



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



ANÁLISIS Y EVALUACIÓN ESPECTRAL PARA EL USO DE LA
BANDA DE TVWS COMO TECNOLOGÍA DE ACCESO A
INTERNET EN LA COMUNIDAD CAMINACOYA DE LA
PROVINCIA DE AZÁNGARO

TESIS

PRESENTADA POR:

RENÉ UBALDO GUTIÉRREZ PAREDES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PUNO – PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN ESPECTRAL PARA EL USO DE LA BANDA DE TVWS COMO TECNOLOGÍA DE ACCESO A INTERNET EN LA COMUNIDAD CAMINACOYA DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO

AUTOR

René Ubaldo Gutiérrez Paredes

RECuento DE PALABRAS

18671 Words

RECuento DE CARACTERES

101032 Characters

RECuento DE PÁGINAS

95 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

12.4MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 25, 2024 10:07 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 25, 2024 10:09 AM GMT-5

● 11% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos:

- 9% Base de datos de Internet
- 5% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico



[Handwritten Signature]
Dr. Ing. Henry Iván Condori Alejo
CIP: 56684
V13
Dir. Fr. Ind. y M.

Resumen



DEDICATORIA

Tesis dedicada en primer lugar a Dios, por haber estado siempre apoyándome y no permitir que claudique, ya que en él siempre encontré el refugio para soportar los momentos más difíciles de esta etapa de mi vida.

A mis padres por haberme dado la vida, la voluntad y la oportunidad de estudiar brindándome también su apoyo incondicional, el gran esfuerzo que hicieron para que cumpla mi gran anhelo de ser profesional, a mi niña Anyelí, que es mi motivo de vida, a mi compañera de vida Violeta, con la que deseo llegar “Hasta viejitos”.

A mis amigos: Jaime Alzamora, Alicer Ramos, Edson Apaza y Adolfo Arratia, quienes siempre serán considerados mis grandes amigos, a mis familiares y a todas las personas que de un modo u otro me brindaron su apoyo o aporte en mi proceso de formación profesional, que fue muy arduo por la situación económica con la que se inició y culminé mis estudios, hoy puedo decir objetivo cumplido.

Por último, mi pueblo amado y muy bien considerado; Micro Valle Eco-turístico distrito de Chupa, y su encantadora Comunidad de Caminacoya, que esta investigación sea un aporte para cerrar la brecha en el área de las telecomunicaciones en el sector rural.

René Ubaldo Gutiérrez Paredes



AGRADECIMIENTOS

Gracias a esta universidad y a mi escuela profesional, por haberme permitido formarme en ella, de manera muy especial a los docentes y a todos y cada una de las personas que fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa y/o indirecta; fueron ustedes quienes realizaron un significativo aporte en esta etapa de mi vida, el cual hoy se está cerrando y se refleja en la culminación de mi paso por la universidad. Gracias a mis padres: Eduarda y Germán, que siempre estuvieron ahí durante todo este proceso, gracias a Dios, que fue el apoyo más grande en los momentos difíciles y de quién obtuve las fuerzas para no rendirme.

Encuentro este momento muy especial y espero perdure en el tiempo estos agradecimientos infinitos, no solo para las personas que mencioné en esta humilde página, sino también a quienes invirtieron su tiempo para echarle una mirada a este mi proyecto de tesis, a ellos también he de agradecerles con todo mi corazón.

René Ubaldo Gutiérrez Paredes



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	12
ABSTRACT.....	13

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.2. JUSTIFICACIÓN	16
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.3.1. Objetivo General	18
1.3.2. Objetivos Específicos	18

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. COMUNICACIONES RURALES.....	19
2.2. UTILIZACIÓN DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	21
2.2.1. Banda de la Televisión	21
2.2.2. TV White Spaces.....	23
2.2.3. Regulación del espectro de TVWS	24
2.2.4. TVWS en el Perú	25
2.3. TECNOLOGÍA 5G	26
2.4. ANTECEDENTES	27
2.5. HIPÓTESIS	30
2.5.1. Hipótesis general	30
2.5.2. Hipótesis específicas	30



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO	31
3.2. METODOLOGÍA	34
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	35
3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS	35
3.4.1. G-NetTrack	36
3.4.2. Radio Definido por Software USRP B100.....	38
3.4.3. GNU Radio.....	41
3.4.4. Receptores de TV comerciales.....	41
3.4.5. Estimación de canal ocupado	42

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DE LA COBERTURA CELULAR EN CAMINACOYA ..	44
4.1.1. Cobertura informada por OSIPTEL	44
4.1.2. Drive Test realizado en Caminacoya	46
4.2. OCUPACIÓN DE LA BANDA DE TV EN CAMINACOYA.....	54
4.3. VIABILIDAD PARA IMPLEMENTAR SISTEMAS 5G EN TVWS.....	66
4.4. DISCUSIÓN	69
V. CONCLUSIONES.....	70
VI. RECOMENDACIONES.....	72
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXOS	76

Área: Telecomunicaciones

Tema: Utilización de la banda de TVWS para comunicaciones rurales.

Fecha de sustentación: 31 de enero de 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Estándares para TVWS	24
Tabla 2 Datos de la comunidad Caminacoya - INEI	31
Tabla 3 Operacionalización de variables	35
Tabla 4 Presencia de tecnologías móviles en Caminacoya.....	48
Tabla 5 Nivel de la señal en función de la potencia recibida en dBm	49
Tabla 6 Clasificación de los niveles de señal en Caminacoya.....	51
Tabla 7 Ocupación de los canales de TV en la banda VHF.....	59
Tabla 8 Ocupación de los canales de TV en la banda UHF.....	59
Tabla 9 Total de espectro de TVWS en Caminacoya	61
Tabla 10 Porciones de TVWS adyacentes en VHF	62
Tabla 11 Porciones de TVWS adyacentes en UHF	62
Tabla 12 Clasificación del espectro disponible según ancho de banda	64
Tabla 13 Rangos de frecuencia de operación para sistemas 5G	67
Tabla 14 Compatibilidad de bandas TVWS con la tecnología 5G	67
Tabla 15 Configuraciones de ancho de banda de transmisión para BS	68
Tabla 16 Configuraciones de ancho de banda de transmisión para UE.....	68



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Requisitos para sistemas de comunicaciones rurales	20
Figura 2 Frecuencias atribuidas al sistema de televisión terrestre en Perú.....	22
Figura 3 Espacios en blanco de la TV	23
Figura 4 Características principales de la tecnología 5G y casos de uso.....	26
Figura 5 Localización geográfica de Caminacoya.....	33
Figura 6 Área objeto del estudio.....	33
Figura 7 Entorno de parámetros de la herramienta G-NetTrack.....	36
Figura 8 Entorno de mapas de la herramienta G-NetTrack	37
Figura 9 Componentes de un SDR.....	39
Figura 10 Equipamiento SDR - USRP B100.....	40
Figura 11 Antena Log Periódica LP0410	40
Figura 12 Entorno GNU Radio	41
Figura 13 Cobertura en Caminacoya según OSIPTEL.....	45
Figura 14 Operadoras presentes en Caminacoya – OSIPTEL	45
Figura 15 Ruta del Drive-test en Google Earth	47
Figura 16 Tecnologías móviles presentes en Caminacoya	48
Figura 17 Clasificación según el nivel de señal recibido.....	50
Figura 18 Potencia en dBm vs número de puntos.....	50
Figura 19 Velocidad de descarga en Caminacoya – primera prueba.....	52
Figura 20 Velocidad de carga en Caminacoya – primera prueba	52
Figura 21 Velocidad de descarga en Caminacoya – segunda prueba	53
Figura 22 Velocidad de carga en Caminacoya – segunda prueba	53
Figura 23 Localización de puntos de medida para estimar TVWS	55



Figura 24	Diagrama de conexión de instrumentos de medición.....	56
Figura 25	Foto realizando medidas en el punto A – Km 13	56
Figura 26	Foto realizando medidas en el punto B – Km 14	57
Figura 27	Foto realizando medidas en el punto C – Km 15	57
Figura 28	Foto realizando medidas en el punto D – Km 17.5	58
Figura 29	Canales ocupados en la banda VHF	60
Figura 30	Canales ocupados en la banda UHF	61
Figura 31	Canales de TV adjudicados en la provincia de Azángaro	65



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1: Decreto Supremo N° 024-2021-MTC	76
ANEXO 2: Canales De TV licenciados en el Departamento Puno	77
ANEXO 3: Tabla de medidas de telefonía celular recolectadas en Caminacoya.....	83
ANEXO 4: Especificaciones técnicas del USRP B100.....	92
ANEXO 5: Declaración jurada de autenticidad de tesis.....	94
ANEXO 6: Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional.....	95



ACRÓNIMOS

DSA:	Dynamic Spectrum Alliance
ETSI:	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones
FCC:	Federal Communications Commission
IEEE:	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IoT:	Internet de las cosas
INEI:	Instituto Nacional de Estadística e Informática
MTC:	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
PNAF:	Plan Nacional de Atribución de Frecuencias
QoS:	Calidad de servicio
SDR:	Software Defined Radio
TVWS:	TV White Spaces
UHF:	Ultra High Frequency
VHF:	Very High Frequency
eMBB:	Enhanced Mobile Broadband
mMTC:	Massive Machine Type Communication
uRLL:	Ultra-Reliable Low Latency Communication
USRP:	Universal Software Radio Peripheral
ADC:	Analog to Digital Converter
DAC:	Digital to Analog Converter
KPI:	Indicador clave de rendimiento



RESUMEN

Un desafío actual en telecomunicaciones es proveer de acceso a Internet de banda ancha en zonas rurales. Implementar sistemas celulares 4G/5G en este tipo de entornos es costoso y no rentable para las operadoras. Por otro lado, un espectro de frecuencias de reciente interés, debido a su baja frecuencia y mayor cobertura, es el llamado espectro de los “espacios en blanco de la Televisión” (TVWS – TV White Spaces), que se refiere a los canales de la banda de TV que no están siendo utilizados. En este trabajo se analiza y evalúa el espectro electromagnético para la utilización de la banda TVWS como frecuencia de operación para sistemas celulares en la Comunidad Caminacoya de la provincia de Azángaro, departamento de Puno. Para alcanzar el objetivo, se analizó la cobertura de los operadores de sistemas celulares en dicha comunidad; por medio de mediciones de campo evaluamos la ocupación de la banda de TV, finalmente analizamos la viabilidad técnica para el uso de la tecnología TVWS como frecuencia de operación de sistemas de telefonía móvil 5G en la comunidad Caminacoya. Los resultados mostraron que existe muy poca cobertura de sistemas celulares en la comunidad Caminacoya. Se encontró 54 MHz de espectro libre en la banda VHF y 168 MHz en la banda UHF. Finalmente se determinó que técnicamente es viable implementar sistemas de telefonía móvil 5G sobre la banda de TVWS, lo que permitiría proveer acceso a internet de banda ancha a bajo costo en la comunidad de Caminacoya.

Palabras clave: Área rural, Conectividad, Ocupación espectral, TV white space, Tecnología 5G.



ABSTRACT

A current challenge in telecommunications is providing broadband Internet access in rural areas. Implementing 4G/5G cellular systems in these types of environments is expensive and not profitable for operators. On the other hand, a frequency spectrum of recent interest, due to its low frequency and greater coverage, is the so-called TV White Spaces (TVWS), which refers to television channels that are not being used. In this work, the electromagnetic spectrum is analyzed and evaluated to use the TVWS band as an operating frequency for cellular systems in the Caminacoya Community of the province of Azángaro, department of Puno. To achieve the objective, the coverage of cellular system operators in said community was analyzed; Through field measurements we evaluate the occupancy of the TV band, finally we analyze the technical feasibility to use TVWS technology as the operating frequency of 5G mobile telephone systems in Caminacoya community. The results showed that there is very little coverage of cellular systems in the Caminacoya community. The measures allowed to estimate 54 MHz of free spectrum in the VHF band and 168 MHz in the UHF band. Finally, it was determined that it is technically feasible to implement 5G mobile telephone systems over the TVWS band, which would allow providing low-cost broadband internet access in the Caminacoya community.

Keywords: Rural area, Connectivity, Spectral occupancy, TV white space, 5G technology.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los avances tecnológicos en sistemas de telecomunicaciones están permitiendo cada vez más mayor capacidad de comunicación y cobertura en entornos urbanos. Sin embargo, en entornos rurales, aún es un gran desafío proveer acceso a Internet de banda ancha debido a la escasa infraestructura de comunicaciones desplegada en estos entornos (Zhang et al., 2021).

Zonas rurales se caracterizan por ocupar áreas geográficas extensas, tener baja densidad poblacional y baja economía. Esas características hacen que implementar sistemas celulares como 4G/5G en estos entornos sea poco viable, ya que para poder dar cobertura a un área extensa es necesario instalar varias estaciones base, lo que es costoso; se estima que construir una estación base celular puede llegar a costar hasta 250,000 dólares; además la poca densidad de población hace que no sea económicamente rentable para las operadoras.

Cerrar la brecha digital que existe en zonas rurales permitiría mejorar la calidad de vida y las oportunidades económicas de la población en estas áreas. Sin embargo, aún hay escasas de soluciones tecnológicas que permitan proveer conectividad en zonas rurales a bajo costo. Solucionar esta problemática se volvió un objetivo principal de entidades internacionales como la FCC - Comisión Federal de Comunicaciones (Federal Communications, 2020).

Actualmente a los servicios de telecomunicaciones inalámbricos se les asigna el espectro electromagnético de forma estática, es así que una frecuencia concesionada solo



puede ser utilizado por el servicio al que le fue concesionado. No obstante, estudios de ocupación espectral mostraron que este recurso está siendo poco utilizado por algunos servicios (Taher et al., 2011).

La comunidad académica e industrial ha mostrado un especial interés por la banda de frecuencia del servicio de televisión, debido a que el rango de frecuencia en que operan (54 MHz – 216 MHz en VHF y 470MHz – 698MHz en UHF) posee buenas características de propagación y cobertura, además de su ancho de banda (Nekovee, 2009). En teoría, esas características permitirían proveer conectividad de banda ancha y cobertura en áreas extensas.

Estudios de ocupación espectral de la banda de TV en varias partes del mundo mostraron que ese espectro está siendo poco utilizado. Estudios como: (Nekovee, 2009), (Van de Beek et al.), (Makris et al., 2012), (Kurnaz et al., 2016), (Jiménez Moposita, 2017), (Corral-De-Witt, 2019), entre otros, mostraron que en esa banda existe en promedio más de 120 MHz sin utilizar.

En la literatura, los canales de TV que no son utilizados son denominados como “espacios en blanco de la TV” del inglés TV White Spaces (TVWS). La utilización de TVWS para diferentes servicios fue aprobada por Instituciones como la FCC y la Ofcom (Office of Communications), en ese sentido algunos estándares para su utilización fueron desarrollados a lo largo de los años por instituciones como la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), Ecma International, etc. (Zhang et al., 2018).

Una propuesta para solucionar la escasez de conectividad en entornos rurales es la utilización de la banda de TVWS como frecuencia de operación de otras tecnologías inalámbricas, especialmente como banda de operación de sistemas celulares como 5G,



que soporta aplicaciones de Internet de las cosas (IoT). Esto permitiría incrementar la cobertura celular utilizando menos infraestructura.

La utilización de la tecnología de TVWS en áreas rurales está siendo de gran interés en varios países, que empezaron a estudiar la tecnología para crear sus regulaciones. En Perú, el año 2021 fue publicado el Decreto Supremo N°024-2021-MTC donde se aprueba la reutilización del espectro de frecuencias 470 – 698 MHz desocupados para otros servicios de telecomunicaciones. Sin embargo, para implementación real es necesario realizar estudios previos de campo e implementar políticas de acceso y técnicas de control para evitar interferencia con los sistemas actuales.

Es así que este trabajo tiene como objetivo analizar y evaluar el espectro electromagnético para la utilización de la banda de TVWS como banda de operación de sistemas de telefonía móvil 5G, esto para proveer acceso a internet de banda ancha en la Comunidad Caminacoya, provincia de Azángaro, departamento Puno. Para eso analizamos el grado de presencia de los servicios de telecomunicaciones en dicha comunidad, evaluamos la cantidad de espectro TVWS y analizamos la viabilidad técnica de la utilización de TVWS como banda de operación de sistemas 5G para su implementación en la comunidad de Caminacoya.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Uno de los grandes desafíos en telecomunicaciones es el acceso a Internet de banda ancha en entornos rurales. En el Perú, Puno es una de las regiones que más sufre por la escasez de conectividad en entornos rurales, en la pandemia de COVID-19 se reportaron casos en que niños de sectores rurales tenían que escalar cerros para escuchar radio y recibir sus clases. A pesar de que se viene instalando redes de fibra óptica en Puno, estas sólo llegarían hasta localidades o pueblos y no hasta los entornos rurales. Otras



alternativas como utilizar enlaces de microondas o sistemas satelitales no son opciones económicamente viables porque los usuarios de estos entornos generalmente se dedican a actividades como la agricultura, ganadería, etc. y necesitan soluciones económicas y no soluciones orientadas a negocio. La telefonía móvil también es escasa en estos entornos y en lugares donde hay cobertura la red no puede sostener aplicaciones como videollamadas o aulas virtuales debido a la falta de banda ancha.

Una solución planteada en la literatura es la utilización de TVWS para brindar acceso a internet en entornos rurales. La banda de TV está en el rango de 470 – 698 MHz, y estas frecuencias bajas tienen como característica lograr mayor alcance de propagación, lo que es ideal en entornos rurales. Por ejemplo, con tan solo una estación base operando en esta frecuencia se podría alcanzar hasta 30 Km de cobertura.

Sin embargo, utilizar las frecuencias de TVWS para la operación de otros sistemas podría ocasionar interferencias con los servicios de telecomunicaciones concesionados, es por eso que antes de implementar esta tecnología es necesario analizar su viabilidad técnica y operacional, así como evaluar el espectro electromagnético en cada lugar donde se requiera implementar dicha tecnología, que es el objetivo de este proyecto.

Algunas justificativas académicas son:

- En Perú existe pocos trabajos que traten sobre el uso de la banda de TVWS, lo que representa una oportunidad de investigación.
- Hace falta en la literatura peruana campañas de mediciones en campo que nos permitan conocer la ocupación del espectro electromagnético, especialmente en entornos rurales.
- Falta trabajos sobre la viabilidad de implementar sistemas de telefonía móvil como 5G en la banda de TVWS en el Perú.



1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo General

Analizar y evaluar el espectro electromagnético para la utilización de la banda de TVWS como banda de operación de sistemas de telefonía móvil 5G en la comunidad Caminacoya de la provincia de Azángaro, departamento Puno.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar en que porcentaje los servicios de telecomunicaciones móviles están presentes en la comunidad Caminacoya.
- Evaluar la banda del sistema de TV para estimar la cantidad de espectro de TVWS en dicha comunidad.
- Analizar la viabilidad técnica para la utilización de la tecnología de TVWS como banda de operación de sistemas de telefonía móvil 5G a fin de brindar acceso de internet en la comunidad Caminacoya.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. COMUNICACIONES RURALES

Según la ITU, las zonas rurales y distantes son lugares donde existe baja densidad de población y sufren de la ausencia de infraestructura de telecomunicaciones. Las telecomunicaciones son medios para proporcionar educación y capacitación, permiten aumentar la economía rural, disminuir la pobreza y mejorar la calidad de vida de las personas en esos sectores. Por otro lado, el aumento de la producción del sector rural es beneficioso también para el sector urbano, que podrá acceder a precios más bajos.

Algunos beneficios de mejorar conectividad en zonas rurales se presentan a continuación (Zhang et al., 2021):

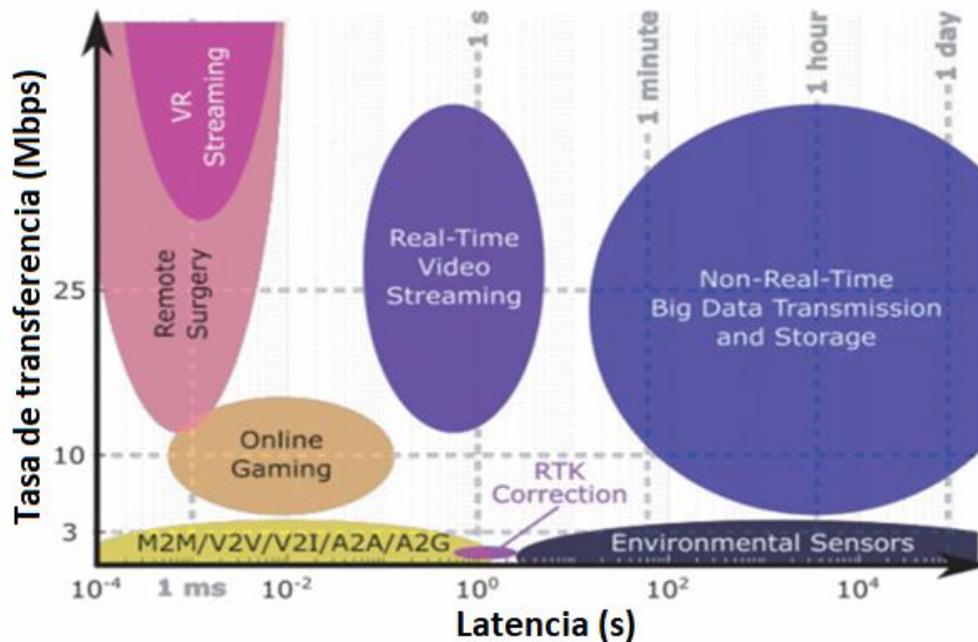
- Bienestar residencial: podrían acceder a compras en línea, banca móvil, entretenimiento, etc. Aumentaría la calidad de vida y reduciría la migración de personas del entorno rural al urbano. Impulsaría el teletrabajo, la teleeducación y la telesalud.
- Agricultura digital: existe varias tecnologías para mejorar la producción, métodos para controlar cultivos, etc., volviendo a la agricultura en una agricultura inteligente. Sin embargo, estas soluciones necesitan de conectividad.
- Transporte: En caminos rurales, la conectividad ayudaría a mejorar la seguridad y reducir accidentes. Crear mapas dinámicos con información actualizada.

Por otro lado, los organismos internacionales han determinado indicadores de calidad para sistemas de comunicaciones en entornos rurales. Algunos de ellos son: calidad de servicio (QoS), el rendimiento y la latencia.

Por ejemplo, para la comunicación de sensores ambientales se necesita de una tasa de transferencia de hasta 3 Mbps y una latencia de 10^4 segundos. Para realizar transmisión de video en tiempo real se necesitaría una media de 25 Mbps y 1 segundo de latencia. Para aplicaciones de realidad virtual o cirugías remotas es necesario más de 25 Mbps y latencias de 1ms. Estos requisitos y sus valores pueden verse en la Figura 1 (Zhang et al., 2021).

Figura 1

Requisitos para sistemas de comunicaciones rurales



Fuente: (Zhang et al., 2021)

Estos requisitos fueron determinados pensando en aplicaciones futuras para el entorno rural. Otros requisitos que se pueden mencionar son la cobertura, uso de energía, confiabilidad y disponibilidad.



