido publicados para él. Desde la aplicación es posible visualizar la cobertura radioeléctrica impuesta por las estaciones de forma individual o conjunta, chequear los valores de señal en cada punto del área de servicio, o utilizar herramientas de utilidad como búsqueda de dirección postal, cálculo de distancias, cálculo de perfiles orográficos, inserción de puntos de interés, etc.



2.3 BTS3900/BTS3900 (Ver.C) Cabinet

BTS3900 or BTS3900 (Ver.C) cabinets house indoor macro base stations because these cabinets have a large capacity and a small size, support multi-mode applications, and are easy to expand the capacities of.

BTS3900 cabinets support -48 V DC, +24 V DC, and AC power input while BTS3900 (Ver.C) cabinets support -48 V DC and AC power input.

Figure 2-4 shows the internal structure of a BTS3900 cabinet supporting -48 V DC power input, and Figure 2-5 shows the internal structure of a BTS3900 (Ver.C) cabinet supporting -48 V DC power input.

NOTE

A cabinet supporting +24 V DC or AC power input has the same internal structure as a cabinet supporting -48 V DC power input. However, the former uses different power modules.

Figure 2-4 Internal structure of a BTS3900 cabinet supporting -48 V DC power input

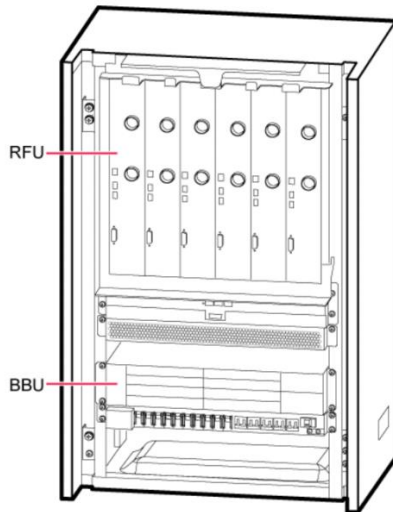


Figure 2-5 Internal structure of a BTS3900 (Ver.C) cabinet supporting -48 V DC power input

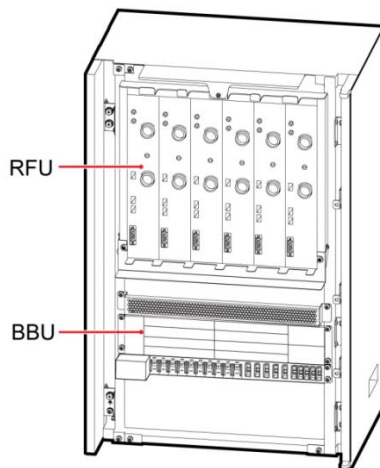


Table 2-1 lists typical configurations of a single-mode BTS3900 or BTS3900 (Ver.C) cabinet.

Table 2-1 Typical configurations of a single-mode BTS3900 or BTS3900 (Ver.C) cabinet

Mode	Typical Configurations	Number of RF Modules	Output Power of Each Carrier
GSM	S4/4/4	6 DRFU	20 W (900 MHz)/18 W (1800 MHz)
	S12/12/12	6 GRFU	12 W
	S12/12/12	6 MRFU	12 W
	S12/12/12	6 MRFUe	20 W
	S8/8/8 + S8/8/8	3 MRFUd + 3 MRFUd	20 W (900 MHz) + 20 W (1800 MHz)
UMTS	S4/4/4	3 WRFU	20 W
	S4/4/4 (MIMO)	3 WRFUd	30 W (1 x 15 W)
	S4/4/4	3 MRFU	20 W
	S4/4/4 (MIMO)	3 MRFUd	40 W (2 x 20 W)
LTE	S1/1/1 (20 MHz MIMO)	6 MRFU/3 MRFUd	80 W (2 x 40 W)/120W (2 x 60 W)

 **NOTE**

The preceding configurations assume that each cell uses one dual-polarized antenna.

Table 2-2 lists typical configurations of a dual-mode BTS3900 or BTS3900 (Ver.C) cabinet.

Table 2-2 Typical configurations of a dual-mode BTS3900 or BTS3900 (Ver.C) cabinet

Mode	Typical Configurations	Number of RF Modules	Output Power of Each Carrier
GU	GSM S4/4/4 + UMTS S2/2/2	3 MRFUd	20 W + 40 W
GL	GSM S8/8/8 + LTE S1/1/1 (20 MHz MIMO)	3 MRFUd (GO) + 3 MRFUd (LO)	20 W + 80 W (2 x 40 W)
UL	UMTS S2/2/2 (MIMO) + LTE S1/1/1 (20 MHz MIMO)	3 MRFUd (UO) + 3 MRFUd (LO)	80 W (2 x 40 W) + 120 W (2 x 60 W)

Anexo 3: Ficha Técnica del RBS6201 de Ericsson

ERICSSON RBS 6201 INDOOR MACRO BASE STATION FEATURES AND CAPABILITIES

The RBS 6201 is an indoor site in a cabinet design delivering cost-effective coverage and capacity unrivaled in the industry. Featuring an extremely high degree of integration and modular building practice, the RBS 6201 is an entire site, including transmission and power in a single cabinet. It is to be used as main-remote configurations with Remote Radio Units (RRUs). Battery backup can be supported with a unit underneath or with a unit beside the base station.

- Entire site in a cabinet design
- Flexible channel sizes from 5 to 20 MHz
- Up to 4x4 MIMO support, expansion possible with additional radios

- 4 way receive diversity
- Remote Electrical Tilt (RET) support
- VSWR antenna supervision
- Tightly integrated network and site management system
- Full IP connectivity
- Gigabit Ethernet transport network interface
- Integrated power system for efficient on-demand power
- Battery backup options available
- Encrypted backhaul for bearer and control plane traffic



SPECIFICATIONS

PUBLIC SAFETY LTE BAND OPERATION

Transmitter Frequency Range	Band 14 (758 - 768 MHz) Band 20 (791 - 821 MHz) Band 26 (859 - 880 MHz) Band 28 (758 - 803 MHz)
Receiver Frequency Range	Band 14 (788 - 798 MHz) Band 20 (832 - 862 MHz) Band 26 (814 - 835 MHz) Band 28 (703 - 748 MHz)
Channel Bandwidth	5, 10, 15 or 20 MHz
Transmitter Power Output	Up to 2x40W on 2 Port Radios Up to 4x40W on 4 Port Radios

PHYSICAL AND ENVIRONMENTAL

Size (W x D x H)	23.6 x 19 x 56.5 in 600 x 483 x 1435 mm
Weight	474lb (215 kg)
Site Power	-48 VDC, +24VDC, 100-250 VAC
Operating Requirements	Temperature: +5° to +50° C Relative humidity: 5-85%

REGULATORY AND COMPLIANCE

EMC Compliance	2004/108/EC R & TTE directive 1999/5/EC EN 55022 Class B GSM: 11.21 FCC part 90
Product Safety Compliance	EN 60 950-1/IEC 60 950-1 Edition 2 EN 60 215/IEC 215 EN 60 529/IEC 529 UL 60 950-1, 2nd edition, Information Technology Equipment Including Electrical Business Equipment
	CSA C22.2 No. 60 960-1, Safety of Information Technology Equipment Including Electrical Business Equipment
	CSA 22.2 No. 1-M94, Audio, Video and Small Electronic Equipment