De esta forma, existe varias propuestas tecnológicas para proveer acceso a internet de banda ancha en zonas rurales, entre ellas tenemos: Redes de telefonía celular, sistemas satelitales, enlaces de microondas, etc. Sin embargo, estos servicios tienen costos elevados. Otra propuesta en la literatura es la reutilización de los espacios en blanco del espectro de TV para otros fines.

2.2. UTILIZACIÓN DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

El espectro electromagnético es un recurso limitado que tiene que ser compartido por el gran número de tecnologías actuales y sistemas de telecomunicaciones inalámbricos futuros que están surgiendo en los últimos años. Sin embargo, la mayor parte de este espectro ya está concesionado a servicios de telecomunicaciones actuales, esto causa que haya una escasez de espectro para ser asignado a nuevas tecnologías (Arellanos Galván).

Debido a que es un recurso limitado se ha visto la necesidad de optimizar su utilización. Por otro lado, algunos estudios iniciales como (Taher et al., 2011) demostraron que el porcentaje de la ocupación global del espectro electromagnético no supera el 20%, además se encontró que el espectro era bastante utilizado en algunos servicios y poco utilizado en otros servicios. Un caso de estudio es la ocupación del espectro de la banda de TV.

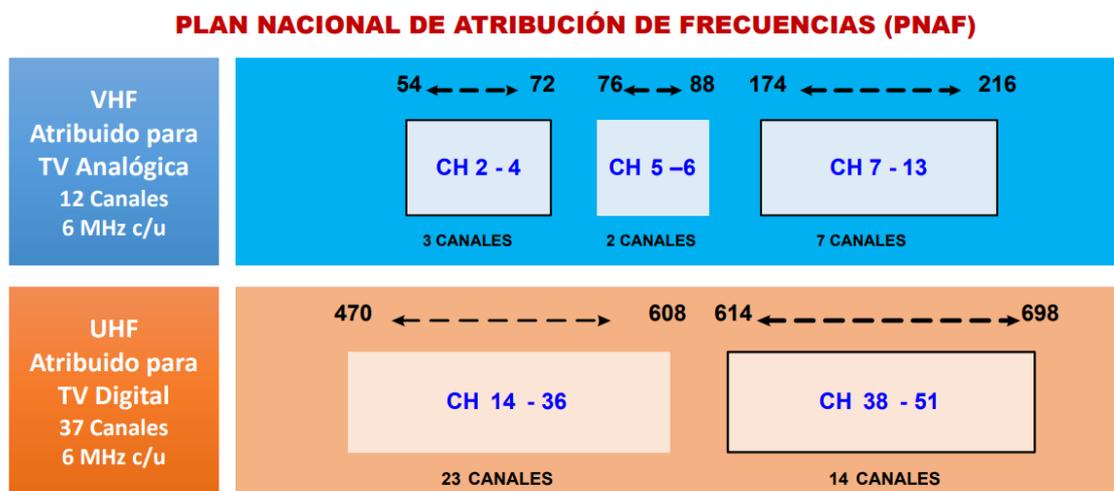
2.2.1. Banda de la Televisión

Los sistemas de televisión terrestre generalmente son implementados en dos bandas de frecuencias denominadas VHF (Very High Frequency) y UHF (Ultra High Frequency) y dependiendo del estándar utilizado en cada país pueden ser implementados en canales de 6 MHz o 8 MHz de ancho de banda.

En el Perú, el espectro electromagnético es asignado de acuerdo al Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF). Para el sistema de TV terrestre, el PNAF atribuye dos grupos de frecuencias: 12 canales en la banda VHF y 37 canales en la banda UHF. La Figura 2 muestra esta clasificación.

Figura 2

Frecuencias atribuidas al sistema de televisión terrestre en Perú



Fuente: (PNAF, 2023)

En esta configuración, el canal 37 (608 MHz – 614 MHz) de la banda UHF es destinado para ser utilizado por el sistema de radioastronomía.

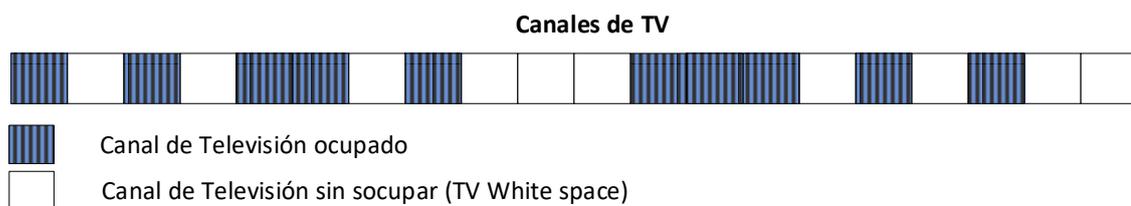
En el Perú, las frecuencias para los canales de televisión son asignadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Los sistemas de televisión en su gran mayoría son implementados en ciudades, donde existe demanda. El en sector rural, debido a la poca población, estos sistemas de TV no son muy utilizados. Así, estudios de ocupación espectral realizados en banda de TV, mostraron que no estaba eficientemente utilizada y que existía canales donde no se transmitía.

2.2.2. TV White Spaces

En la literatura, los canales de la banda de TV que no son ocupados temporalmente en un cierto tiempo y en una determinada área son llamados de espacios en blanco de la TV, del inglés TVWS (TV White Spaces). La Figura 3 ilustra el concepto de TVWS, donde se muestra que la banda de la TV es dividida en canales que son atribuidos a diferentes emisoras de televisión, estos canales pueden estar transmitiendo o no.

Figura 3

Espacios en blanco de la TV



Elaboración propia

Debido a mediciones iniciales de la ocupación del espectro de TV, entidades como la FCC permitieron que la banda TVWS sea utilizada por otros sistemas de manera oportunista, ósea que fuesen utilizados cuando los usuarios licenciados no los estén utilizando. Para evitar interferencias, determinó algunas reglas de utilización como por ejemplo detectar las señales de hasta -114dBm de los sistemas licenciados. Otra condición fue la protección de los canales de TV adyacentes, etc. Es así que se desarrollaron estándares para la utilización de la banda de TVWS.

2.2.3. Regulación del espectro de TVWS

Actualmente uno de los principales estándares para la utilización de TVWS es el estándar IEEE 802.22 (Cordeiro et al., 2005), y especifica el uso de la banda TVWS para sistemas inalámbricos en áreas rurales.

También se especificaron límites para determinar si un canal está ocupado o no. Estas normas especifican que se debe desocupar el canal si se detecta los siguientes niveles de señal (Van Tam et al., 2011):

- En televisión digital: -116 dBm en un canal de 6 MHz
- En televisión Analógica: -94 dBm en el pico de la portadora
- En micrófonos inalámbricos: -107 dBm

Otros estándares para la utilización de la banda de TVWS fueron desarrollados por diferentes organismos, una lista completa de estándares de TVWS puede ser encontrando en (Zhang et al., 2018). La Tabla 1 muestra algunos de ellos.

Tabla 1

Estándares para TVWS

Organización	Estándar	Características
ETSI	ETSI	Viabilidad de actividades de estandarización relacionadas a sistemas de radios reconfigurables.
CogNea	ECMA-392	Especifica las capas MAC y PHY para redes inalámbricas cognitivas personales/portátiles operando en la banda de TVWS.
IEEE	802.22	Especifica el uso de la banda de TVWS para sistemas inalámbricos en áreas rurales.
	802.11af	Especifica tecnologías para utilizar TVWS en redes de área local inalámbrica (WLAN).
	802.15.4M	Especifica tecnologías habilitadoras de TVWS para tasas bajas.

Fuente: (Zhang et al., 2018)



Además de la creación de estándares para el uso de TVWS, surgió la Dynamic Spectrum Alliance (DSA), que es una organización global, intersectorial y sin fines de lucro que aboga por leyes y regulaciones para utilizar más eficientemente el espectro y lograr conectividad factible para todos. Esta organización conformada por empresas como Microsoft, Google, Meta, Cisco, Amazon, etc. también impulsa el uso de TVWS para proveer acceso a internet de banda ancha.

2.2.4. TVWS en el Perú

La utilización de la tecnología de TVWS para brindar acceso a internet de bajo costo en áreas rurales está siendo de gran interés en diversos países, los cuales empezaron a estudiar dicha tecnología para implementar normas que permitan su adopción.

En el Perú, el año 2021 fue publicado el Decreto Supremo N°024-2021-MTC donde se aprueba la utilización de la banda de TVWS para otros servicios inalámbricos. Si embargo la adopción de esta tecnología presenta desafíos que deben ser considerados y estudiados. De esta manera, es necesario realizar estudios previos de campo para determinar su viabilidad técnica, económica, social, etc. Además, se requiere la creación de políticas de uso para evitar interferencias con los usuarios licenciados.

Una tecnología que podría ser implementada en la banda de TVWS es la telefonía celular, que actualmente se encuentra en el estándar 5G, llamado oficialmente IMT-2020.

2.3. TECNOLOGÍA 5G

La telefonía celular ha evolucionado a lo largo de los años, por medio de tecnologías 2G, 3G y 4G se ha ido mejorando la capacidad de comunicación, desde solo realizar llamadas telefónicas hasta consumir videos en alta definición. La tecnología 5G debe permitir más velocidad, latencias muy bajas y soportar conexión de un alto número de dispositivos.

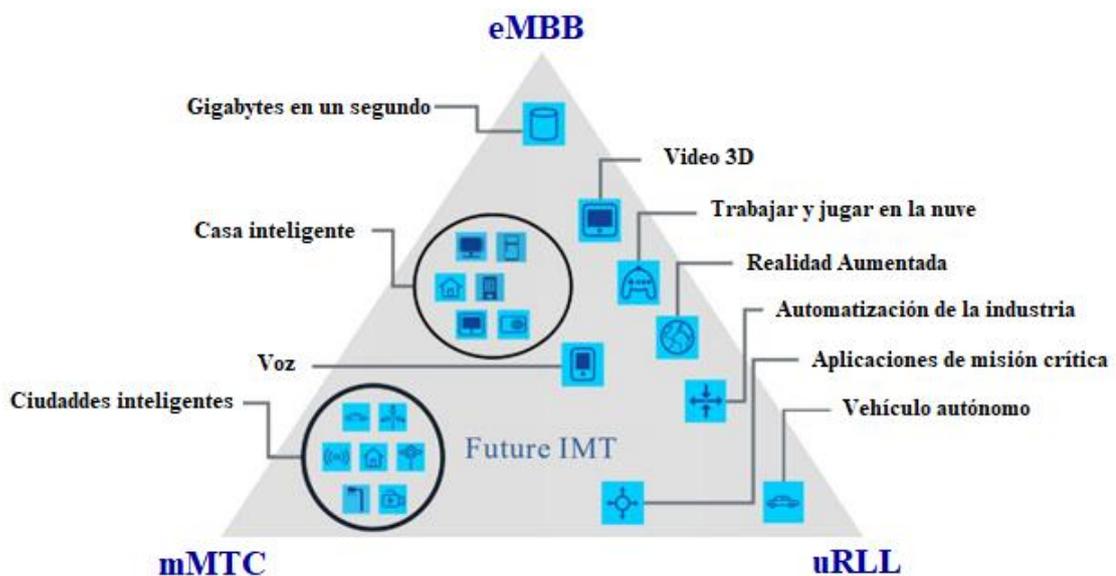
Las tres características principales de la tecnología 5G son (IMT, 2015):

- **eMBB**:Enhanced Mobile Broadband
- **mMTC**:Massive Machine Type Communication
- **uRLL**:Ultra-Reliable Low Latency Communication

La Figura 4 muestra las características principales de la tecnología 5G y los casos de uso donde serán aplicadas.

Figura 4

Características principales de la tecnología 5G y casos de uso



Fuente: (IMT, 2015)



La tecnología 5G fue desarrollada para ser la infraestructura sobre la cual deben implementarse tecnologías como la realidad virtual, la realidad aumentada, los vehículos autónomos, ciudades inteligentes, industria 4.0, etc. Pensando en ello, los requisitos de la tecnología 5G son (Agiwal et al., 2016):

- Tasa de transferencia de datos de hasta 10 Gbps;
- Latencia de 1ms;
- Gran ancho de banda por unidad de área;
- Soporte de conexión para gran número de dispositivos, para aplicaciones de IoT.
- Disponibilidad del 99.999%;
- Garantizar gran cobertura.
- Reducir el consumo de energía en 90%
- Alta duración de la vida útil de la batería.

2.4. ANTECEDENTES

La telefonía móvil ha ido evolucionando cada vez más a través de las tecnologías 2G, 3G, 4G y 5G. Se espera que la tecnología 5G proporcione altas tasas de datos, latencia muy baja y soporte para conexión de gran cantidad de dispositivos. Sin embargo, implementar estas tecnologías en áreas rurales es un gran desafío debido a la extensa área de estos ambientes y a la cobertura limitada de los sistemas móviles.

Una propuesta para la conectividad en áreas rurales es el uso del espectro de la banda de televisión terrestre. Debido a su ancho de banda y su baja frecuencia de operación, esta frecuencia de operación permitiría dar mayor cobertura a áreas extensas y ofrecer gran capacidad de comunicación (Nekovee, 2009). Estudios de ocupación espectral para determinar la cantidad de espectro de TV no utilizado (TVWS disponible) fueron realizados, algunos de ellos son:



- En el Reino Unido se encontró que en más del 50% de su área es posible tener más de 150 MHz de espectro disponible de TVWS (Nekovee, 2009).
- En Europa, un estudio realizado considerando 11 países determinó que en promedio el 56% de los canales de TV no estaban siendo utilizados (Van de Beek et al., 2011).
- Otro estudio en Europa determinó que existía 125 MHz de espectro disponible de TVWS (Makris et al., 2012).
- En Turquía, mediante mediciones se encontró que en la banda de TV (470 MHz a 790 MHz) había 120 MHz de espectro de TVWS no utilizado (Kurnaz et al., 2016).
- El análisis de ocupación espectral en una zona urbana de Ecuador encontró que el 41.53% de la banda de TV no estaba siendo utilizada (Jiménez Moposita, 2017).
- Los resultados de otro trabajo muestran que la disponibilidad de TVWS cambia significativamente con las variaciones espaciales. Pero, incluso en las ubicaciones de espectro más concurridas, el 28% de los canales de UHF se identificaron como TVWS (Corral-De-Witt, 2019).
- En África también se realizaron estudios de ocupación espectral. Los resultados revelaron que los niveles de ocupación del espectro para las seis ubicaciones consideradas son: 16,6%, 11,9%, 18,9%, 23,1%, 17,7% y 19,4% respectivamente. En promedio, sólo se utiliza efectivamente el 17,9% del espectro, lo que indica que existe una gran cantidad de espectro desocupado (Lasisi et al., 2022).
- La ocupación espectral de la banda de TV también fue comparada en diversos escenarios. En (Ubom & Ukommi, 2022) se encontró que la utilización de la banda UHF de TV en las tres localidades en estudio fueron del 98%, 76% y 33%. Lo que indicó que existen anchos de bandas disponibles de 8 MHz, 96 MHz y 264



MHz en ambientes urbanos, semiurbanos y rurales respectivamente, lo que puede ser considerado como TVWS.

Los resultados de los estudios anteriores demuestran que el espectro de la banda de TV está siendo poco utilizado en todo el mundo, lo que motiva la reutilización de la banda de TVWS para otros servicios.

En ese sentido, surgieron propuestas para utilizar la banda de TVWS como banda de operación de sistemas móviles 5G en entornos rurales, esto permitiría brindar acceso a internet de banda ancha en dichos entornos a bajo costo. Estas propuestas fueron estudiadas en la literatura:

- En (Khalil et al., 2017) se presenta las consideraciones de factibilidad, arquitectura y costo del uso de TVWS para el acceso rural a Internet en 5G.
- En (Ferreira et al., 2019) se propone una capa física (PHY) y una capa de control de acceso al medio (MAC) para utilizar de manera oportunista los espacios en blanco de TV (TVWS), también presenta resultados de pruebas de campo realizadas sobre una plataforma de radio definido por software (SDR).
- En (Katzis et al., 2020) se presenta las ventajas de emplear espectro de TVWS así como los desafíos de este tipo de arquitectura de comunicación. El documento también evalúa el rendimiento de un sistema de este tipo basado en el estándar IEEE 802.22 y el modelo de pérdida de ruta de espacio libre ITV - R P.452.

Sin embargo, antes de utilizar la tecnología de TVWS es necesario realizar estudios y mediciones para evaluar el estado actual de la banda, estimar la cantidad de espectro disponible y si esta es suficiente para poder implementar tecnologías como 5G sobre dicha banda. También es necesario analizar la viabilidad técnica e identificar posibles causas de interferencia.



Basado en esos antecedentes, este trabajo tuvo como objetivo analizar y evaluar el espectro electromagnético para la utilización de la banda de TVWS como banda de operación de sistemas móviles 5G en la Comunidad Caminacoya de la provincia de Azángaro, departamento Puno. Para demostrar que existen mecanismos técnicos suficientes que hagan posible ofrecer conectividad de banda ancha y de bajo costo en entornos rurales, se plantearon las siguientes hipótesis.

2.5. HIPÓTESIS

2.5.1. Hipótesis general

El análisis y la evaluación del espectro electromagnético demuestran que existe suficiente espectro de TVWS en la comunidad Caminacoya, y que es viable la utilización de dicho espectro como banda de operación de sistemas móviles 5G para ofrecer acceso a internet de bajo costo en dicha comunidad.

2.5.2. Hipótesis específicas

- El análisis de los servicios de telecomunicaciones mostrará que existe muy poca cobertura de sistemas móviles en la comunidad Caminacoya.
- La evaluación de la banda del sistema de TV estimará que existe gran cantidad de espectro de TVWS en dicha comunidad.
- Es viable técnicamente utilizar la tecnología de TVWS como banda de operación de sistemas de telefonía móvil 5G para brindar acceso a internet en la comunidad de Caminacoya.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

La investigación se desarrolló en la comunidad campesina Caminacoya, que pertenece al distrito de Chupa, provincia de Azángaro, departamento Puno.

Esta comunidad fue escogida para el desarrollo de este proyecto porque realiza actividades representativas de la mayoría de zonas rurales. En Caminacoya se practica la pesca artesanal, el cultivo de plantas aromáticas, agricultura y ganadería. Además, está localizado a orillas del lago Arapa, catalogado como el menos contaminado de la cuenca del Titicaca lo que hace que sea un lugar con potencial atractivo turístico.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (INEI, 2023), Caminacoya se encuentra localizada en las coordenadas: Longitud -69.9178450000 y latitud -15.1783900000, a una altitud de 3849.8 msnm. Algunas informaciones adicionales se presentan en la Tabla 2, obtenida de la web del INEI (INEI, 2023).

Tabla 2

Datos de la comunidad Caminacoya - INEI

Descripción	Total
Departamento	Puno
Provincia	Azángaro
Distrito	Chupa
Centro poblado	Caminocolla
Código de ubigeo y centro poblado	2102060039
Longitud	-69.9178450000
Latitud	-15.1783900000
Altitud	3849.8



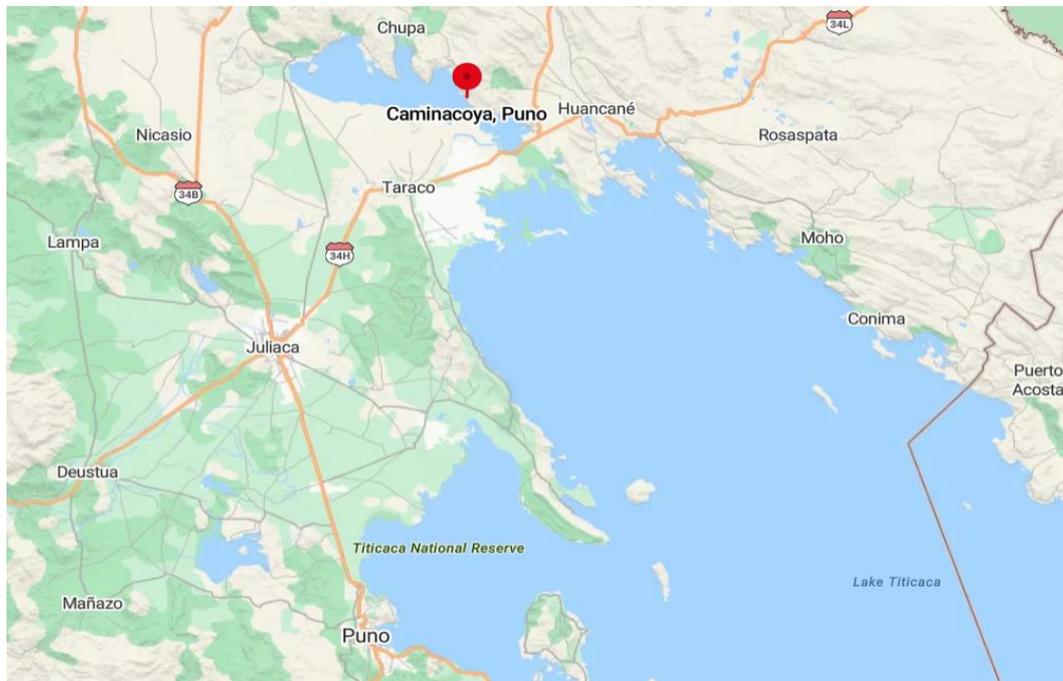
Descripción	Total
Población	150
Vivienda	171
Agua por red publica	Si
Energía eléctrica en la vivienda	Si
Desagüe por red publica	No
Vía de mayor uso	Camino de trocha
Transporte de mayor uso	Automóvil
Tiempo en minutos hacia la capital del distrito	30
Distancia del centro poblado hacia la capital del distrito(km)	36.3
Distancia del centro poblado hacia el centro de salud más cerca	18.5
Alumbrado publico	No
Teléfono publico	No
Local comunal	Si
Hostal / albergue	No
Estación de radio	No
Institución educativa primaria	Si
Institución educativa secundaria	No
Establecimiento/ puesto de salud	No
Puesto policial	No
Oficina de correo	No
Cabina de internet	No
Un cuartel militar o policial	No
Una vía férrea	No
Pistas y veredas en la mayoría de sus calles y/o manzanas	No
Canales de drenaje en las calles para la evacuación de las aguas	No
Idioma o lengua que se habla con mayor frecuencia	Quechua

Fuente: (INEI, 2023)

La Figura 5 muestra la localización geográfica de Caminacoya y su ubicación en relación a ciudades como Puno, Juliaca y el lago Titicaca. La Figura 6 muestra el área total de la comunidad, objeto de estudio en el presente trabajo.

Figura 5

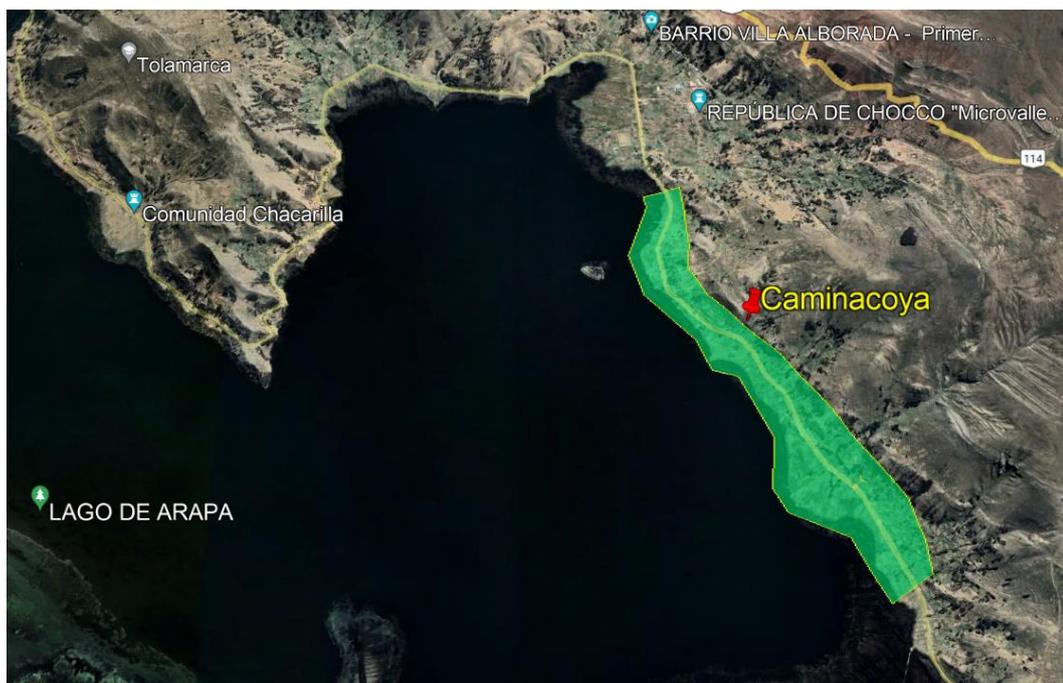
Localización geográfica de Caminacoya



Fuente: Microsoft Bing Maps

Figura 6

Área objeto del estudio



Fuente: Elaborado con Google Earth



Caminacoya es una comunidad que está situada a lo largo de la carretera desvío Huancané, Putina – Chupa. Su extensión es de aproximadamente 4.5 Km y se encuentra a orillas del lago Arapa.

3.2. METODOLOGÍA

Esta investigación es de tipo cuantitativa y experimental. Cuantitativa porque se analiza los servicios de telecomunicaciones para determinar el grado de presencia de estos servicios en la comunidad Caminacoya. Es de tipo experimental ya que se utiliza mediciones de campo para comprobar la hipótesis planteada utilizando el método científico.

Los experimentos fueron realizados en varios sectores de la comunidad Caminacoya de la provincia de Azángaro, el proceso está compuesto por:

- Análisis teórico de la cobertura celular con informaciones de OSIPTEL y operadoras.
- Mediciones en campo de la cobertura celular en Caminacoya, utilizando drive test y la herramienta G-NextTrack.
- Mediciones del espectro para determinar la cantidad de canales de TV libres (TVWS) utilizando analizadores de espectro, receptores comerciales de TV y equipos de radio definido por software (SDR – Software Defined Radio) y el software GNU Radio.
- Análisis de viabilidad técnica para la utilización de TVWS como banda de operación de sistemas celulares 5G en Caminacoya.

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

La Tabla 3 presenta las variables dependientes e independientes que fueron consideradas en el presente estudio.

Tabla 3

Operacionalización de variables

Variable	Tipo	Concepto
Cobertura celular en Caminacoya.	Independiente	La cobertura celular es una variable independiente porque en este estudio no puede ser modificada, solo será estimada.
Disponibilidad de bandas de TVWS en Caminacoya.	Independiente	La cantidad de TVWS es una variable independiente porque no puede ser modificada por los autores. Es independiente.
Viabilidad Técnica para implementar sistemas 5G sobre la banda TVWS	Dependiente	La viabilidad técnica depende de las dos variables anteriores. Es necesario conocer la cobertura celular y la cantidad de espectro de TVWS para determinar si se puede o no implementar sistemas 5G en la banda TVWS en Caminacoya.

Elaboración propia

3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS

Para este estudio se utilizaron dos técnicas:

- Revisión teórica de datos: Disponibles en entidades reguladoras como OSIPTEL, información de cobertura de las operadoras, estándares internacionales para TVWS y tecnología 5G, etc.
- Mediciones de campo: Drive test para estimar la cobertura celular y mediciones de espectro para determinar el número de canales desocupados TVWS.

Para las mediciones de campo se utilizaron los siguientes instrumentos.

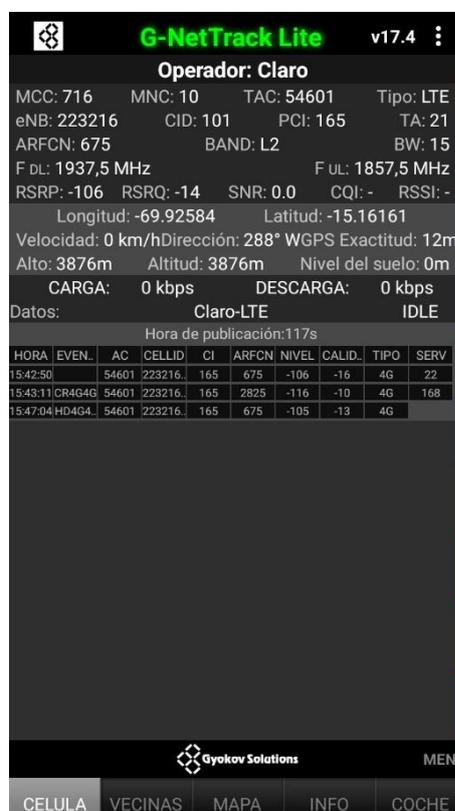
3.4.1. G-NetTrack

G-NetTrack es un monitor de informaciones de redes celulares con tecnologías 5G, 4G, 3G, 2G. Permite acceder a las informaciones y parámetros de radio como la potencia o la calidad de la señal recibida. Esta herramienta se puede instalar en teléfonos celulares con sistema operativo Android.

En este trabajo fue utilizada para estimar el nivel de presencia de los sistemas de telefonía celular en la comunidad Caminacoya. La Figura 7 muestra el entorno de parámetros y la Figura 8 muestra el entorno de mapas de esta herramienta.

Figura 7

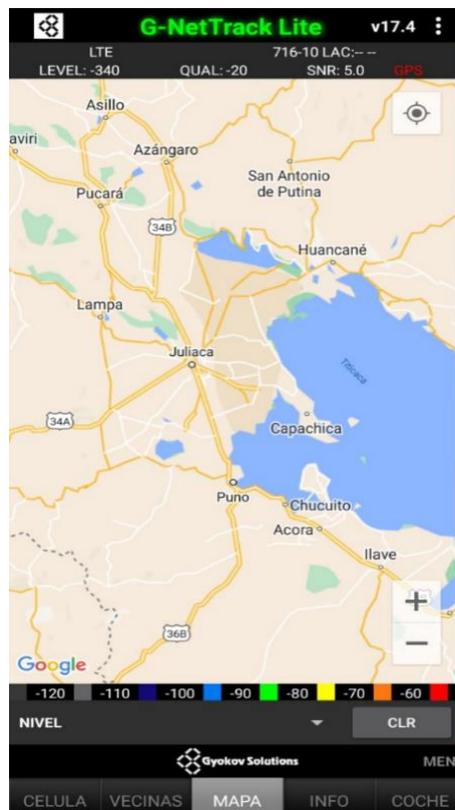
Entorno de parámetros de la herramienta G-NetTrack



Fuente: Herramienta G-NetTrack

Figura 8

Entorno de mapas de la herramienta G-NetTrack



Fuente: Herramienta G-NetTrack

Esta herramienta permite explorar la red celular a la que el teléfono móvil está conectado y conocer parámetros de rendimiento, algunos de ellos son:

- **Operador:** Nombre del operador de la red celular.
- **Tecnología de red:** GSM, LTE, etc.
- **Geolocalización del teléfono móvil:** En longitud y latitud.
- **MCC (Mobile Country Code):** Código de 3 dígitos para identificar el país.
- **MNC (Mobile Network Code):** Código de 2 o 3 dígitos para identificar el operador en el país.
- **LAC (Location Area Code):** Es el código del área actual dentro de la red donde se encuentra el usuario.



- **eNB** (Evolved Node B): Identifica la estación base celular en redes LTE (4G).
- **CID** (Cell ID): Identificador de célula dentro de una red GSM (2G).
- **F_{DL}**: Frecuencia de descarga (downlink).
- **F_{UL}**: Frecuencia de carga (uplink).
- **RSRP** (Reference Signals Received Power): Medida en dBm que indica la intensidad de la señal recibida en redes LTE.
- **RSRQ** (Reference Signal Received Quality): Medida en dB, indica la calidad de la señal recibida en redes LTE.
- **RSSI** (Received Signal Strength Indicator): Medida en dBm, indica el nivel de la señal recibida en redes GSM.
- **CQI** (Channel Quality Indicator): Es un parámetro de calidad de canal entre el transmisor y el receptor, se mide en una escala del 1 al 15.
- **Velocidad de carga y descarga**: Medida en kbps.

3.4.2. Radio Definido por Software USRP B100

Para realizar medidas del espectro electromagnético usualmente se utilizan analizadores de espectros, estos equipos permiten ver los componentes espectrales como la frecuencia y la intensidad de la señal.

Sin embargo, en las últimas décadas surgieron los Radios Definidos por Software (SDR – Software Defined Radio), que son equipos de radiocomunicaciones reconfigurables, donde se pueden implementar diversas aplicaciones de RF solamente cambiando de software.

En los SDR, la mayoría de componentes que comúnmente eran implementados en hardware (moduladores, filtros, mezcladores, etc.) son

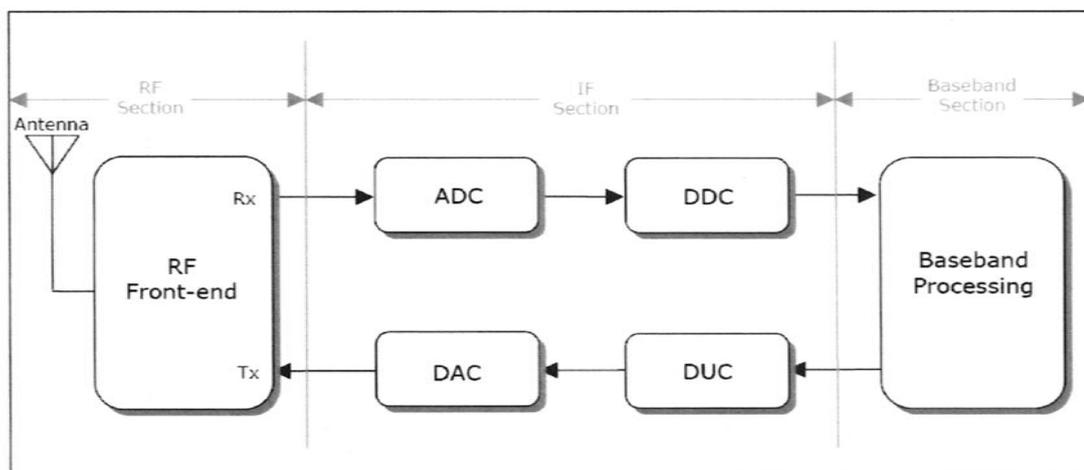
implementados en software. De esta forma, un SDR nos permite construir diferentes sistemas de transmisión/recepción utilizando un mismo equipo y modificando solamente el software.

Las partes principales que componen un SDR se muestran en la Figura 9 y son:

- **Antenas:** capaces de operar en un gran rango de frecuencias.
- **RF Front End:** módulo que se encarga de recibir la señal analógica y convertirla a una frecuencia intermedia.
- **Conversores ADC y DAC:** convierte la señal analógica en digital.
- **Procesador Digital:** realiza el procesamiento digital de señales.

Figura 9

Componentes de un SDR



Fuente: (Jamil et al., 2008)

En el mercado existen diversos equipos de SDR desarrollados por diversos fabricantes. Para analizar el espectro de la banda de TV, en este trabajo utilizamos un equipamiento llamado “Universal Software Radio Peripheral” (USRP) específicamente el USRP B100, mostrado en la Figura 10.

Figura 10

Equipamiento SDR - USRP B100



Fuente: <https://www.ettus.com/>

Algunas de sus características son:

- FPGA (Field Programmable Gate Array) Xilinx Spartan 3A – 1400
- Conversor Analógico-digital de 64 MS/s
- Conversor digital-analógico de 128 MS/s
- Temperatura de funcionamiento de 0 a 55° C.
- Conexión con la PC mediante USB2.0
- Compatible con GNU Radio

También se utilizó la antena Log Periódica LP0410 que opera desde los 400 MHz hasta 1 GHz de frecuencias, esta antena es mostrada en la Figura 11.

Figura 11

Antena Log Periódica LP0410



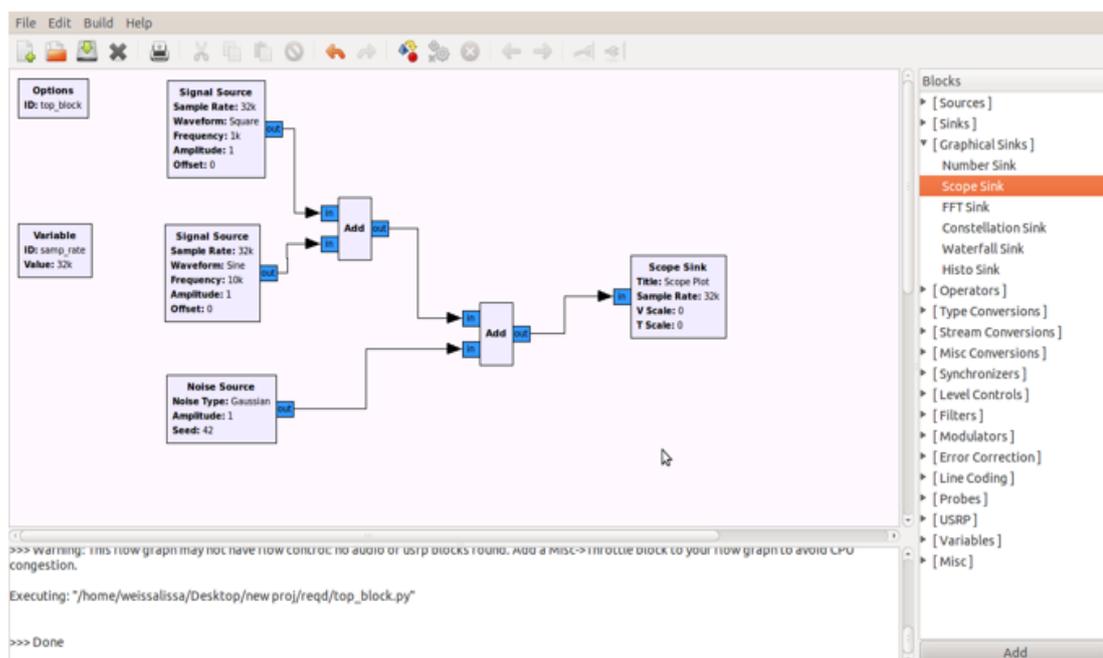
Fuente: <https://www.ettus.com/>

3.4.3. GNU Radio

Es un software para el desarrollo de aplicaciones de SDR, es de código abierto y es compatible con los equipos USRP. En este software, los programas pueden ser implementados por medio de diagramas de bloques utilizando la interfaz gráfica o directamente escribiendo código en Python. La Figura 12 muestra el entorno de desarrollo de esta herramienta.

Figura 12

Entorno GNU Radio



Elaboración propia con GNU Radio

3.4.4. Receptores de TV comerciales

Para comprobar la ocupación de la banda de TV en Caminacoya también utilizamos receptores de TV comerciales. Para los canales analógicos se utilizaron televisores convencionales, por otro lado, para los canales digitales se utilizó el receptor DTV-7000S compatible con el estándar ISDB-T utilizado en Perú.

3.4.5. Estimación de canal ocupado

Para determinar si un canal está ocupado o no se debe realizar la exploración del espectro. En la literatura fueron propuestas varias técnicas de detección del espectro. Una descripción completa de estas técnicas pueden encontrarse en (Zhang et al., 2018) y (Kpojime & Safdar, 2015). En este trabajo, para determinar si un canal de televisión está ocupado o no utilizaremos la técnica de detección de energía en conjunto con receptores de TV que comprobarán la presencia o ausencia de señal de TV en cada canal.

En la técnica de detección de energía, la intensidad de la señal recibida de un determinado canal se compara con un umbral de comparación pre seleccionado. Si el nivel de la señal recibida está encima del umbral de comparación se considera que el canal está ocupado. Si la señal recibida está por debajo del umbral de comparación se considera que el canal está libre.

Sea una señal recibida, esta se puede representar de la siguiente manera:

$$y(n) = x(n) + r(n) \quad (1)$$

Donde $y(n)$ representa la señal recibida, $x(n)$ representa la señal ideal que debería ser recibida y $r(n)$ representa el ruido.

Cuando se recibe una señal de un determinado canal se pueden plantear dos hipótesis:

$$y(n) = \begin{cases} r(n) & H_0 \\ x(n) + r(n) & H_1 \end{cases} \quad (2)$$

La hipótesis H_0 plantea que la señal recibida $y(n)$ sólo está compuesta de ruido $r(n)$, en tal caso se considera que el canal está libre. La hipótesis H_1 plantea



que la señal recibida $y(n)$ está compuesta por una señal de un servicio presente $x(n)$ más una componente de ruido $r(n)$, en este caso se considera que el canal está ocupado.

En la práctica, la intensidad de la señal recibida $y(n)$ es comparada con un umbral pre establecido γ .

Si $y(n) > \gamma$;entonces se decide que el canal está ocupado

Si $y(n) < \gamma$;entonces se decide que el canal está libre

En este trabajo se considera como umbral de comparación los valores señalados por (Van Tam et al., 2011) que están descritos en la sección 2.2.3. Para la realización de las medidas de energía en los canales se utilizó el equipo USRP configurado como un analizador de espectros. Además, estas medidas se comprobaron con receptores comerciales de TV, determinando así si un canal está ocupado o no.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de este trabajo se dividen en tres partes:

- Resultados de la cobertura celular presente en la comunidad Caminacoya.
- Resultados de las mediciones del espectro de TV para estimar la cantidad de banda TVWS.
- Resultados del análisis de viabilidad técnica para la utilización de la banda de TVWS como banda de operación de sistemas 5G para el acceso a internet de banda ancha en la comunidad de Caminacoya.

4.1. RESULTADOS DE LA COBERTURA CELULAR EN CAMINACOYA

En Puno existen cuatro operadoras que brindan el servicio de telefonía celular: Bitel, Claro, Entel y Movistar. Para determinar la cobertura en Caminacoya utilizamos las informaciones ofrecidas por OSIPTEL y por dichas operadoras. Luego las comparamos con los datos obtenidos a través de las mediciones realizadas en la comunidad.

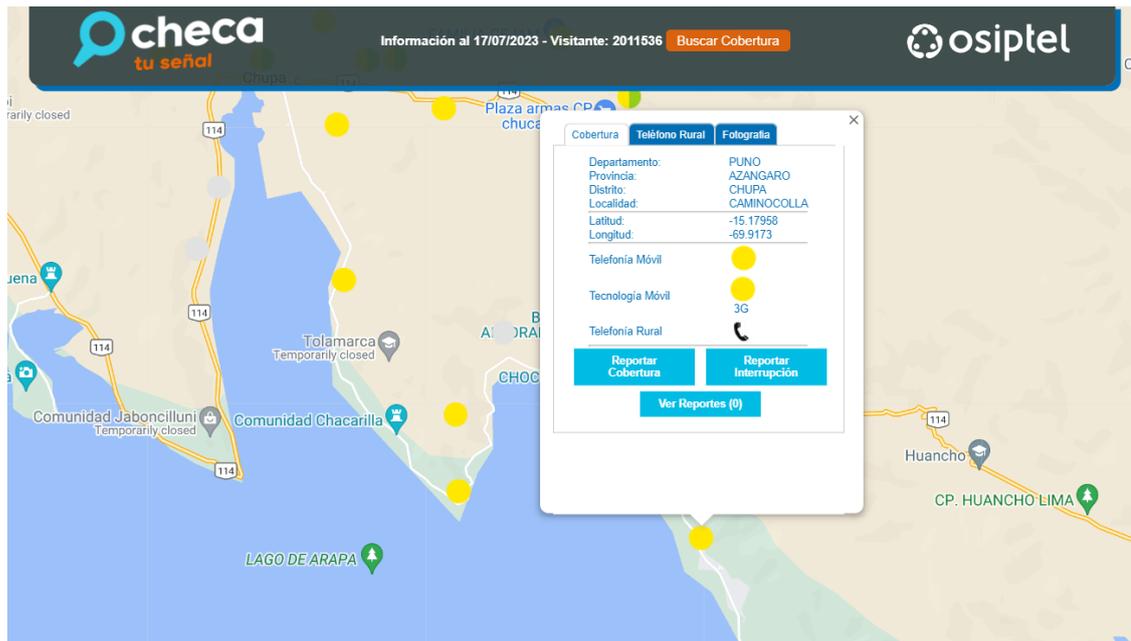
4.1.1. Cobertura informada por OSIPTEL

En el Perú, OSIPTEL (Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones) se encarga de regular y supervisar el mercado de telecomunicaciones en el Perú. Una de sus funciones es informar la cobertura geográfica de los sistemas celulares de las diversas operadoras, esto lo hace por medio de su página web <https://serviciosweb.osiptel.gob.pe/CoberturaMovil>.

En Caminacoya, OSIPTEL informa que existe solamente una operadora brindando cobertura con tecnología móvil 3G. La Figura 13 muestra la información obtenida por medio de su página web.

Figura 13

Cobertura en Caminacoya según OSIPTEL



Fuente: OSIPTEL

OSIPTEL también informa la cobertura móvil de cada operadora para cada localidad, la Figura 14 muestra las operadoras presentes en Caminacoya.

Figura 14

Operadoras presentes en Caminacoya – OSIPTEL

	Departamento	Provincia	Distrito	Localidad	CLARO	MOVISTAR	ENTEL	BITEL
	PUNO	AZANGARO	CHUPA	ALTO TRAPICHE	No	No	No	No
	PUNO	AZANGARO	CHUPA	ALTO TRINAMAYO	No	No	No	No
	PUNO	AZANGARO	CHUPA	ARAPASI	No	No	No	No
	PUNO	AZANGARO	CHUPA	CALA CRUZ	No	No*	No	No
	PUNO	AZANGARO	CHUPA	CAMINOCOLLA	No	No*	No	Si

Empresa	N° BTS
CLARO	1
MOVISTAR	3

Fuente: OSIPTEL



Sin embargo, este servicio no informa otros parámetros como la intensidad de la señal o la velocidad de conexión, necesarios para determinar la calidad del servicio en dicha comunidad, lo que motivó la realización de Drive-test en Caminacoya para su posterior comparación.

4.1.2. Drive Test realizado en Caminacoya

Para evaluar el rendimiento de una red celular en una determinada área existen algunas opciones, por ejemplo, con el análisis de KPI (indicador clave de rendimiento) o mediante herramientas de predicción e interferencia de señal. Otro método muy utilizado es realizar un Drive Test.

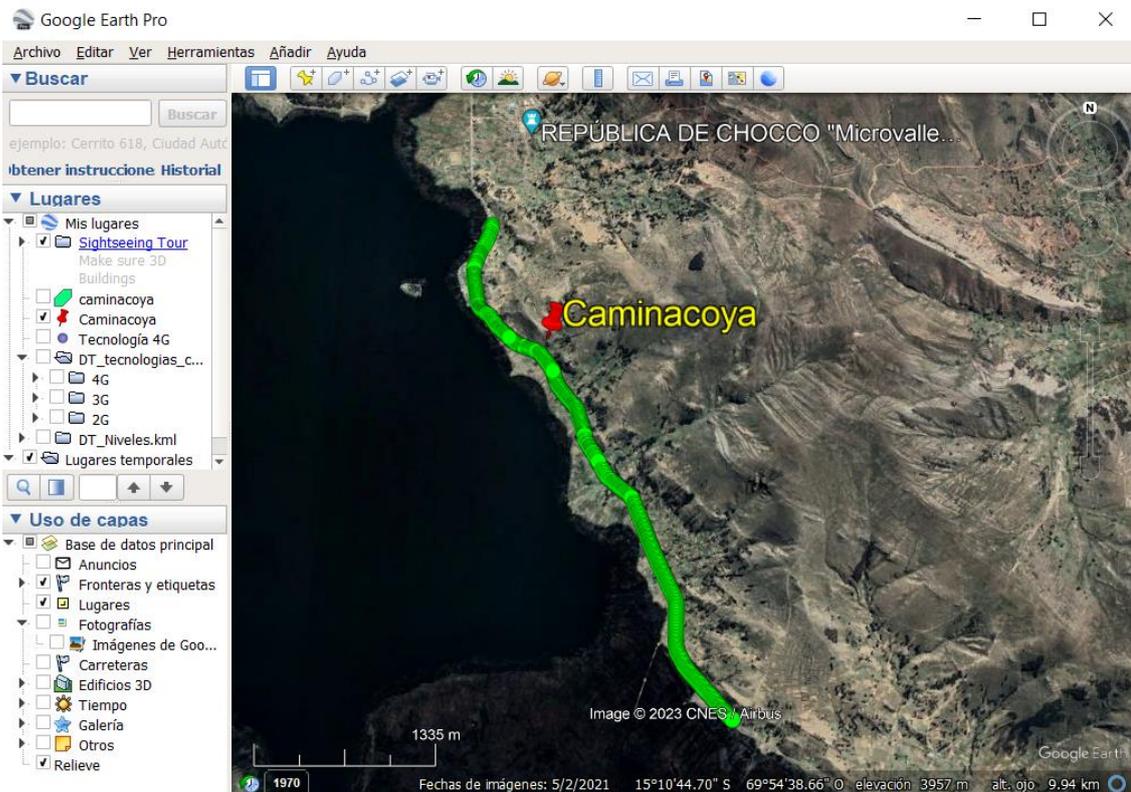
Un Drive Test es una medición de parámetros de redes celulares en una determinada zona, puede ser realizada para todas las tecnologías (GSM, CDMA, UMTS, LTE, etc.). Tiene dos etapas: recopilación de datos y análisis de datos.

Para realizar la recopilación de datos se utilizó la herramienta G-NetTrack. Se midió la intensidad de la señal recibida en toda la extensión de Caminacoya. G-NetTrack genera un archivo con extensión .kml que contiene todos los parámetros recopilados de la red celular. En el anexo C se muestran los datos recopilados en el Drive Test realizado en Caminacoya.

Para el análisis y visualización de los datos obtenidos en la campaña de medición utilizamos el software Google Earth. En la Figura 15 se muestra el entorno de Google Earth y la ruta donde se realizó el Drive test.

Figura 15

Ruta del Drive-test en Google Earth

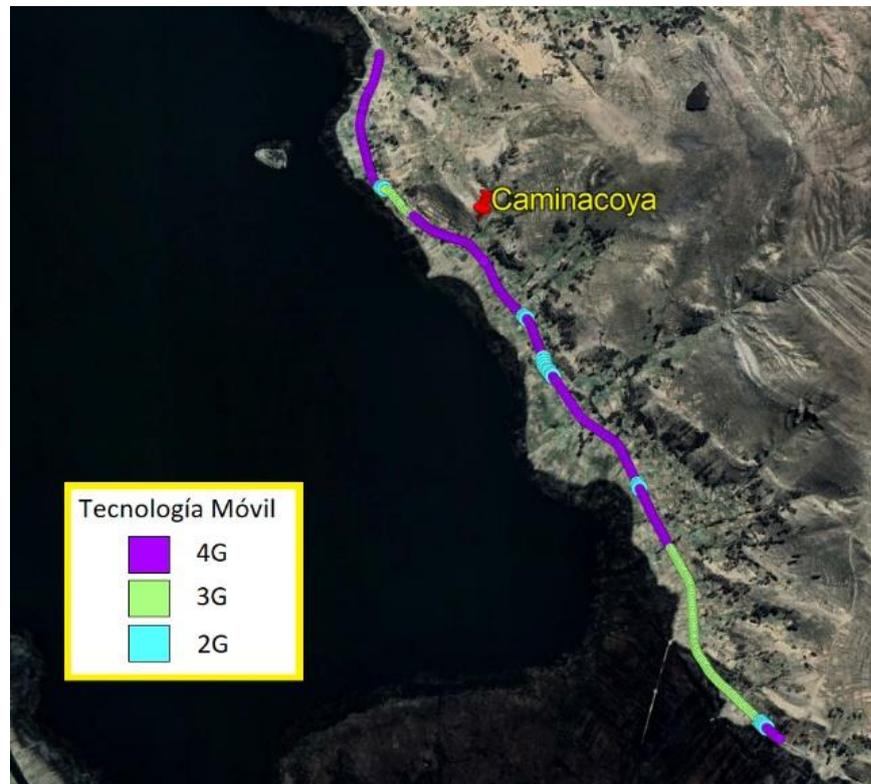


Elaboración propia

Para la ruta indicada, el Drive-test utilizando la herramienta G-NetTrack logró recopilar medidas en 403 puntos. Los resultados muestran que Caminacoya cuenta con cobertura de una operadora, y que depende del lugar, existe la presencia de tres tecnologías móviles: 2G, 3G y 4G. La Figura 16 muestra la presencia de tecnologías móviles en Caminacoya.

Figura 16

Tecnologías móviles presentes en Caminacoya



Elaboración propia

Se observa que dependiendo de la ubicación se cuenta con diferentes tecnologías. En la mayoría de lugares existe presencia de señal 4G, seguida de la señal 3G y en menor medida la señal 2G. El porcentaje de presencia de cada tecnología en Caminacoya es detallado en la Tabla 4.

Tabla 4

Presencia de tecnologías móviles en Caminacoya

Tecnología	% de Presencia
2G	5.2 %
3G	26.6 %
4G	68.2 %
Total	100 %

Elaboración propia

Otro parámetro medido fue la intensidad de la señal. En (Grau Mompó, 2019) se hace una clasificación de la calidad de la señal según el rango de valores de la potencia recibida en dBm. Esta clasificación se presenta en la .

Tabla 5

Nivel de la señal en función de la potencia recibida en dBm

Nivel de la señal	Rango de valores en dBm
Muy bajo	Menor o igual a -104 dBm
Bajo	De -103 dBm a -97 dBm
Medio	De -96 dBm a -90 dBm
Muy Bueno	De -89 dBm a -77 dBm
Excelente	Mayor o igual a -76 dBm

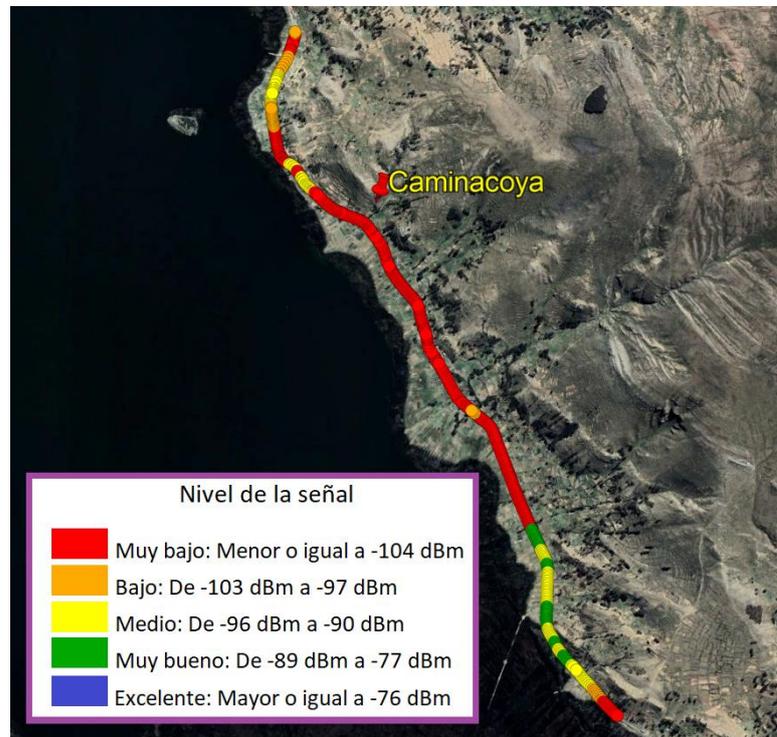
Fuente: (Grau Mompó, 2019)

Basado en la Tabla 5, la Figura 17 muestra la clasificación de lugares según el nivel de señal recibido. En color rojo los lugares con señal muy baja, en naranja los lugares con señal baja, en amarillo el nivel medio, en verde la señal muy buena y en azul la señal excelente.

Como el nivel de la señal varía dependiendo de la posición, la Figura 17 muestra que, en su mayoría, Caminacoya presenta un nivel muy bajo de señal (Menor o igual a -104 dBm).

Figura 17

Clasificación según el nivel de señal recibido

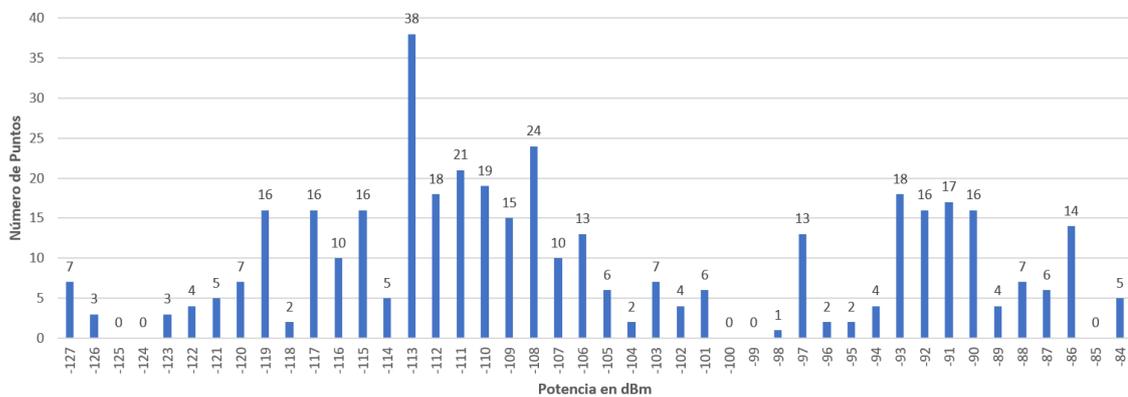


Elaboración propia

En las mediciones de campo, la intensidad de la señal recibida varía desde -127 dBm hasta -84 dBm. La Figura 18 muestra el número de puntos para cada potencia de señal recibida.

Figura 18

Potencia en dBm vs número de puntos



Elaboración propia

La Tabla 6 detalla el porcentaje de presencia de cada nivel de intensidad de la señal en Caminacoya.

Tabla 6

Clasificación de los niveles de señal en Caminacoya

Nivel de la señal	Porcentaje
Muy bajo	64.51 %
Bajo	7.69 %
Medio	18.86%
Muy Bueno	8.93 %
Excelente	0 %

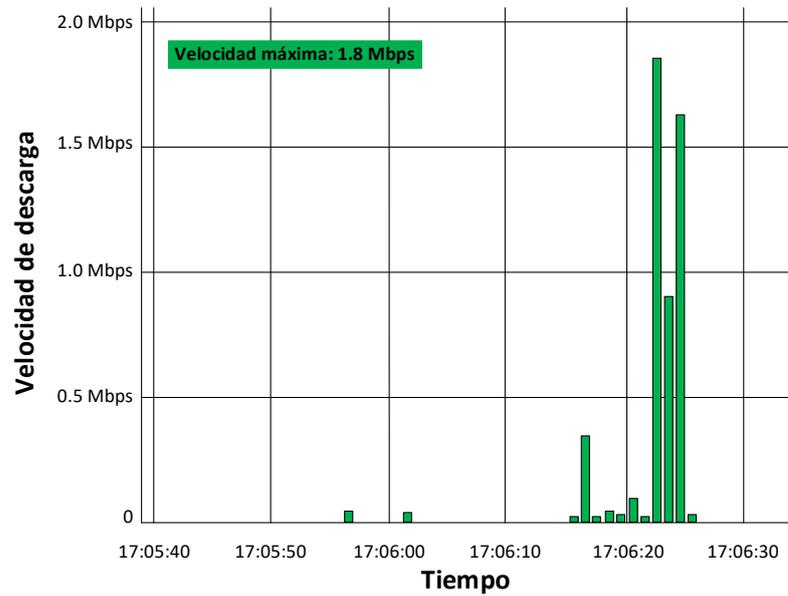
Elaboración propia

Se puede observar que, en mayor porcentaje, en Caminacoya el nivel de la señal es muy bajo (64.51%) y en menor medida se cuenta con niveles: bajo, medio y muy bueno. Sin embargo, no existe ningún lugar donde exista una excelente señal. Esto se debe a que Caminacoya no cuenta con una BTS propia, la señal celular que da cobertura proviene de estaciones base localizadas en lugares vecinos, como Taraco.

Por otro lado, para determinar la capacidad de comunicación, se realizaron dos pruebas para determinar la velocidad de descarga (downlink) y la velocidad de carga (uplink) en Caminacoya utilizando la herramienta Cell Signal Monitor. Los resultados de la primera prueba se muestran en la Figura 19 y en la Figura 20, donde la velocidad máxima de descarga es de 1.8 Mbps y la velocidad máxima de carga es de 0.1 Mbps. Los resultados de la segunda prueba se muestran en la Figura 21 y en la Figura 22, donde la velocidad máxima de descarga es de 0.9 Mbps y la velocidad máxima de carga es de 0.3 Mbps.

Figura 19

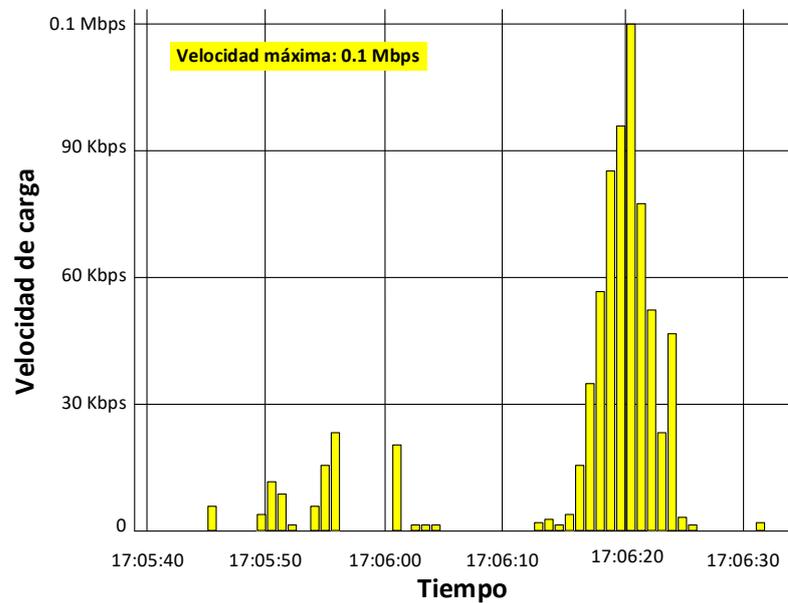
Velocidad de descarga en Caminacoya – primera prueba



Elaboración propia

Figura 20

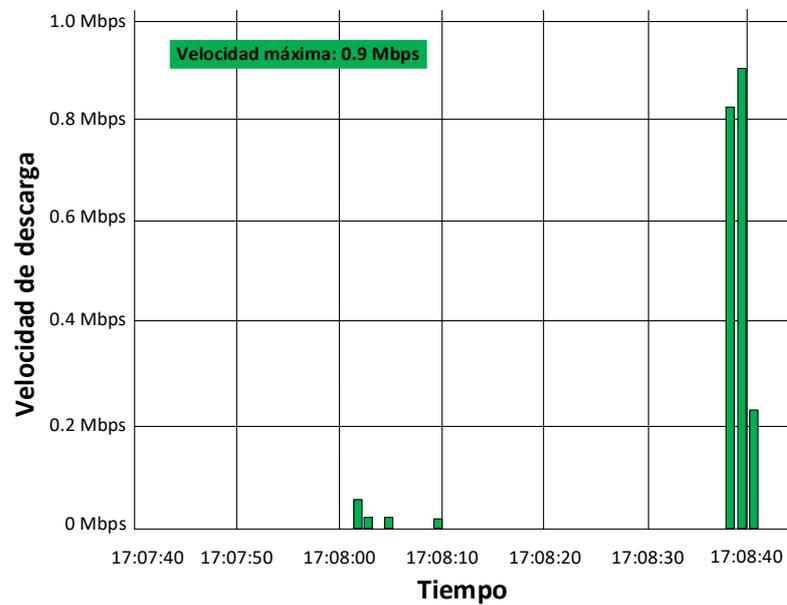
Velocidad de carga en Caminacoya – primera prueba



Elaboración propia

Figura 21

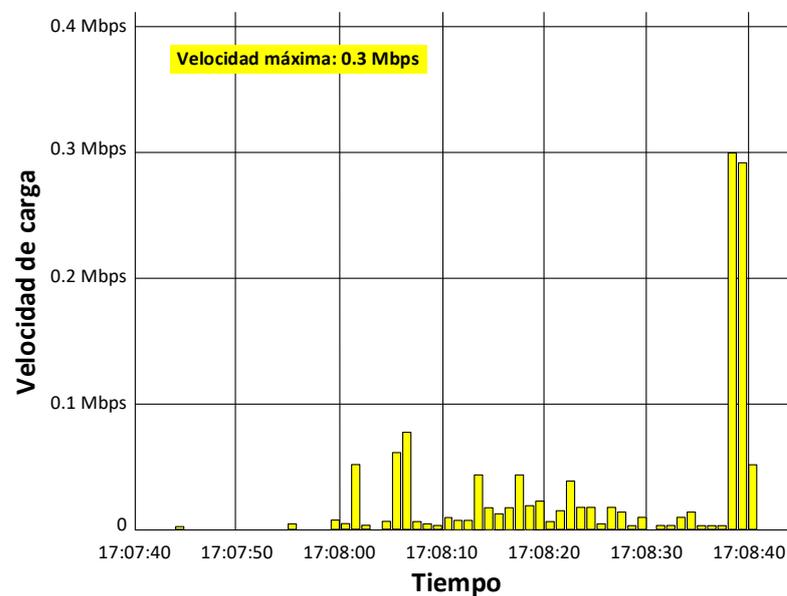
Velocidad de descarga en Caminacoya – segunda prueba



Elaboración propia

Figura 22

Velocidad de carga en Caminacoya – segunda prueba



Elaboración propia

Se observa que la velocidad máxima de descarga es 1.8 Mbps y la velocidad máxima de carga es 0.3 Mbps. Esta velocidad es considerada como una capacidad baja. Por ejemplo, para poder mantener una video conferencia a través

de Google meet es necesario mínimamente una velocidad constante de 3.2 Mbps. Este valor no puede ser alcanzado actualmente en Caminacoya.

Por otro lado, se muestra que las velocidades de descarga y carga no son constantes en el tiempo, en la mayoría del periodo de medida, la velocidad no supera 0.1 Mbps.

Además, se observó que en Caminacoya existe cobertura celular de una operadora, pero esta no es la misma que la informada por OSIPTEL.

Se concluye que en Caminacoya existe cobertura celular, de diferentes tecnologías como 2G, 3G y 4G que dependiendo del lugar presentan intensidades de señales diferentes. Sin embargo, en su mayoría presenta una señal muy baja, además la velocidad de conexión también es muy baja y no permite ejecutar aplicativos como Google meet, esenciales para la educación. Esta señal también es insuficiente para cumplir con los requisitos mostrados en la Figura 1.

4.2. OCUPACIÓN DE LA BANDA DE TV EN CAMINACOYA

Esta sección presenta resultados de mediciones de ocupación espectral de la banda de TV en Caminacoya. Se realizaron medidas en las bandas VHF y UHF para determinar el número de canales que no son ocupados y que pueden ser considerados como TVWS.

Las mediciones fueron realizadas respetando el Informe UIT-R SM.2256-1 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, donde se presenta fundamentos para la medición y la evaluación de la ocupación del espectro. (UIT, 2016)

Como Caminacoya tiene una extensión de 4.5Km, se optó por medir la ocupación en zonas donde existe mayor concentración de viviendas, es así que se escogieron 4 puntos, los cuales están señalados en el mapa de la Figura 23. Estos puntos están

localizados en los kilómetros 13, 14, 15 y 17.5 de la carretera que recorre la comunidad. Se considera que 4 puntos son suficientes para la extensión de Caminacoya, conforme (UIT, 2016). Además, el espectro de la banda de TV se caracteriza por ser estable en su utilización, esto quiere decir que el estado de ocupado o desocupado de los canales no varía con el tiempo y los canales de TV no cambian de frecuencia constantemente.

Figura 23

Localización de puntos de medida para estimar TVWS



Elaboración propia

Para realizar la campaña de medición y determinar los canales de TV que no son utilizados en Caminacoya se implementó la arquitectura presentada en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Figura 24

Diagrama de conexión de instrumentos de medición



Elaboración propia

Los equipos fueron instalados en un vehículo para facilitar el desplazamiento. La Figura 25, Figura 26, Figura 27 y Figura 28 muestran el equipamiento implementado y el proceso de medición en los 4 puntos escogidos.

Figura 25

Foto realizando medidas en el punto A – Km 13



Elaboración propia

Figura 26

Foto realizando medidas en el punto B – Km 14



Elaboración propia

Figura 27

Foto realizando medidas en el punto C – Km 15



Elaboración propia

Figura 28

Foto realizando medidas en el punto D – Km 17.5



Elaboración propia

Basado en los fundamentos para la evaluación de la ocupación del espectro, detallados en (UIT, 2016), la banda de TV fue observada durante 1 mes, en días aleatorios y considerando tres periodos:

- Periodo I: 5h – 14h
- Periodo II: 14h – 22h
- Periodo III: 22h – 5h

Para determinar si un canal está siendo ocupado o no, consideramos los criterios de umbral de comparación y filtro adaptado (Vidal et al., 2019).

La Tabla 7 y la Tabla 8 muestran en promedio la ocupación de los canales de TV en los tres periodos, tanto en la banda VHF como en la banda UHF.

Tabla 7

Ocupación de los canales de TV en la banda VHF

Canal	Punto A			Punto B			Punto C			Punto D		
	I	II	III									
2	No	No	No									
3	No	No	No									
4	No	No	No									
5	No	No	No									
6	No	No	No									
7	No	No	No									
8	Si	Si	No									
9	No	No	No									
10	No	No	No									
11	Si	Si	Si									
12	Si	Si	No	Si	Si	No	Si	Si	No	No	No	No
13	No	No	No									

Elaboración propia

Tabla 8

Ocupación de los canales de TV en la banda UHF

Canal	Punto A			Punto B			Punto C			Punto D		
	I	II	III									
14	No	No	No									
15	Si	Si	No	Si	Si	No	Si	Si	No	No	No	No
16	No	No	No									
17	No	No	No									
18	No	No	No									
19	No	No	No									
20	No	No	No									
21	Si	Si	No	Si	Si	No	Si	Si	No	No	No	No
22	No	No	No									
23	Si	Si	Si									
24	No	No	No									
25	No	No	No									
26	No	No	No									
27	Si	Si	No									
28	No	No	No									
29	No	No	No									
30	No	No	No									
31	Si	Si	No									
32	No	No	No									

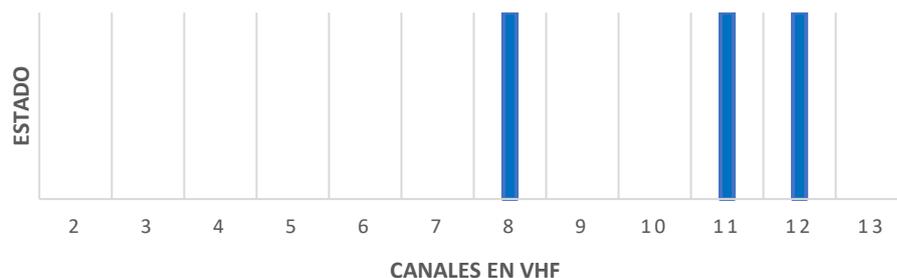
Canal	Punto A			Punto B			Punto C			Punto D		
	I	II	III									
33	Si	Si	No									
34	No	No	No									
35	Si	Si	No	Si	Si	No	Si	Si	No	No	No	No
36	No	No	No									
38	No	No	No									
39	No	No	No									
40	No	No	No									
41	No	No	No									
42	No	No	No									
43	Si	Si	No	Si	Si	No	Si	Si	No	No	No	No
44	No	No	No									
45	No	No	No									
46	No	No	No									
47	Si	Si	No	Si	Si	No	Si	Si	No	No	No	No
48	No	No	No									
49	No	No	No									
50	No	No	No									
51	No	No	No									

Elaboración propia

Después de la observación y análisis de la banda de TV en Caminacoya, el resumen general de canales ocupados y libres se presenta en la Figura 29 para la banda VHF y en la Figura 30 para la banda UHF. Para efectos de sintetizar los resultados, en este trabajo consideraremos que un canal de TV está libre (TVWS) cuando no es utilizado en ningún instante del tiempo.

Figura 29

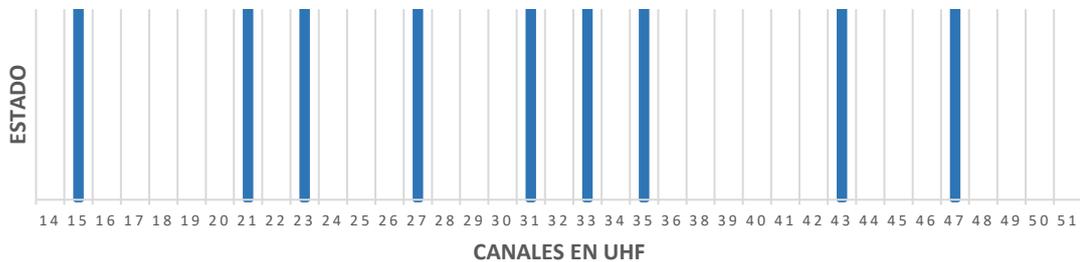
Canales ocupados en la banda VHF



Elaboración propia

Figura 30

Canales ocupados en la banda UHF



Elaboración propia

Se observa que en la banda VHF solamente 3 de 12 canales de TV están siendo ocupados. Por otro lado, en la banda UHF se encontraron 9 canales ocupados del total de 37. La Tabla 9 muestra un resumen del total del espectro disponible encontrado que puede ser considerado como TVWS.

Tabla 9

Total de espectro de TVWS en Caminacoya

Banda	Número de Canales	Canales Ocupados	Canales Desocupados	Espectro TVWS
VHF	12	3	9	54 MHz
UHF	37	9	28	168 MHz

Elaboración propia

Para fines de implementar tecnologías celulares como 5G es necesario conocer el ancho de banda de espectro disponible. Para eso, es necesario cuantificar si los canales de TVWS son adyacentes y en qué medida. Por ejemplo, si dos canales de TV de 6 MHz de ancho de banda están desocupados, y estos canales son adyacentes, se puede considerar un ancho de banda de 12 MHz disponible. Porciones de espectro con mayor número de canales adyacentes nos permitirá implementar sistemas 5G de mayor capacidad.

La Tabla 10 y la Tabla 11 muestran la cuantificación de la cantidad de espectro libre conformado por canales de TVWS adyacentes en las bandas de televisión VHF y UHF respectivamente. Para determinar las porciones de TVWS adyacentes se consideró las informaciones del PNAF descritas en la Figura 2.

Tabla 10*Porciones de TVWS adyacentes en VHF*

Canal	Ocupado	Ancho de banda disponible	Total ancho de banda adyacente
2	No	6 MHz	18 MHz
3	No	6 MHz	
4	No	6 MHz	
5	No	6 MHz	12 MHz
6	No	6 MHz	
7	No	6 MHz	6 MHz
8	Si	0 MHz	
9	No	6 MHz	12 MHz
10	No	6 MHz	
11	Si	0 MHz	
12	Si	0 MHz	
13	No	6 MHz	6 MHz

Elaboración propia

La Tabla 10 muestra las porciones de espectro disponible en VHF: 2 porciones de 6 MHz, 2 porciones de 12 MHz y una porción de 18 MHz libres.

Tabla 11*Porciones de TVWS adyacentes en UHF*

Canal	Ocupado	Ancho de banda disponible	Total ancho de banda adyacente
14	No	6 MHz	6 MHz



Canal	Ocupado	Ancho de banda disponible	Total ancho de banda adyacente
15	Si	0 MHz	
16	No	6 MHz	
17	No	6 MHz	
18	No	6 MHz	30 MHz
19	No	6 MHz	
20	No	6 MHz	
21	Si	0 MHz	
22	No	6 MHz	6 MHz
23	Si	0 MHz	
24	No	6 MHz	
25	No	6 MHz	18 MHz
26	No	6 MHz	
27	Si	0 MHz	
28	No	6 MHz	
29	No	6 MHz	18 MHz
30	No	6 MHz	
31	Si	0 MHz	
32	No	6 MHz	6 MHz
33	Si	0 MHz	
34	No	6 MHz	6 MHz
35	Si	0 MHz	
36	No	6 MHz	6 MHz
38	No	6 MHz	
39	No	6 MHz	
40	No	6 MHz	30 MHz
41	No	6 MHz	
42	No	6 MHz	
43	Si	0 MHz	
44	No	6 MHz	18 MHz

Canal	Ocupado	Ancho de banda disponible	Total ancho de banda adyacente
45	No	6 MHz	
46	No	6 MHz	
47	Si	0 MHz	
48	No	6 MHz	
49	No	6 MHz	
50	No	6 MHz	24 MHz
51	No	6 MHz	

Elaboración propia

La Tabla 11 muestra las porciones de espectro disponible en UHF: 5 porciones de 6 MHz, 3 porciones de 18 MHz, 1 porción de 24 MHz y 2 porciones de 30 MHz libres.

Los resultados del total de ancho de banda disponible se consolidan en la Tabla 12. La información contenida en esta tabla nos ayudará en el análisis de la viabilidad técnica presentado en la próxima sección.

Tabla 12

Clasificación del espectro disponible según ancho de banda

Ancho de banda	Número de porciones de espectro disponible				
	6 MHz	12 MHz	18 MHz	24 MHz	30 MHz
VHF	2	2	1	0	0
UHF	5	0	3	1	2

Elaboración propia

En esta sección se concluye que existe 54 MHz y 168 MHz de espectro sin utilizar en las bandas de VHF y UHF respectivamente, lo que puede ser considerado como TVWS. Este espectro disponible se presenta en varias porciones con ancho de banda que va desde los 6 MHz hasta los 30 MHz.

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), en toda la provincia de Azángaro, departamento de Puno, fueron adjudicados solamente 25 canales de TV para su funcionamiento. Sin embargo, el Distrito de Chupa, al que pertenece Caminacoya, no presenta ninguna concesión para la transmisión de señales de TV. La Figura 31 muestra los canales de TV adjudicados en toda la provincia de Azángaro. El anexo B muestra una lista completa de canales adjudicados en todo el departamento de Puno.

Figura 31

Canales de TV adjudicados en la provincia de Azángaro

N°	LOCALIDAD	DEPARTAMENTO PLANTA	PROVINCIA PLANTA	DISTRITO PLANTA	TIPO SEÑAL	BAND/	CANA/	LATITUD PLANTA	LONGITUD PLANTA	POT_VIDEO WATTS
1	ARAPA	PUNO	AZANGARO	ARAPA	ANALOGICA	VHF	7	1550832,70	070W0653,30	50
2	ARAPA	PUNO	AZANGARO	ARAPA	ANALOGICA	VHF	9	1550819,05	070W0557,70	50
3	ARAPA	PUNO	AZANGARO	ARAPA	ANALOGICA	VHF	11	1550819,80	070W0635,90	50
4	ARAPA	PUNO	AZANGARO	ARAPA	ANALOGICA	VHF	13	1550802,50	070W0647,90	80
5	ASILLO	PUNO	AZANGARO	ASILLO	ANALOGICA	VHF	2	1454644,72	070W2121,84	50
6	ASILLO	PUNO	AZANGARO	ASILLO	ANALOGICA	VHF	4	1454735,45	070W2024,50	50
7	ASILLO	PUNO	AZANGARO	ASILLO	ANALOGICA	VHF	8	1454644,72	070W2121,84	50
8	ASILLO	PUNO	AZANGARO	ASILLO	ANALOGICA	VHF	12	1454735,00	070W2025,00	15
9	AZANGARO-SAN JUAN DE SALINAS	PUNO	AZANGARO	AZANGARO	DIGITAL	UHF	22	1455446,50	070W1147,80	250
10	AZANGARO	PUNO	AZANGARO	AZANGARO	ANALOGICA	VHF	3	1455448,40	070W1144,33	100
11	AZANGARO	PUNO	AZANGARO	AZANGARO	ANALOGICA	VHF	5	1455424,00	070W1136,00	100
12	AZANGARO	PUNO	AZANGARO	AZANGARO	ANALOGICA	VHF	7	1455446,50	070W1147,80	250
13	AZANGARO	PUNO	AZANGARO	AZANGARO	ANALOGICA	VHF	9	1455448,30	070W1144,60	50
14	AZANGARO	PUNO	AZANGARO	AZANGARO	ANALOGICA	VHF	11	1455446,50	070W1141,30	150
15	AZANGARO	PUNO	AZANGARO	AZANGARO	ANALOGICA	VHF	13	1455449,20	070W1143,90	100
16	ESTACION DE PUCARA-PUCARA-SANTIAGO DE PUPLUJA	PUNO	AZANGARO	JOSE DOMINGO C	ANALOGICA	VHF	10	1550151,00	070W2017,30	200
17	MUÑANI	PUNO	AZANGARO	MUÑANI	ANALOGICA	VHF	5	1454523,50	069W5700,35	50
18	MUÑANI	PUNO	AZANGARO	MUÑANI	ANALOGICA	VHF	9	1454552,17	069W5723,44	50
19	MUÑANI	PUNO	AZANGARO	MUÑANI	ANALOGICA	VHF	13	1454555,00	069W5652,00	15
20	CARLOS GUTIERREZ ALZAMORA - CRUCERO - POTONI	PUNO	AZANGARO	POTONI	ANALOGICA	VHF	9	1451851,10	070W1112,20	200
21	CARLOS GUTIERREZ ALZAMORA - CRUCERO - POTONI	PUNO	AZANGARO	POTONI	ANALOGICA	VHF	11	1452323,50	070W0618,30	200
22	SAMAN-TARACO	PUNO	AZANGARO	SAMAN	ANALOGICA	VHF	12	1551731,00	070W0102,30	50
23	SAN ANTON	PUNO	AZANGARO	SAN ANTON	ANALOGICA	VHF	11	1453501,90	070W1914,90	89
24	TIRAPATA	PUNO	AZANGARO	TIRAPATA	ANALOGICA	VHF	9	1455656,00	070W2412,60	50
25	TIRAPATA	PUNO	AZANGARO	TIRAPATA	ANALOGICA	VHF	11	1455738,20	070W2252,50	89
26	MACUSANI-AJOYANI	PUNO	CARABAYA	AJOYANI	ANALOGICA	VHF	9	1451307,00	070W1901,20	100
27	AYAPATA - ITUATA	PUNO	CARABAYA	AYAPATA	ANALOGICA	VHF	6	1354647,30	070W1927,20	200

Elaboración propia

Al analizar la información del MTC y los resultados de la campaña de medición realizada, se puede concluir que Caminacoya no cuenta con transmisores de TV. Se presume que las señales de TV detectadas en el lugar podrían ser de transmisores ubicados en distritos aledaños como Arapa, Saman, o de provincias vecinas como Huancané o San Román.

En el estudio se observó que el número de canales de TV ocupados disminuye en el periodo nocturno. Además, fue posible notar que, a lo largo del tiempo, los resultados



muestran una ocupación espectral en su mayoría constante. Esto quiere decir que la banda de TV no tiene variaciones de ocupación significativas en el tiempo.

Otra información a destacar es que, en Caminacoya, todos los canales que fueron determinados como ocupados son de transmisiones analógicas. En Caminacoya no se encontró ningún canal de TV digital.

4.3. VIABILIDAD TÉCNICA PARA IMPLEMENTAR SISTEMAS 5G EN TVWS

En la sección 4.1 determinamos que en áreas rurales como Caminacoya la cobertura celular tiene una intensidad de señal muy baja y la velocidad de transferencia es insuficiente. En la sección 4.2 determinamos que los canales de TV no estaban siendo ocupados en su mayoría y se cuantificó el espectro disponible. Estos resultados positivos nos permiten analizar la viabilidad técnica para implementar sistemas 5G en la banda TVWS, lo que se presenta en esta sección.

Para sistemas 5G, el estándar IMT2020 cuenta con especificaciones técnicas que describen las características de RF necesarias para la implementación de sistemas 5G. Estas características se detallan para la estación base y para el equipamiento del usuario en dos documentos (ETSI, 2020a, 2020b)::

- ETSI TS 138 104 - 5G; NR; Base Station (BS) radio transmission and reception.
- ETSI TS 138 101 - 5G; NR; User Equipment (UE) radio transmission and reception.

Estas especificaciones técnicas en su versión 17 describen dos rangos de frecuencias de operación para las estaciones base (BS) y para los equipos de usuario en

sistemas 5G, denominados FR1 y FR2, los valores de cada rango son mostrados en la Tabla 13 .

Tabla 13

Rangos de frecuencia de operación para sistemas 5G

Designación del rango de frecuencia	Rango de frecuencia correspondiente
FR1	410 MHz – 7125 MHz
FR2	FR2 – 1 24250 MHz – 52600 MHz
	FR2 - 2 52600 MHz – 71000 MHz

Fuente: ETSI TS 138

De acuerdo a la Tabla 13, actualmente, la frecuencia más baja donde puede operar un sistema 5G es 410 MHz. Debido a esta especificación, los canales de TVWS de la banda VHF no pueden ser utilizados como banda de operación de sistemas 5G. Sin los canales de TVWS de la banda UHF si son compatibles con el estándar 5G. La Tabla 14 muestra dicha compatibilidad.

Tabla 14

Compatibilidad de bandas TVWS con la tecnología 5G

Banda	Rango de frecuencias	Compatible con 5G
VHF	54 MHz – 216 MHz	No
UHF	470 MHz – 698 MHz	Si (FR1)

Elaboración propia

Para el rango de frecuencia FR1 (410 MHz – 7125 MHz) las especificaciones técnicas del estándar 5G definen las configuraciones de ancho de banda de transmisión para la estación base (BS – Base Station) y para equipo del usuario (UE – User Equipment). La Tabla 15 y la Tabla 16 muestran estas configuraciones (ETSI, 2020a, 2020b).

Tabla 15*Configuraciones de ancho de banda de transmisión para BS*

SCS (kHz)	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz	25 MHz	30 MHz	35 MHz	40 MHz	45 MHz	50 MHz	60 MHz	70 MHz	80 MHz	90 MHz	100 MHz
	NRB	NRB	NRB	NRB	NRB	NRB	NRB	NRB	NRB	NRB	NRB	NRB	NRB	NRB	NRB
15	25	52	79	106	133	160	188	216	242	270	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
30	11	24	38	51	65	78	92	106	119	133	162	189	217	245	273
60	N/A	11	18	24	31	38	44	51	58	65	79	93	107	121	135

Fuente: (ETSI, 2020a, 2020b)

Tabla 16*Configuraciones de ancho de banda de transmisión para UE*

SCS (kHz)	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz	25 MHz	30 MHz	35 MHz	40 MHz	45 MHz	50 MHz	60 MHz	70 MHz	80 MHz	90 MHz	100 MHz
	NRB	NRB	NRB	NRB	NRB	NRB	NRB	NRB	NRB	NRB	NRB	NRB	NRB	NRB	NRB
15	25	52	79	106	133	160	188	216	242	270	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
30	11	24	38	51	65	78	92	106	119	133	162	189	217	245	273
60	N/A	11	18	24	31	38	44	51	58	65	79	93	107	121	135

Fuente: (ETSI, 2020a, 2020b)

Esto quiere decir que un sistema 5G puede implementarse en distintos anchos de banda, desde un ancho de banda de 5 MHz hasta un ancho de banda de 100 MHz, tanto para la BS como para el UE.

Por ejemplo, en solo un canal de TVWS de 6 MHz podría ser implementado un sistema 5G con un ancho de banda de 5 MHz.

En la sección anterior, específicamente en la Tabla 12, para la banda UHF se determinó porciones de espectro de TVWS de 6 MHz, 18 MHz, 24 MHz y 30 MHz. Estos espectros de TVWS son compatibles con las especificaciones de los anchos de banda necesarios para la tecnología 5G.

En Caminacoya, sistemas 5G con ancho de banda de 5MHz, 10 MHz, 15 MHz, 20MHz, 25 MHz y 30 MHz podrían ser implementados sobre la banda UHF de TVWS. Un ancho de banda mayor significa mayor velocidad de comunicación. Debido a la baja frecuencia de la banda UHF de TV, es posible lograr cobertura a extensas áreas.

Se concluye que es viable técnicamente utilizar espectros de TVWS de la banda UHF para implementar sistemas 5G en áreas rurales como Caminacoya, lo que permitiría ofrecer acceso a internet de banda ancha a menor costo.

4.4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en las secciones anteriores nos permitieron validar la hipótesis planteada en esta tesis mediante la validación de las hipótesis específicas.

La hipótesis específica 1 fue validada, comprobándose que en zonas rurales como Caminacoya no se cuenta con acceso a internet de banda ancha. Esto se logró mediante la recopilación de datos utilizando drive-tests, al analizar los datos se comprobó la poca cobertura celular en el lugar, lo que concuerda con las informaciones brindadas por los órganos del gobierno como OSIPTEL y por las informaciones de las mismas operadoras.

Por otro lado, las medidas realizadas en campo nos permitieron analizar la ocupación de la banda de TV, y estimar el espectro de TVWS, 54 MHz en VHF y 168 MHz en UHF. Estos resultados son similares a los obtenidos por autores como (Nekovee, 2009), (Van de Beek et al.), (Kurnaz et al., 2016), (Lasisi et al., 2022), donde en todos ellos se estimaron más de 120 MHz de espectro de TVWS. Esto nos permite aceptar la segunda hipótesis específica.

La hipótesis específica 3 también es aceptada debido a que los resultados mostraron que existe suficiente espectro de TVWS disponible para su utilización como banda de operación de sistemas 5G y que el uso de esta tecnología es viable en zonas rurales. Esto confirma los trabajos realizados por (Khalil et al., 2017), (Ferreira et al., 2019), (Katzis et al., 2020), etc. Sin embargo, en este trabajo se mostró que la propuesta de utilizar la banda de TVWS para implementar sistemas 5G en entornos rurales sólo es viable en el espectro de la banda UHF.



V. CONCLUSIONES

- Uno de los desafíos actuales en telecomunicaciones es disminuir la brecha digital que existe entre las áreas rurales y urbanas. La evolución de las tecnologías ha permitido mejores velocidades de conexión en áreas urbanas, sin embargo, en áreas rurales aún hay escasas de comunicación de banda ancha. La brecha digital es notada cuando en áreas urbanas, en su mayoría es posible acceder a servicios de videoconferencia, video y sonido de alta calidad, etc. por otro lado, en entornos rurales existe baja capacidad de comunicación y/o poca presencia de sistemas de telecomunicaciones. La falta de conectividad de calidad en entornos rurales no solo afecta negativamente a la población que viven en estos sectores, sino también afecta negativamente a la población urbana. Se ha comprobado que las tecnologías de telecomunicaciones en entornos rurales pueden mejorar la producción en agricultura, ganadería, pesca, etc. lo que se traduce a un mayor beneficio de toda la sociedad. Es por eso que entidades internacionales incentivan a buscar soluciones para esta problemática. En este trabajo se analizó y evaluó la viabilidad técnica para la utilización de la banda de TVWS como tecnología de acceso a internet en un entorno rural como la comunidad de Caminacoya.
- Primero se analizó la presencia de tecnologías de comunicaciones en dicha comunidad. Los resultados mostraron que existe poca cobertura celular en el lugar, y donde existe cobertura, la intensidad de señal y la velocidad de transferencia no son suficientes para sostener aplicaciones básicas como video conferencias.
- Luego se evaluó la ocupación de la banda de TV. Los resultados obtenidos permitieron estimar que existe 54MHz y 168MHz de espectro libre (TVWS) en la banda VHF y UHF respectivamente. Además, se observó que la utilización de la



banda de TV es estable en el tiempo, esto quiere decir que un canal generalmente conserva su estado de ocupado o libre la mayor parte del tiempo.

- Finalmente, se determinó que en Caminacoya la utilización del espectro de TVWS para implementar sistemas 5G es técnicamente viable solamente en la banda UHF, debido a que las frecuencias y el ancho de banda disponible son compatibles con las especificaciones del estándar 5G. Estos resultados positivos nos permiten concluir que la implementación de estas tecnologías impulsaría la conectividad de calidad en áreas rurales como la comunidad de Caminacoya y de esa forma, combatir la brecha digital.



VI. RECOMENDACIONES

- A pesar de los resultados positivos de esta investigación, existen otros desafíos que se deben considerar para lograr un despliegue real de esta tecnología en áreas rurales del Perú. Se necesitan estudios sociales, económicos, tecnológicos. Implementar políticas de operación, etc.
- Técnicamente es necesario desarrollar metodologías eficaces para determinar si un canal está ocupado o desocupado. Diferenciar si un canal es utilizado por un transmisor licenciado o no licenciado. Por otro lado, técnicas para no causar interferencia con los sistemas tradicionales también son necesarios. La literatura muestra que la implementación de base de datos para la utilización de TVWS es una solución factible, es por eso que se recomienda para futuros trabajos la implementación de una base de datos con informaciones de canales ocupados en tiempo real.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agiwal, M., Roy, A., & Saxena, N. (2016). Next Generation 5G Wireless Networks: A Comprehensive Survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 18(3), 1617-1655. <https://doi.org/10.1109/COMST.2016.2532458>
- Arellanos Galván, J. Radios Cognitivos: Conectividad en Zonas Rurales utilizando Espacios Blancos de TV.
- Cordeiro, C., Challapali, K., Birru, D., & Sai, S. (2005, 8-11 Nov. 2005). IEEE 802.22: the first worldwide wireless standard based on cognitive radios. First IEEE International Symposium on New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks, 2005. DySPAN 2005.,
- Corral-De-Witt, D. R. (2019). Spectrum Occupancy Estimation and Analysis.
- ETSI. (2020a). ETSI TS 138 101 - 5G; NR; User Equipment (UE) radio transmission and reception; Part 1: Range 1 Standalone (3GPP TS 38.101-1 version 15.8.2 Release 15). In.
- ETSI. (2020b). ETSI TS 138 104 - 5G; NR; Base Station (BS) radio transmission and reception (3GPP TS 38.104 version 15.8.0 Release 15). In.
- Federal Communications, C. (2020). 2020 Broadband Deployment Report (2020).
- Ferreira, A., Mendes, L., Dias, W., Marins, T., Gaspar, D., Matos, A., . . . Sokal, B. (2019, 18-21 June 2019). 5G-RANGE Project Field Trial. 2019 European Conference on Networks and Communications (EuCNC),
- Grau Mompó, S. (2019). Medición y Análisis de las Redes de Comunicaciones Móviles 4G LTE en Cullera.
- IMT. (2015). IMT Vision–Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond. *Recommendation ITU, 2083*.
- INEI. (2023). *Sistema de Información Geográfica*. Retrieved Setiembre de 2023 from <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>
- Jamil, M., Shaikh, S., Shahzad, M., & Awais, Q. (2008). *4G: The future mobile technology*. <https://doi.org/10.1109/TENCON.2008.4766729>



- Jiménez Moposita, J. V. (2017). Análisis y evaluación del espectro radioeléctrico en las bandas VHF y UHF mediante un algoritmo realizado en radio USRP para uso potencial del estándar IEEE 802.11 af en la zona urbana del cantón Ambato.
- Katzis, K., Mfupe, L., & Hussien, H. M. (2020, 27-30 Oct. 2020). Opportunities and Challenges of Bridging the Digital Divide using 5G enabled High Altitude Platforms and TVWS spectrum. 2020 IEEE Eighth International Conference on Communications and Networking (ComNet),
- Khalil, M., Qadir, J., Onireti, O., Imran, M. A., & Younis, S. (2017, 7-9 March 2017). Feasibility, architecture and cost considerations of using TVWS for rural Internet access in 5G. 2017 20th Conference on Innovations in Clouds, Internet and Networks (ICIN),
- Kpojime, H. O., & Safdar, G. A. (2015). Interference Mitigation in Cognitive-Radio-Based Femtocells. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(3), 1511-1534. <https://doi.org/10.1109/COMST.2014.2361687>
- Kurnaz, C., Engiz, B. K., & Albayrak, Z. E. (2016, 22-23 Nov. 2016). Determination of TV white space spectrum availability in Samsun Turkey. 2016 24th Telecommunications Forum (TELFOR),
- Lasisi, H. O., Aderinkola, B. F., & Adeagbo, F. M. (2022). SPECTRUM OCCUPANCY MEASUREMENT AND ANALYSIS AT OSUN STATE UNIVERSITY CAMPUS, OSOGBO, NIGERIA. *Journal of Engineering Studies and Research*, 28(1), 59-66.
- Makris, D., Gardikis, G., & Kourtis, A. (2012). Quantifying TV White Space Capacity: A Geolocation-Based Approach. *IEEE Communications Magazine*, 50.
- Nekovee, M. (2009, 14-18 June 2009). Quantifying the Availability of TV White Spaces for Cognitive Radio Operation in the UK. 2009 IEEE International Conference on Communications Workshops,
- Taher, T. M., Bacchus, R. B., Zdunek, K. J., & Roberson, D. A. (2011, 3-6 May 2011). Long-term spectral occupancy findings in Chicago. 2011 IEEE International Symposium on Dynamic Spectrum Access Networks (DySPAN),



- Ubom, E. A., & Ukommi, U. S. (2022). Comparative evaluation of spectrum occupancy of the broadcasting bands in urban, sub-urban and rural environments. *Nigerian Journal of Technology*, 41(6), 1008-1016.
- UIT. (2016). *Medición y evaluación de la ocupación del espectro* (Gestión del espectro, Issue).
- Van de Beek, J., Riihijarvi, J., Achtzehn, A., & Mahonen, P. (2011). UHF white space in Europe—a quantitative study into the potential of the 470–790 MHz band.
- Van de Beek, J., Riihijarvi, J., Achtzehn, A., & Mahonen, P. (2011, 2011). UHF white space in Europe—a quantitative study into the potential of the 470–790 MHz band.
- Van Tam, N., Villain, F., & Guillou, Y. L. (2011, 27-30 Sept. 2011). Cognitive radio systems: Overview and challenges. 2011 3rd International Conference on Awareness Science and Technology (iCAST),
- Vidal, D. d. C., Castellanos, P. V. G., & Ferreira, T. N. (2019, 2019). Avaliação Preliminar das Oportunidades de Espectro na Região Metropolitana de Niterói na Faixa UHF da TV Digital.
- Zhang, W., Yang, J., Zhang, G., Yang, L., & Yeo, C. K. (2018). TV white space and its applications in future wireless networks and communications: a survey. *IET Communications*, 12(20), 2521-2532. <https://doi.org/10.1049/iet-com.2018.5009>
- Zhang, Y., Love, D. J., Krogmeier, J. V., Anderson, C. R., Heath, R. W., & Buckmaster, D. R. (2021). Challenges and Opportunities of Future Rural Wireless Communications. *IEEE Communications Magazine*, 59(12), 16-22. <https://doi.org/10.1109/MCOM.001.2100280>



ANEXOS

ANEXO 1: Decreto Supremo N° 024-2021-MTC

Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1972550-4>

DIARIO OFICIAL DEL BICENTENARIO

El Peruano

Buscar... Filtro

Buscar

PDF HTML Cuadernillo

Fecha de publicación: 14/07/2021

f t w i

Decreto Supremo que aprueba la Norma de uso de la banda de frecuencias 470 - 698 MHz, para los servicios de telecomunicaciones inalámbricas referidos en la Nota P11B del Plan Nacional de Atribución de Frecuencias - PNAF

DECRETO SUPREMO

N° 024-2021-MTC

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 66 de la Constitución Política del Perú establece que, los recursos naturales renovables y no renovables son patrimonio de la Nación. Asimismo, señala que, el Estado es soberano en su aprovechamiento y que por ley orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares;

Que, el artículo 3 de la Ley Nro. 26821, Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, establece que se consideran como recursos naturales a todo componente de la naturaleza susceptible de ser aprovechado por el ser humano para la satisfacción de sus necesidades y que tenga un valor actual o potencial en el mercado, tales como el espectro radioeléctrico, entre otros;

Que, el literal d) del artículo 4 de la Ley Nro. 29370, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, establece que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) tiene competencia exclusiva en materia de infraestructura y servicios de comunicaciones;

Que, el Texto Único Ordenado de la Ley de Telecomunicaciones, aprobado por Decreto Supremo Nro. 013-93-TCC, en adelante la Ley de Telecomunicaciones, establece en sus artículos 57 y 58 que el espectro radioeléctrico es un recurso natural de dimensiones limitadas que forma parte del patrimonio de la Nación; cuya administración, asignación y control corresponden al MTC, en las condiciones señaladas por la Ley y su Reglamento;

Que, conforme el artículo 19 de los Lineamientos de política de apertura del mercado de telecomunicaciones del Perú, aprobados mediante el Decreto Supremo Nro. 020-98-MTC (Lineamientos Generales), el MTC tiene competencia sobre la política y los mecanismos de otorgamiento de



ANEXO 2: Canales De TV licenciados en el Departamento Puno

N°	PROVINCIA PLANTA	DISTRITO PLANTA	LOCALIDAD	TIPO SEÑAL	BAN DA	CH	LATITUD PLANTA	LONGITUD PLANTA	POT_V IDEO WATT S
1	AZANGARO	ARAPA	ARAPA	ANALOGICA	VHF	7	15S0832,70	070W0653,30	50
2	AZANGARO	ARAPA	ARAPA	ANALOGICA	VHF	9	15S0819,05	070W0557,70	50
3	AZANGARO	ARAPA	ARAPA	ANALOGICA	VHF	11	15S0819,80	070W0635,90	50
4	AZANGARO	ARAPA	ARAPA	ANALOGICA	VHF	13	15S0802,50	070W0647,90	80
5	AZANGARO	ASILLO	ASILLO	ANALOGICA	VHF	2	14S4644,72	070W2121,84	50
6	AZANGARO	ASILLO	ASILLO	ANALOGICA	VHF	4	14S4735,45	070W2024,50	50
7	AZANGARO	ASILLO	ASILLO	ANALOGICA	VHF	8	14S4644,72	070W2121,84	50
8	AZANGARO	ASILLO	ASILLO	ANALOGICA	VHF	12	14S4735,00	070W2025,00	15
9	AZANGARO	AZANGARO	AZANGARO-SAN JUAN DE SALINAS	DIGITAL	UHF	22	14S5446,50	070W1147,80	250
10	AZANGARO	AZANGARO	AZANGARO	ANALOGICA	VHF	3	14S5448,40	070W1144,33	100
11	AZANGARO	AZANGARO	AZANGARO	ANALOGICA	VHF	5	14S5424,00	070W1136,00	100
12	AZANGARO	AZANGARO	AZANGARO	ANALOGICA	VHF	7	14S5446,50	070W1147,80	250
13	AZANGARO	AZANGARO	AZANGARO	ANALOGICA	VHF	9	14S5448,30	070W1144,60	50
14	AZANGARO	AZANGARO	AZANGARO	ANALOGICA	VHF	11	14S5446,50	070W1141,30	150
15	AZANGARO	AZANGARO	AZANGARO	ANALOGICA	VHF	13	14S5449,20	070W1143,90	100
16	AZANGARO	JOSE DOMINGO CHOQUEHUANCA	ESTACION DE PUCARA-PUCARA-SANTIAGO DE PUPUJA	ANALOGICA	VHF	10	15S0151,00	070W2017,30	200
17	AZANGARO	MUÑANI	MUÑANI	ANALOGICA	VHF	5	14S4523,50	069W5700,35	50
18	AZANGARO	MUÑANI	MUÑANI	ANALOGICA	VHF	9	14S4552,17	069W5723,44	50
19	AZANGARO	MUÑANI	MUÑANI	ANALOGICA	VHF	13	14S4555,00	069W5652,00	15
20	AZANGARO	POTONI	CARLOS GUTIERREZ ALZAMORA - CRUCERO - POTONI	ANALOGICA	VHF	9	14S1851,10	070W1112,20	200
21	AZANGARO	POTONI	CARLOS GUTIERREZ ALZAMORA - CRUCERO - POTONI	ANALOGICA	VHF	11	14S2323,50	070W0618,30	200
22	AZANGARO	SAMAN	SAMAN-TARACO	ANALOGICA	VHF	12	15S1731,00	070W0102,30	50
23	AZANGARO	SAN ANTON	SAN ANTON	ANALOGICA	VHF	11	14S3501,90	070W1914,90	89
24	AZANGARO	TIRAPATA	TIRAPATA	ANALOGICA	VHF	9	14S5656,00	070W2412,60	50
25	AZANGARO	TIRAPATA	TIRAPATA	ANALOGICA	VHF	11	14S5738,20	070W2252,50	89
26	CARABAYA	AJOYANI	MACUSANI-AJOYANI	ANALOGICA	VHF	9	14S1307,00	070W1901,20	100
27	CARABAYA	AYAPATA	AYAPATA - ITUATA	ANALOGICA	VHF	6	13S4647,30	070W1927,20	200
28	CARABAYA	AYAPATA	AYAPATA - ITUATA	ANALOGICA	VHF	8	13S4637,90	070W1922,50	200
29	CARABAYA	AYAPATA	AYAPATA - ITUATA	ANALOGICA	VHF	10	13S4649,10	070W1926,10	150
30	CARABAYA	AYAPATA	AYAPATA - ITUATA	ANALOGICA	VHF	12	13S4634,49	070W1911,17	100
31	CARABAYA	COASA	COASA	ANALOGICA	VHF	5	13S5921,63	070W0124,35	50
32	CARABAYA	COASA	COASA	ANALOGICA	VHF	9	13S5844,46	070W0101,00	125
33	CARABAYA	COASA	COASA	ANALOGICA	VHF	13	13S5850,20	070W0149,30	200
34	CARABAYA	CORANI	ISIVILLA	ANALOGICA	VHF	13	13S5455,70	070W3225,10	50
35	CARABAYA	CRUCERO	CARLOS GUTIERREZ ALZAMORA - CRUCERO - POTONI	ANALOGICA	VHF	4	14S2141,80	070W0125,50	200
36	CARABAYA	CRUCERO	CARLOS GUTIERREZ ALZAMORA - CRUCERO - POTONI	ANALOGICA	VHF	5	14S2131,40	070W0056,56	50
37	CARABAYA	CRUCERO	CARLOS GUTIERREZ ALZAMORA - CRUCERO - POTONI	ANALOGICA	VHF	7	14S2141,80	070W0125,50	200
38	CARABAYA	CRUCERO	CARLOS GUTIERREZ ALZAMORA - CRUCERO - POTONI	ANALOGICA	VHF	13	14S2130,40	070W0057,20	15
39	CARABAYA	ITUATA	TAMBILLO	ANALOGICA	VHF	5	13S4923,85	070W1419,13	50
40	CARABAYA	ITUATA	TAMBILLO	ANALOGICA	VHF	11	13S5142,90	070W1229,96	50
41	CARABAYA	MACUSANI	MACUSANI-AJOYANI	ANALOGICA	VHF	7	14S0420,90	070W2558,30	50



N°	PROVINCIA PLANTA	DISTRITO PLANTA	LOCALIDAD	TIPO SEÑAL	BAN DA	CH	LATITUD PLANTA	LONGITUD PLANTA	POT_V IDEO WATT S
42	CARABAYA	OLLACHEA	OLLACHEA	ANALOGICA	VHF	5	13S4750,33	070W2828,78	50
43	CARABAYA	OLLACHEA	OLLACHEA	ANALOGICA	VHF	13	13S4752,10	070W2828,10	80
44	CARABAYA	USICAYOS	USICAYOS	ANALOGICA	VHF	13	14S0741,40	069W5753,70	63
45	CHUCUITO	DESAGUADERO	DESAGUADERO	ANALOGICA	VHF	2	16S3437,14	069W0302,97	50
46	CHUCUITO	DESAGUADERO	DESAGUADERO	ANALOGICA	VHF	4	16S3331,50	069W0241,60	63
47	CHUCUITO	DESAGUADERO	DESAGUADERO	ANALOGICA	VHF	6	16S3342,00	069W0223,10	50
48	CHUCUITO	DESAGUADERO	DESAGUADERO	ANALOGICA	VHF	8	16S3400,00	069W0300,00	50
49	CHUCUITO	DESAGUADERO	DESAGUADERO	ANALOGICA	VHF	10	16S3343,96	069W0219,82	50
50	CHUCUITO	DESAGUADERO	DESAGUADERO	ANALOGICA	VHF	12	16S3341,21	069W0220,35	100
51	CHUCUITO	JULI	JULI-ILAVE- PILCUYO	DIGITAL	UHF	27	16S1213,30	069W2630,00	500
52	CHUCUITO	JULI	JULI	ANALOGICA	VHF	3	16S1213,80	069W2628,50	100
53	CHUCUITO	JULI	JULI	ANALOGICA	VHF	5	16S1213,30	069W2630,00	500
54	CHUCUITO	JULI	JULI	ANALOGICA	VHF	7	16S1213,00	069W2629,00	200
55	CHUCUITO	JULI	JULI	ANALOGICA	VHF	9	16S1212,80	069W2628,60	100
56	CHUCUITO	JULI	JULI	ANALOGICA	VHF	11	16S1211,40	069W2628,30	100
57	CHUCUITO	JULI	JULI	ANALOGICA	VHF	13	16S1256,10	069W2717,60	300
58	CHUCUITO	PISACOMA	PISACOMA	ANALOGICA	VHF	4	16S5422,10	069W2227,20	80
59	CHUCUITO	PISACOMA	PISACOMA	ANALOGICA	VHF	12	16S5430,30	069W2217,10	50
60	CHUCUITO	POMATA	POMATA	ANALOGICA	VHF	6	16S1600,75	069W1751,28	50
61	CHUCUITO	POMATA	POMATA	ANALOGICA	VHF	8	16S1644,50	069W1732,50	44
62	CHUCUITO	POMATA	POMATA	ANALOGICA	VHF	10	16S1619,00	069W1752,00	15
63	CHUCUITO	POMATA	POMATA	ANALOGICA	VHF	12	16S1617,90	069W1750,50	50
64	CHUCUITO	ZEPITA	ANAPIA-COPANI- ZEPITA	ANALOGICA	VHF	4	16S2956,20	069W0609,30	250
65	CHUCUITO	ZEPITA	ANAPIA-COPANI- ZEPITA	ANALOGICA	VHF	8	16S2914,66	069W0642,11	300
66	CHUCUITO	ZEPITA	ANAPIA-COPANI- ZEPITA	ANALOGICA	VHF	12	16S3014,10	069W0559,40	100
67	EL COLLAO	ILAVE	JULI-ILAVE- PILCUYO	DIGITAL	UHF	15	16S0600,00	069W3733,30	50
68	EL COLLAO	ILAVE	JULI-ILAVE- PILCUYO	DIGITAL	UHF	17	16S0556,80	069W3949,90	500
69	EL COLLAO	ILAVE	ILAVE	ANALOGICA	VHF	4	16S0556,80	069W3949,90	500
70	EL COLLAO	ILAVE	ILAVE	ANALOGICA	VHF	8	16S0506,49	069W3903,33	50
71	EL COLLAO	ILAVE	ILAVE	ANALOGICA	VHF	10	16S0600,00	069W3733,30	50
72	EL COLLAO	ILAVE	ILAVE	ANALOGICA	VHF	12	16S0514,00	069W3816,80	50
73	EL COLLAO	SANTA ROSA	SANTA ROSA	ANALOGICA	VHF	9	16S4544,70	069W5130,00	50
74	HUANCANE	COJATA	COJATA	ANALOGICA	VHF	5	15S0056,25	069W2159,35	250
75	HUANCANE	COJATA	CALLENUTA KANTATI URURI	ANALOGICA	VHF	9	15S1204,40	069W0914,36	100
76	HUANCANE	COJATA	COJATA	ANALOGICA	VHF	11	15S0054,51	069W2155,58	250
77	HUANCANE	HUANCANE	HUANCANE	DIGITAL	UHF	20	15S0125,17	069W4515,87	100
78	HUANCANE	HUANCANE	HUANCANE	ANALOGICA	VHF	3	15S1129,60	069W4501,20	200
79	HUANCANE	HUANCANE	HUANCANE	ANALOGICA	VHF	9	15S1129,46	069W4502,60	100
80	HUANCANE	HUANCANE	HUANCANE	ANALOGICA	VHF	11	15S1129,10	069W4503,10	100
81	HUANCANE	HUANCANE	HUANCANE	ANALOGICA	VHF	13	15S1136,00	069W4502,00	100
82	HUANCANE	HUATASANI	HUATASANI	ANALOGICA	VHF	8	15S0333,45	069W4806,49	100
83	HUANCANE	INCHUPALLA	INCHUPALLA	ANALOGICA	VHF	2	15S0424,02	069W4216,38	50
84	HUANCANE	INCHUPALLA	INCHUPALLA	ANALOGICA	VHF	5	15S0040,39	069W4042,49	50
85	HUANCANE	INCHUPALLA	INCHUPALLA	ANALOGICA	VHF	9	15S0034,48	069W4058,30	100
86	HUANCANE	INCHUPALLA	INCHUPALLA	ANALOGICA	VHF	11	15S0040,50	069W4042,70	50
87	HUANCANE	ROSASPATA	ROSASPATA	ANALOGICA	VHF	10	15S1405,17	069W3138,71	100
88	HUANCANE	TARACO	SAMAN-TARACO	ANALOGICA	VHF	2	15S1741,50	069W5947,55	150
89	HUANCANE	TARACO	SAMAN-TARACO	ANALOGICA	VHF	4	15S1632,80	069W5749,50	150
90	HUANCANE	TARACO	SAMAN-TARACO	ANALOGICA	VHF	6	15S1746,80	069W5912,00	200
91	HUANCANE	TARACO	SAMAN-TARACO	ANALOGICA	VHF	8	15S1751,20	069W5852,00	150
92	HUANCANE	VILQUE CHICO	VILQUE-CHICO	ANALOGICA	VHF	6	15S1234,30	069W4117,50	60
93	HUANCANE	VILQUE CHICO	VILQUE-CHICO	ANALOGICA	VHF	8	15S1247,45	069W4106,04	50
94	HUANCANE	VILQUE CHICO	VILQUE-CHICO	ANALOGICA	VHF	10	15S1240,70	069W4121,20	100
95	HUANCANE	VILQUE CHICO	VILQUE-CHICO	ANALOGICA	VHF	12	15S1233,90	069W4117,40	80
96	LAMPA	LAMPA	LAMPA	ANALOGICA	VHF	5	15S2224,55	070W2209,92	100
97	LAMPA	LAMPA	LAMPA	ANALOGICA	VHF	9	15S2153,20	070W2204,60	100
98	LAMPA	LAMPA	LAMPA	ANALOGICA	VHF	11	15S2137,40	070W2213,70	500
99	LAMPA	LAMPA	LAMPA	ANALOGICA	VHF	12	15S2152,80	070W2203,90	50
100	LAMPA	NICASIO	NICASIO	ANALOGICA	VHF	12	15S1421,70	070W1545,20	50



N°	PROVINCIA PLANTA	DISTRITO PLANTA	LOCALIDAD	TIPO SEÑAL	BAN DA	CH	LATITUD PLANTA	LONGITUD PLANTA	POT_V IDEO WATT S
101	LAMPA	PUCARA	ESTACION DE PUCARA-PUCARA-SANTIAGO DE PUPUJA	ANALOGICA	VHF	4	15S0224,00	070W2222,00	200
102	LAMPA	PUCARA	ESTACION DE PUCARA-PUCARA-SANTIAGO DE PUPUJA	ANALOGICA	VHF	6	15S0226,90	070W2209,30	150
103	LAMPA	PUCARA	ESTACION DE PUCARA-PUCARA-SANTIAGO DE PUPUJA	ANALOGICA	VHF	8	15S0224,00	070W2222,00	200
104	LAMPA	SANTA LUCIA	SANTA LUCIA	ANALOGICA	VHF	12	15S4102,45	070W3626,00	100
105	MELGAR	ANTAUTA	LARIMAYO-MILLUNI SAN JUAN	ANALOGICA	UHF	16	14S2928,70	070W2043,30	20
106	MELGAR	ANTAUTA	ANTAUTA	DIGITAL	UHF	16	14S1757,60	070W1731,90	250
107	MELGAR	ANTAUTA	ANTAUTA	ANALOGICA	VHF	5	14S1745,24	070W1750,59	50
108	MELGAR	ANTAUTA	ANTAUTA	ANALOGICA	VHF	9	14S1759,00	070W1712,20	50
109	MELGAR	ANTAUTA	ANTAUTA	ANALOGICA	VHF	11	14S1703,20	070W1718,60	50
110	MELGAR	ANTAUTA	ANTAUTA	ANALOGICA	VHF	13	14S1757,60	070W1731,90	250
111	MELGAR	AYAVIRI	AYAVIRI	ANALOGICA	VHF	7	14S5251,30	070W3530,40	200
112	MELGAR	AYAVIRI	AYAVIRI	ANALOGICA	VHF	9	14S5405,60	070W3527,10	100
113	MELGAR	AYAVIRI	AYAVIRI	ANALOGICA	VHF	11	14S5406,96	070W3525,50	10
114	MELGAR	AYAVIRI	AYAVIRI	ANALOGICA	VHF	13	14S5406,27	070W3526,89	50
115	MELGAR	MACARI	MACARI	ANALOGICA	VHF	4	14S4618,90	070W5411,00	100
116	MELGAR	MACARI	MACARI	ANALOGICA	VHF	5	14S4611,90	070W5339,36	50
117	MELGAR	MACARI	MACARI	ANALOGICA	VHF	9	14S4555,00	070W5411,15	50
118	MELGAR	MACARI	MACARI	ANALOGICA	VHF	11	14S4624,00	070W5438,00	50
119	MELGAR	MACARI	MACARI	ANALOGICA	VHF	13	14S4611,40	070W5410,40	50
120	MELGAR	NUÑO A	NUÑO A	DIGITAL	UHF	29	14S2848,19	070W3832,10	100
121	MELGAR	NUÑO A	NUÑO A	ANALOGICA	VHF	4	14S2843,70	070W3814,20	100
122	MELGAR	NUÑO A	NUÑO A	ANALOGICA	VHF	5	14S2847,40	070W3834,00	50
123	MELGAR	NUÑO A	NUÑO A	ANALOGICA	VHF	7	14S2833,44	070W3809,98	50
124	MELGAR	NUÑO A	NUÑO A	ANALOGICA	VHF	9	14S2818,00	070W3821,00	15
125	MELGAR	NUÑO A	NUÑO A	ANALOGICA	VHF	11	14S2848,19	070W3832,10	100
126	MELGAR	NUÑO A	NUÑO A	ANALOGICA	VHF	13	14S2818,00	070W3821,00	15
127	MELGAR	ORURILLO	ORURILLO	ANALOGICA	VHF	5	14S4353,32	070W3030,41	50
128	MELGAR	ORURILLO	ORURILLO	ANALOGICA	VHF	7	14S4332,80	070W3046,50	100
129	MELGAR	ORURILLO	ORURILLO	ANALOGICA	VHF	9	14S4354,10	070W3030,10	63
130	MELGAR	ORURILLO	ORURILLO	ANALOGICA	VHF	11	14S4353,00	070W3037,00	50
131	MELGAR	ORURILLO	ORURILLO	ANALOGICA	VHF	13	14S4331,80	070W3208,40	50
132	MELGAR	SANTA ROSA	SANTA ROSA	ANALOGICA	VHF	4	14S3629,00	070W4718,50	100
133	MELGAR	SANTA ROSA	SANTA ROSA	ANALOGICA	VHF	5	14S3616,25	070W4703,25	50
134	MELGAR	SANTA ROSA	SANTA ROSA	ANALOGICA	VHF	7	14S3554,50	070W4730,20	10
135	MELGAR	SANTA ROSA	SANTA ROSA	ANALOGICA	VHF	9	14S3617,59	070W4704,05	50
136	MELGAR	SANTA ROSA	SANTA ROSA	ANALOGICA	VHF	11	14S3618,10	070W4703,10	80
137	MELGAR	SANTA ROSA	SANTA ROSA	ANALOGICA	VHF	13	14S3548,30	070W4733,30	80
138	MELGAR	UMACHIRI	UMACHIRI	ANALOGICA	VHF	13	14S5111,82	070W4532,61	790
139	MOHO	CONIMA	TILALI-CONIMA	ANALOGICA	VHF	13	15S2807,00	069W2607,00	50
140	MOHO	HUAYRAPATA	HUAYRAPATA	ANALOGICA	VHF	9	15S1919,00	069W2030,00	50
141	MOHO	HUAYRAPATA	HUAYRAPATA	ANALOGICA	VHF	13	15S1924,50	069W1944,90	50
142	MOHO	MOHO	MOHO	ANALOGICA	VHF	9	15S2127,14	069W2954,76	100
143	PUNO	ACORA	ACORA	ANALOGICA	VHF	6	15S5818,90	069W4751,77	200
144	PUNO	ATUNCOLLA	ATUNCOLLA	ANALOGICA	VHF	7	15S4122,20	070W0900,70	50
145	PUNO	ATUNCOLLA	ATUNCOLLA	ANALOGICA	VHF	11	15S4118,50	070W0839,90	50
146	PUNO	ATUNCOLLA	ATUNCOLLA	ANALOGICA	VHF	13	15S4137,50	070W0839,20	100
147	PUNO	PUNO	PUNO	ANALOGICA	UHF	15	15S5006,60	070W0118,20	1000
148	PUNO	PUNO	PUNO	DIGITAL	UHF	15	15S5006,60	070W0118,20	1000
149	PUNO	PUNO	PUNO	DIGITAL	UHF	16	15S4840,70	070W0106,10	1000
150	PUNO	PUNO	PUNO	ANALOGICA	UHF	19	15S4844,25	070W0102,81	50
151	PUNO	PUNO	PUNO	DIGITAL	UHF	19	15S4844,25	070W0102,81	50
152	PUNO	PUNO	PUNO	DIGITAL	UHF	20	15S4843,10	070W0104,40	1000
153	PUNO	PUNO	PUNO	ANALOGICA	UHF	21	15S4845,40	070W0103,40	1000
154	PUNO	PUNO	PUNO	DIGITAL	UHF	22	15S4825,90	070W0137,30	350



N°	PROVINCIA PLANTA	DISTRITO PLANTA	LOCALIDAD	TIPO SEÑAL	BAN DA	CH	LATITUD PLANTA	LONGITUD PLANTA	POT_V IDEO WATT S
155	PUNO	PUNO	PUNO	ANALOGICA	UHF	23	15S4851,00	070W0057,90	500
156	PUNO	PUNO	PUNO	DIGITAL	UHF	23	15S5051,60	070W0101,30	500
157	PUNO	PUNO	PUNO	DIGITAL	UHF	24	15S4902,49	070W0053,73	10
158	PUNO	PUNO	PUNO	ANALOGICA	UHF	25	15S4848,20	070W0105,00	250
159	PUNO	PUNO	PUNO	DIGITAL	UHF	26	15S4826,00	070W0102,00	1000
160	PUNO	PUNO	PUNO	ANALOGICA	UHF	27	15S5000,00	070W0142,52	500
161	PUNO	PUNO	PUNO	DIGITAL	UHF	28	18S4845,40	070W0103,40	1000
162	PUNO	PUNO	PUNO	ANALOGICA	UHF	31	15S4850,50	070W0058,20	1000
163	PUNO	PUNO	PUNO	DIGITAL	UHF	31	15S4850,50	070W0058,20	1000
164	PUNO	PUNO	PUNO	DIGITAL	UHF	32	15S4844,25	070W0102,81	250
165	PUNO	PUNO	PUNO	ANALOGICA	UHF	33	15S4846,20	070W0103,40	500
166	PUNO	PUNO	PUNO	DIGITAL	UHF	33	15S4846,20	070W0103,40	500
167	PUNO	PUNO	PUNO	DIGITAL	UHF	34	15S4848,20	070W0105,00	1000
168	PUNO	PUNO	PUNO	ANALOGICA	UHF	35	15S4841,20	070W0103,80	100000
169	PUNO	PUNO	PUNO	DIGITAL	UHF	35	15S4841,20	070W0103,80	1000
170	PUNO	PUNO	PUNO	DIGITAL	UHF	36	15S4839,90	070W0040,50	950
171	PUNO	PUNO	PUNO	DIGITAL	UHF	38	15S4853,10	070W0055,20	1000
172	PUNO	PUNO	PUNO	ANALOGICA	UHF	39	15S4844,43	070W0104,31	950
173	PUNO	PUNO	PUNO	ANALOGICA	UHF	41	15S4834,70	070W0124,30	1000
174	PUNO	PUNO	PUNO	DIGITAL	UHF	41	15S4834,70	070W0124,30	1000
175	PUNO	PUNO	PUNO	ANALOGICA	UHF	43	15S4846,20	070W0103,40	500
176	PUNO	PUNO	PUNO	DIGITAL	UHF	43	15S4846,20	070W0103,40	500
177	PUNO	PUNO	PUNO	ANALOGICA	UHF	45	15S4844,90	070W0103,30	500
178	PUNO	PUNO	PUNO	ANALOGICA	UHF	47	15S4902,49	070W0053,73	1000
179	PUNO	PUNO	PUNO	ANALOGICA	UHF	49	15S4848,40	070W0049,10	1000
180	PUNO	PUNO	PUNO	ANALOGICA	VHF	2	15S4840,70	070W0106,10	5000
181	PUNO	PUNO	PUNO	ANALOGICA	VHF	4	15S4844,25	070W0102,81	250
182	PUNO	PUNO	PUNO	ANALOGICA	VHF	5	15S4826,00	070W0102,00	1000
183	PUNO	PUNO	PUNO	ANALOGICA	VHF	7	15S4843,30	070W0104,50	1000
184	PUNO	PUNO	PUNO	ANALOGICA	VHF	9	15S4834,10	070W0110,20	350
185	PUNO	PUNO	PUNO	ANALOGICA	VHF	11	15S4853,10	070W0055,20	1000
186	SAN ANTONIO DE PUTINA	ANANEA	ANANEA	ANALOGICA	VHF	7	14S4049,20	069W3222,76	100
187	SAN ANTONIO DE PUTINA	ANANEA	ANANEA	ANALOGICA	VHF	9	14S4047,50	069W3206,80	300
188	SAN ANTONIO DE PUTINA	ANANEA	CHUQUINI	ANALOGICA	VHF	11	14S3524,50	069W4231,40	50
189	SAN ANTONIO DE PUTINA	ANANEA	ANANEA	ANALOGICA	VHF	11	14S4035,35	069W3159,72	200
190	SAN ANTONIO DE PUTINA	ANANEA	ANANEA	ANALOGICA	VHF	13	14S3800,00	069W2735,00	300
191	SAN ANTONIO DE PUTINA	PUTINA	PUTINA (SAN ANTONIO DE PUTINA)	ANALOGICA	VHF	6	14S5448,31	069W5201,24	50
192	SAN ANTONIO DE PUTINA	PUTINA	PUTINA (SAN ANTONIO DE PUTINA)	ANALOGICA	VHF	8	14S5458,40	069W5136,60	300
193	SAN ANTONIO DE PUTINA	PUTINA	PUTINA (SAN ANTONIO DE PUTINA)	ANALOGICA	VHF	12	14S5438,70	069W5200,70	100
194	SAN ANTONIO DE PUTINA	QUILCAPUNCU	QUILCAPUNCU	ANALOGICA	VHF	9	14S5326,70	069W4406,00	50
195	SAN ANTONIO DE PUTINA	QUILCAPUNCU	QUILCAPUNCU	ANALOGICA	VHF	13	14S5325,10	069W4406,60	80
196	SAN ROMAN	CABANA	CABANA-CABANILLA-DEUSTUA	ANALOGICA	VHF	11	15S3856,30	070W1918,40	50
197	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	ANALOGICA	UHF	15	15S2947,20	070W0809,00	500
198	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	DIGITAL	UHF	16	15S2948,30	070W0809,30	1000
199	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	DIGITAL	UHF	18	15S2945,80	070W0806,90	1000
200	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	ANALOGICA	UHF	19	15S2945,14	070W0808,15	50
201	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	DIGITAL	UHF	19	15S2945,14	070W0808,15	50
202	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	DIGITAL	UHF	20	15S2804,40	070W0639,90	1000
203	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	ANALOGICA	UHF	21	15S2948,10	070W0810,80	200
204	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	DIGITAL	UHF	21	15S2948,10	070W0810,80	200
205	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	DIGITAL	UHF	22	15S2945,10	070W0808,00	500
206	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	ANALOGICA	UHF	23	15S2945,80	070W0806,90	1000
207	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	DIGITAL	UHF	24	15S2949,00	070W0811,10	1000
208	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	ANALOGICA	UHF	25	15S2924,00	070W0744,00	1000
209	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	DIGITAL	UHF	25	15S2924,00	070W0744,00	1000



N°	PROVINCIA PLANTA	DISTRITO PLANTA	LOCALIDAD	TIPO SEÑAL	BAN DA	CH	LATITUD PLANTA	LONGITUD PLANTA	POT_V IDEO WATT S
210	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	DIGITAL	UHF	26	15S2953,70	070W0814,30	500
211	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	ANALOGICA	UHF	27	15S2944,90	070W0804,40	500
212	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	DIGITAL	UHF	27	15S2944,90	070W0804,40	500
213	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	DIGITAL	UHF	28	15S2936,00	070W0800,00	1000
214	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	DIGITAL	UHF	29	15S2928,40	070W0742,40	500
215	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	DIGITAL	UHF	30	15S2945,80	070W0806,90	500
216	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	ANALOGICA	UHF	31	15S2955,71	070W0813,62	1000
217	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	DIGITAL	UHF	31	15S2937,40	070W0743,70	1000
218	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	ANALOGICA	UHF	33	15S2953,10	070W0805,90	1000
219	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	DIGITAL	UHF	33	15S2953,10	070W0805,90	1000
220	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	ANALOGICA	UHF	35	15S2953,00	070W0806,00	1000
221	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	DIGITAL	UHF	35	15S2953,00	070W0806,00	1000
222	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	ANALOGICA	UHF	39	15S2949,00	070W0811,10	250
223	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	ANALOGICA	UHF	41	15S2949,58	070W0812,97	500
224	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	DIGITAL	UHF	41	15S2949,58	070W0812,97	500
225	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	ANALOGICA	UHF	43	15S2921,00	070W0753,00	500
226	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	DIGITAL	UHF	43	15S2921,00	070W0753,00	500
227	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	ANALOGICA	UHF	47	15S2952,48	070W0809,11	500
228	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	DIGITAL	UHF	47	15S2944,50	070W0805,10	500
229	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	ANALOGICA	VHF	2	15S2804,40	070W0639,30	1000
230	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	ANALOGICA	VHF	4	15S2936,00	070W0800,00	1000
231	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	ANALOGICA	VHF	5	15S2945,10	070W0808,00	500
232	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	ANALOGICA	VHF	7	15S2928,40	070W0742,40	1000
233	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	ANALOGICA	VHF	9	15S2948,30	070W0809,30	2000
234	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	ANALOGICA	VHF	11	15S2953,30	070W0813,60	500
235	SAN ROMAN	JULIACA	JULIACA	ANALOGICA	VHF	13	15S2945,80	070W0806,90	250
236	SANDIA	CUYOCUYO	CHUQUINI	ANALOGICA	VHF	9	14S3416,00	069W3858,00	100
237	SANDIA	CUYOCUYO	CUYOCUYO	ANALOGICA	VHF	10	14S2842,34	069W3214,52	100
238	SANDIA	CUYOCUYO	CUYOCUYO	ANALOGICA	VHF	12	14S2810,36	069W3210,68	50
239	SANDIA	CUYOCUYO	CHUQUINI	ANALOGICA	VHF	13	14S3416,00	069W3858,00	100
240	SANDIA	PHARA	PHARA	ANALOGICA	VHF	4	14S0921,05	069W3937,31	50
241	SANDIA	PHARA	PHARA	ANALOGICA	VHF	9	14S0907,40	069W3954,20	89
242	SANDIA	PHARA	PHARA	ANALOGICA	VHF	11	14S0956,70	069W4000,00	100
243	SANDIA	PHARA	PHARA	ANALOGICA	VHF	13	14S0843,70	069W3943,00	50
244	SANDIA	SAN JUAN DEL ORO	SAN JUAN DEL ORO- YANAHUAYA	ANALOGICA	VHF	9	14S1308,70	069W0827,60	50
245	SANDIA	SAN JUAN DEL ORO	SAN JUAN DEL ORO- YANAHUAYA	ANALOGICA	VHF	11	14S1329,85	069W0923,96	500
246	SANDIA	SAN PEDRO DE PUTINA PUNCO	PUTINA PUNCO	ANALOGICA	VHF	11	14S0702,10	069W0236,20	220
247	SANDIA	SANDIA	SANDIA	ANALOGICA	VHF	2	14S1911,00	069W2750,70	200
248	SANDIA	SANDIA	SANDIA	ANALOGICA	VHF	4	14S1924,18	069W2809,96	250
249	SANDIA	SANDIA	SANDIA	ANALOGICA	VHF	5	14S1908,13	069W2748,22	500
250	SANDIA	SANDIA	SANDIA	ANALOGICA	VHF	7	14S1917,60	069W2744,50	50
251	SANDIA	SANDIA	SANDIA	ANALOGICA	VHF	9	14S1914,90	069W2758,80	50
252	SANDIA	SANDIA	SANDIA	ANALOGICA	VHF	11	14S1913,00	069W2802,00	50
253	SANDIA	SANDIA	SANDIA	ANALOGICA	VHF	13	14S1910,20	069W2758,80	315
254	YUNGUYO	ANAPIA	ANAPIA-COPANI-ZEPITA	ANALOGICA	VHF	10	16S1848,00	068W5134,00	50
255	YUNGUYO	COPANI	ANAPIA-COPANI-ZEPITA	ANALOGICA	VHF	6	16S2418,35	069W0257,25	300
256	YUNGUYO	OLLARAYA	YUNGUYO-SAN JUAN DE CUTURAPI-MARCAJA-TINICACHI-SAN MIGUEL DE OLLARAYA	ANALOGICA	VHF	12	16S1311,30	068W5928,10	80
257	YUNGUYO	YUNGUYO	YUNGUYO-SAN JUAN DE CUTURAPI-MARCAJA-TINICACHI-SAN MIGUEL DE OLLARAYA	ANALOGICA	VHF	6	16S1406,00	069W0540,00	200
258	YUNGUYO	YUNGUYO	YUNGUYO-SAN JUAN DE CUTURAPI-MARCAJA-TINICACHI-SAN	ANALOGICA	VHF	8	16S1521,10	069W0458,20	200



N°	PROVINCIA PLANTA	DISTRITO PLANTA	LOCALIDAD	TIPO SEÑAL	BAN DA	CH	LATITUD PLANTA	LONGITUD PLANTA	POT_V IDEO WATT S
259	YUNGUYO	YUNGUYO	MIGUEL DE OLLARAYA YUNGUYO-SAN JUAN DE CUTURAPI-MARCAJA-TINICACHI-SAN MIGUEL DE OLLARAYA	ANALOGICA	VHF	10	16S1524,54	069W0510,29	500



ANEXO 3: Tabla de medidas de telefonía celular recolectadas en Caminacoya

Timestamp	Longitude	Latitude	Network Tech	Level	Speed	Altitude
2023.09.23_18.32.44	-69.92569	-15.1621	4G	-103	7	3867
2023.09.23_18.32.45	-69.92569	-15.1622	4G	-103	3	3866
2023.09.23_18.32.53	-69.92569	-15.1623	4G	-105	15	3865
2023.09.23_18.32.55	-69.92571	-15.1624	4G	-106	16	3865
2023.09.23_18.32.58	-69.92574	-15.1625	4G	-111	18	3865
2023.09.23_18.33.00	-69.92578	-15.1626	4G	-111	23	3864
2023.09.23_18.33.02	-69.92581	-15.1627	4G	-109	26	3864
2023.09.23_18.33.04	-69.92586	-15.1629	4G	-107	31	3866
2023.09.23_18.33.06	-69.92591	-15.163	4G	-106	33	3867
2023.09.23_18.33.07	-69.92595	-15.1631	4G	-106	34	3867
2023.09.23_18.33.09	-69.926	-15.1633	4G	-105	33	3868
2023.09.23_18.33.11	-69.92604	-15.1634	4G	-103	31	3868
2023.09.23_18.33.13	-69.92609	-15.1636	4G	-103	31	3869
2023.09.23_18.33.15	-69.92617	-15.1637	4G	-98	33	3869
2023.09.23_18.33.17	-69.92627	-15.1639	4G	-101	33	3870
2023.09.23_18.33.19	-69.92635	-15.164	4G	-97	34	3871
2023.09.23_18.33.21	-69.92644	-15.1642	4G	-97	35	3872
2023.09.23_18.33.23	-69.92653	-15.1643	4G	-97	36	3874
2023.09.23_18.33.24	-69.92656	-15.1644	4G	-95	35	3875
2023.09.23_18.33.25	-69.92659	-15.1645	4G	-95	35	3875
2023.09.23_18.33.26	-69.92662	-15.1646	4G	-95	36	3875
2023.09.23_18.33.27	-69.92665	-15.1647	4G	-91	36	3876
2023.09.23_18.33.28	-69.92667	-15.1648	4G	-91	36	3877
2023.09.23_18.33.29	-69.92669	-15.1649	4G	-90	37	3877
2023.09.23_18.33.30	-69.92673	-15.165	4G	-90	38	3878
2023.09.23_18.33.32	-69.92678	-15.1651	4G	-92	38	3877
2023.09.23_18.33.33	-69.92681	-15.1652	4G	-91	38	3877
2023.09.23_18.33.34	-69.92683	-15.1653	4G	-91	38	3878
2023.09.23_18.33.35	-69.92686	-15.1654	4G	-92	37	3878
2023.09.23_18.33.37	-69.9269	-15.1656	4G	-92	33	3876
2023.09.23_18.33.39	-69.92693	-15.1657	4G	-93	34	3876
2023.09.23_18.33.41	-69.92692	-15.1659	4G	-96	37	3875
2023.09.23_18.33.42	-69.9269	-15.166	4G	-96	37	3875
2023.09.23_18.33.43	-69.9269	-15.1661	4G	-97	38	3874
2023.09.23_18.33.44	-69.92688	-15.1662	4G	-97	39	3873
2023.09.23_18.33.45	-69.92687	-15.1663	4G	-97	40	3873
2023.09.23_18.33.46	-69.92686	-15.1664	4G	-103	41	3873
2023.09.23_18.33.47	-69.92684	-15.1665	4G	-101	42	3874
2023.09.23_18.33.48	-69.92683	-15.1666	4G	-101	42	3873
2023.09.23_18.33.48	-69.92683	-15.1666	4G	-102	42	3873
2023.09.23_18.33.49	-69.9268	-15.1667	4G	-102	43	3874
2023.09.23_18.33.50	-69.92678	-15.1668	4G	-102	43	3874
2023.09.23_18.33.51	-69.92676	-15.1669	4G	-102	44	3874
2023.09.23_18.33.52	-69.92674	-15.1671	4G	-103	43	3873



Timestamp	Longitude	Latitude	Network Tech	Level	Speed	Altitude
2023.09.23_18.33.53	-69.92671	-15.1672	4G	-103	44	3874
2023.09.23_18.33.54	-69.92669	-15.1673	4G	-115	44	3874
2023.09.23_18.33.55	-69.92667	-15.1674	4G	-115	41	3875
2023.09.23_18.33.56	-69.92665	-15.1675	4G	-115	38	3875
2023.09.23_18.33.57	-69.92664	-15.1676	4G	-115	39	3874
2023.09.23_18.33.58	-69.92662	-15.1677	4G	-115	39	3873
2023.09.23_18.33.59	-69.9266	-15.1678	4G	-117	39	3873
2023.09.23_18.34.00	-69.92659	-15.1679	4G	-117	39	3872
2023.09.23_18.34.01	-69.92656	-15.168	4G	-116	39	3871
2023.09.23_18.34.02	-69.92653	-15.1681	4G	-116	39	3871
2023.09.23_18.34.03	-69.92652	-15.1682	4G	-117	39	3872
2023.09.23_18.34.04	-69.92649	-15.1682	4G	-117	39	3871
2023.09.23_18.34.05	-69.92647	-15.1683	4G	-117	38	3872
2023.09.23_18.34.06	-69.92643	-15.1684	4G	-117	38	3872
2023.09.23_18.34.08	-69.92638	-15.1686	4G	-122	38	3872
2023.09.23_18.34.09	-69.92633	-15.1687	4G	-122	38	3872
2023.09.23_18.34.10	-69.92628	-15.1688	4G	-127	38	3872
2023.09.23_18.34.11	-69.92622	-15.1689	4G	-127	39	3872
2023.09.23_18.34.11	-69.92622	-15.1689	4G	-127	39	3872
2023.09.23_18.34.12	-69.92615	-15.1689	4G	-127	38	3873
2023.09.23_18.34.13	-69.92607	-15.169	4G	-127	38	3873
2023.09.23_18.34.13	-69.92607	-15.169	4G	-119	38	3873
2023.09.23_18.34.14	-69.926	-15.169	4G	-119	37	3872
2023.09.23_18.34.14	-69.926	-15.169	2G	-113	37	3872
2023.09.23_18.34.15	-69.92591	-15.1691	2G	-113	37	3873
2023.09.23_18.34.16	-69.92582	-15.1691	2G	-113	37	3874
2023.09.23_18.34.16	-69.92582	-15.1691	3G	-92	37	3874
2023.09.23_18.34.17	-69.92574	-15.1692	3G	-92	36	3874
2023.09.23_18.34.19	-69.92559	-15.1693	3G	-92	33	3874
2023.09.23_18.34.21	-69.92548	-15.1694	3G	-92	29	3875
2023.09.23_18.34.23	-69.92539	-15.1695	3G	-105	26	3875
2023.09.23_18.34.25	-69.92533	-15.1696	3G	-105	24	3876
2023.09.23_18.34.27	-69.92524	-15.1697	3G	-105	25	3875
2023.09.23_18.34.29	-69.92516	-15.1698	3G	-92	28	3874
2023.09.23_18.34.31	-69.92507	-15.1699	3G	-92	29	3874
2023.09.23_18.34.32	-69.92507	-15.1699	3G	-92	29	3874
2023.09.23_18.34.33	-69.92499	-15.1701	3G	-92	30	3876
2023.09.23_18.34.35	-69.9249	-15.1702	3G	-92	33	3878
2023.09.23_18.34.36	-69.92482	-15.1703	3G	-92	36	3878
2023.09.23_18.34.37	-69.92475	-15.1703	3G	-93	37	3878
2023.09.23_18.34.38	-69.92467	-15.1704	3G	-93	38	3879
2023.09.23_18.34.39	-69.92459	-15.1705	3G	-93	40	3879
2023.09.23_18.34.40	-69.9245	-15.1705	3G	-93	41	3879
2023.09.23_18.34.40	-69.9245	-15.1705	4G	-110	41	3879
2023.09.23_18.34.41	-69.92442	-15.1706	4G	-110	42	3879



Timestamp	Longitude	Latitude	Network Tech	Level	Speed	Altitude
2023.09.23_18.34.42	-69.92433	-15.1707	4G	-110	43	3879
2023.09.23_18.34.43	-69.92424	-15.1708	4G	-110	44	3879
2023.09.23_18.34.44	-69.92416	-15.1708	4G	-109	44	3879
2023.09.23_18.34.45	-69.92408	-15.1709	4G	-109	43	3878
2023.09.23_18.34.46	-69.924	-15.171	4G	-113	42	3878
2023.09.23_18.34.47	-69.92393	-15.1711	4G	-113	40	3877
2023.09.23_18.34.48	-69.92385	-15.1711	4G	-119	40	3876
2023.09.23_18.34.49	-69.92377	-15.1712	4G	-119	38	3876
2023.09.23_18.34.50	-69.9237	-15.1713	4G	-122	38	3876
2023.09.23_18.34.51	-69.92362	-15.1713	4G	-122	39	3875
2023.09.23_18.34.52	-69.92353	-15.1714	4G	-112	39	3875
2023.09.23_18.34.53	-69.92345	-15.1714	4G	-112	40	3876
2023.09.23_18.34.54	-69.92336	-15.1715	4G	-112	40	3875
2023.09.23_18.34.55	-69.92328	-15.1715	4G	-111	40	3876
2023.09.23_18.34.56	-69.92319	-15.1716	4G	-111	40	3876
2023.09.23_18.34.57	-69.92309	-15.1716	4G	-110	41	3876
2023.09.23_18.34.58	-69.92298	-15.1717	4G	-110	42	3877
2023.09.23_18.34.59	-69.92288	-15.1717	4G	-110	41	3876
2023.09.23_18.35.00	-69.92277	-15.1717	4G	-116	43	3876
2023.09.23_18.35.01	-69.92267	-15.1718	4G	-116	44	3876
2023.09.23_18.35.02	-69.92256	-15.1718	4G	-116	44	3876
2023.09.23_18.35.03	-69.92245	-15.1719	4G	-112	44	3877
2023.09.23_18.35.04	-69.92234	-15.1719	4G	-112	44	3877
2023.09.23_18.35.05	-69.92223	-15.1719	4G	-113	43	3876
2023.09.23_18.35.06	-69.92213	-15.172	4G	-113	43	3875
2023.09.23_18.35.07	-69.92202	-15.172	4G	-113	43	3876
2023.09.23_18.35.08	-69.92192	-15.172	4G	-112	42	3876
2023.09.23_18.35.09	-69.92183	-15.1721	4G	-112	40	3876
2023.09.23_18.35.10	-69.92175	-15.1721	4G	-117	40	3876
2023.09.23_18.35.11	-69.92166	-15.1722	4G	-117	40	3876
2023.09.23_18.35.12	-69.92158	-15.1723	4G	-117	40	3876
2023.09.23_18.35.13	-69.9215	-15.1724	4G	-117	40	3876
2023.09.23_18.35.14	-69.92143	-15.1724	4G	-117	40	3875
2023.09.23_18.35.15	-69.92136	-15.1725	4G	-111	41	3875
2023.09.23_18.35.16	-69.9213	-15.1726	4G	-111	42	3875
2023.09.23_18.35.17	-69.92123	-15.1727	4G	-111	43	3874
2023.09.23_18.35.18	-69.92116	-15.1728	4G	-111	44	3873
2023.09.23_18.35.19	-69.92108	-15.1729	4G	-111	44	3872
2023.09.23_18.35.20	-69.92101	-15.173	4G	-110	45	3872
2023.09.23_18.35.21	-69.92094	-15.1731	4G	-110	45	3871
2023.09.23_18.35.22	-69.92088	-15.1731	4G	-111	45	3871
2023.09.23_18.35.23	-69.92082	-15.1732	4G	-111	44	3871
2023.09.23_18.35.24	-69.92075	-15.1733	4G	-111	44	3871
2023.09.23_18.35.25	-69.9207	-15.1734	4G	-110	43	3871
2023.09.23_18.35.26	-69.92064	-15.1735	4G	-110	42	3873



Timestamp	Longitude	Latitude	Network Tech	Level	Speed	Altitude
2023.09.23_18.35.27	-69.9206	-15.1736	4G	-110	43	3873
2023.09.23_18.35.28	-69.92056	-15.1737	4G	-111	43	3873
2023.09.23_18.35.29	-69.92053	-15.1738	4G	-111	44	3873
2023.09.23_18.35.30	-69.92049	-15.1739	4G	-109	44	3873
2023.09.23_18.35.31	-69.92046	-15.1741	4G	-109	43	3873
2023.09.23_18.35.32	-69.92042	-15.1742	4G	-119	42	3873
2023.09.23_18.35.33	-69.92038	-15.1742	4G	-119	41	3874
2023.09.23_18.35.34	-69.92034	-15.1743	4G	-121	41	3874
2023.09.23_18.35.35	-69.92029	-15.1744	4G	-121	41	3874
2023.09.23_18.35.36	-69.92024	-15.1745	4G	-117	41	3874
2023.09.23_18.35.37	-69.92019	-15.1746	4G	-117	41	3874
2023.09.23_18.35.38	-69.92014	-15.1747	4G	-115	41	3873
2023.09.23_18.35.39	-69.92008	-15.1748	4G	-115	41	3873
2023.09.23_18.35.40	-69.92003	-15.1749	4G	-108	42	3873
2023.09.23_18.35.41	-69.91996	-15.175	4G	-108	42	3873
2023.09.23_18.35.42	-69.9199	-15.175	4G	-113	41	3872
2023.09.23_18.35.43	-69.91984	-15.1751	4G	-113	41	3872
2023.09.23_18.35.44	-69.91977	-15.1752	4G	-108	41	3871
2023.09.23_18.35.45	-69.9197	-15.1753	4G	-108	40	3872
2023.09.23_18.35.46	-69.91963	-15.1754	4G	-108	39	3872
2023.09.23_18.35.47	-69.91957	-15.1754	4G	-111	39	3871
2023.09.23_18.35.48	-69.91951	-15.1755	4G	-111	39	3870
2023.09.23_18.35.49	-69.91944	-15.1756	4G	-112	41	3869
2023.09.23_18.35.50	-69.91937	-15.1757	4G	-112	41	3869
2023.09.23_18.35.51	-69.9193	-15.1757	4G	-116	41	3868
2023.09.23_18.35.52	-69.91922	-15.1758	4G	-116	41	3867
2023.09.23_18.35.53	-69.91914	-15.1759	4G	-112	42	3866
2023.09.23_18.35.54	-69.91906	-15.176	4G	-112	43	3867
2023.09.23_18.35.55	-69.91899	-15.1761	4G	-112	42	3867
2023.09.23_18.35.55	-69.91899	-15.1761	2G	-113	42	3867
2023.09.23_18.35.56	-69.91892	-15.1761	2G	-113	41	3866
2023.09.23_18.35.57	-69.91886	-15.1762	2G	-113	41	3866
2023.09.23_18.35.57	-69.91886	-15.1762	4G	-115	41	3866
2023.09.23_18.35.58	-69.91879	-15.1763	4G	-115	41	3867
2023.09.23_18.35.59	-69.91873	-15.1764	4G	-115	40	3868
2023.09.23_18.36.00	-69.91869	-15.1765	4G	-119	40	3869
2023.09.23_18.36.01	-69.91866	-15.1766	4G	-119	39	3869
2023.09.23_18.36.02	-69.91862	-15.1767	4G	-113	38	3870
2023.09.23_18.36.03	-69.91859	-15.1768	4G	-113	39	3870
2023.09.23_18.36.04	-69.91857	-15.1769	4G	-111	38	3871
2023.09.23_18.36.05	-69.91856	-15.177	4G	-111	38	3873
2023.09.23_18.36.06	-69.91852	-15.1771	4G	-113	38	3874
2023.09.23_18.36.07	-69.91849	-15.1772	4G	-113	38	3875
2023.09.23_18.36.08	-69.91847	-15.1773	4G	-113	38	3874
2023.09.23_18.36.09	-69.91843	-15.1773	4G	-106	38	3874



Timestamp	Longitude	Latitude	Network Tech	Level	Speed	Altitude
2023.09.23_18.36.10	-69.9184	-15.1774	4G	-106	37	3874
2023.09.23_18.36.11	-69.91837	-15.1775	4G	-120	37	3875
2023.09.23_18.36.12	-69.91834	-15.1776	4G	-120	37	3876
2023.09.23_18.36.13	-69.91831	-15.1777	4G	-120	38	3876
2023.09.23_18.36.14	-69.91828	-15.1778	4G	-114	38	3877
2023.09.23_18.36.15	-69.91825	-15.1779	4G	-114	38	3877
2023.09.23_18.36.16	-69.91822	-15.178	4G	-118	37	3877
2023.09.23_18.36.17	-69.9182	-15.1781	4G	-118	37	3877
2023.09.23_18.36.18	-69.91817	-15.1782	4G	-126	38	3878
2023.09.23_18.36.18	-69.91817	-15.1782	4G	-120	38	3878
2023.09.23_18.36.19	-69.91814	-15.1783	4G	-120	37	3877
2023.09.23_18.36.19	-69.91814	-15.1783	2G	-113	37	3877
2023.09.23_18.36.21	-69.91812	-15.1784	2G	-113	34	3876
2023.09.23_18.36.23	-69.91808	-15.1786	2G	-113	32	3875
2023.09.23_18.36.25	-69.91802	-15.1787	2G	-113	33	3876
2023.09.23_18.36.27	-69.91791	-15.1789	2G	-113	35	3876
2023.09.23_18.36.28	-69.91786	-15.179	2G	-113	36	3876
2023.09.23_18.36.30	-69.91776	-15.1791	2G	-113	35	3877
2023.09.23_18.36.31	-69.91771	-15.1792	2G	-113	36	3877
2023.09.23_18.36.32	-69.91771	-15.1792	4G	-120	36	3877
2023.09.23_18.36.32	-69.91766	-15.1793	4G	-120	36	3877
2023.09.23_18.36.33	-69.91762	-15.1794	4G	-123	36	3877
2023.09.23_18.36.34	-69.91756	-15.1794	4G	-123	37	3876
2023.09.23_18.36.35	-69.9175	-15.1795	4G	-123	36	3877
2023.09.23_18.36.35	-69.9175	-15.1795	4G	-109	36	3877
2023.09.23_18.36.37	-69.91741	-15.1797	4G	-109	30	3877
2023.09.23_18.36.39	-69.91735	-15.1798	4G	-110	22	3876
2023.09.23_18.36.41	-69.91731	-15.1798	4G	-111	15	3875
2023.09.23_18.36.44	-69.91725	-15.1799	4G	-111	16	3875
2023.09.23_18.36.47	-69.91717	-15.1801	4G	-119	22	3875
2023.09.23_18.36.49	-69.9171	-15.1802	4G	-110	24	3875
2023.09.23_18.36.51	-69.91705	-15.1803	4G	-109	24	3874
2023.09.23_18.36.53	-69.91698	-15.1804	4G	-112	26	3874
2023.09.23_18.36.55	-69.91691	-15.1805	4G	-112	28	3874
2023.09.23_18.36.55	-69.91691	-15.1805	4G	-106	28	3874
2023.09.23_18.36.57	-69.91684	-15.1806	4G	-106	28	3874
2023.09.23_18.36.59	-69.91676	-15.1808	4G	-108	29	3874
2023.09.23_18.37.01	-69.91669	-15.1809	4G	-108	28	3875
2023.09.23_18.37.03	-69.91662	-15.181	4G	-109	27	3878
2023.09.23_18.37.05	-69.91654	-15.1811	4G	-105	28	3879
2023.09.23_18.37.07	-69.91646	-15.1812	4G	-111	29	3878
2023.09.23_18.37.09	-69.91637	-15.1814	4G	-108	31	3876
2023.09.23_18.37.11	-69.91623	-15.1815	4G	-108	34	3875
2023.09.23_18.37.12	-69.91616	-15.1815	4G	-108	34	3874
2023.09.23_18.37.14	-69.91601	-15.1817	4G	-109	37	3873



Timestamp	Longitude	Latitude	Network Tech	Level	Speed	Altitude
2023.09.23_18.37.15	-69.91593	-15.1817	4G	-109	40	3874
2023.09.23_18.37.16	-69.91584	-15.1818	4G	-104	42	3874
2023.09.23_18.37.17	-69.91576	-15.1819	4G	-104	41	3875
2023.09.23_18.37.18	-69.91567	-15.1819	4G	-101	42	3875
2023.09.23_18.37.19	-69.91559	-15.182	4G	-101	42	3875
2023.09.23_18.37.20	-69.91551	-15.1821	4G	-101	41	3875
2023.09.23_18.37.21	-69.91542	-15.1821	4G	-109	42	3874
2023.09.23_18.37.22	-69.91533	-15.1822	4G	-109	42	3874
2023.09.23_18.37.23	-69.91525	-15.1823	4G	-110	43	3873
2023.09.23_18.37.24	-69.91516	-15.1823	4G	-110	43	3873
2023.09.23_18.37.24	-69.91516	-15.1823	4G	-119	43	3873
2023.09.23_18.37.25	-69.91507	-15.1824	4G	-119	43	3873
2023.09.23_18.37.26	-69.91497	-15.1825	4G	-119	44	3872
2023.09.23_18.37.27	-69.91488	-15.1825	4G	-106	43	3872
2023.09.23_18.37.28	-69.9148	-15.1826	4G	-106	41	3871
2023.09.23_18.37.29	-69.91472	-15.1827	4G	-107	41	3870
2023.09.23_18.37.30	-69.91465	-15.1827	4G	-107	40	3868
2023.09.23_18.37.31	-69.91459	-15.1828	4G	-108	42	3867
2023.09.23_18.37.32	-69.91453	-15.1829	4G	-108	41	3867
2023.09.23_18.37.33	-69.91448	-15.183	4G	-108	43	3866
2023.09.23_18.37.34	-69.91443	-15.1831	4G	-107	44	3865
2023.09.23_18.37.35	-69.91438	-15.1832	4G	-107	45	3865
2023.09.23_18.37.36	-69.91434	-15.1833	4G	-107	46	3865
2023.09.23_18.37.37	-69.9143	-15.1835	4G	-107	45	3865
2023.09.23_18.37.38	-69.91426	-15.1836	4G	-107	46	3863
2023.09.23_18.37.39	-69.91421	-15.1837	4G	-109	46	3863
2023.09.23_18.37.40	-69.91416	-15.1838	4G	-109	46	3864
2023.09.23_18.37.40	-69.91416	-15.1838	4G	-108	46	3864
2023.09.23_18.37.41	-69.91411	-15.1839	4G	-108	46	3865
2023.09.23_18.37.42	-69.91407	-15.184	4G	-108	45	3865
2023.09.23_18.37.43	-69.91403	-15.1841	4G	-108	45	3866
2023.09.23_18.37.44	-69.91399	-15.1842	4G	-108	45	3867
2023.09.23_18.37.45	-69.91394	-15.1843	4G	-108	46	3867
2023.09.23_18.37.46	-69.9139	-15.1844	4G	-108	45	3867
2023.09.23_18.37.47	-69.91385	-15.1845	4G	-108	45	3867
2023.09.23_18.37.48	-69.9138	-15.1846	4G	-108	46	3866
2023.09.23_18.37.49	-69.91376	-15.1847	4G	-108	45	3866
2023.09.23_18.37.50	-69.91372	-15.1848	4G	-108	45	3866
2023.09.23_18.37.50	-69.91372	-15.1848	2G	-113	45	3866
2023.09.23_18.37.51	-69.91368	-15.1849	2G	-113	45	3866
2023.09.23_18.37.52	-69.91363	-15.1851	2G	-113	45	3867
2023.09.23_18.37.53	-69.91363	-15.1851	4G	-112	45	3867
2023.09.23_18.37.53	-69.91359	-15.1852	4G	-112	44	3867
2023.09.23_18.37.54	-69.91355	-15.1853	4G	-112	44	3867
2023.09.23_18.37.55	-69.9135	-15.1854	4G	-112	43	3868



Timestamp	Longitude	Latitude	Network Tech	Level	Speed	Altitude
2023.09.23_18.37.55	-69.9135	-15.1854	4G	-116	43	3868
2023.09.23_18.37.56	-69.91346	-15.1855	4G	-116	43	3869
2023.09.23_18.37.57	-69.91342	-15.1856	4G	-116	43	3869
2023.09.23_18.37.57	-69.91342	-15.1856	4G	-121	43	3869
2023.09.23_18.37.58	-69.91338	-15.1857	4G	-121	43	3869
2023.09.23_18.37.59	-69.91334	-15.1858	4G	-121	43	3869
2023.09.23_18.38.00	-69.9133	-15.1859	4G	-117	43	3869
2023.09.23_18.38.01	-69.91326	-15.186	4G	-117	42	3870
2023.09.23_18.38.02	-69.91321	-15.1861	4G	-117	41	3871
2023.09.23_18.38.02	-69.91321	-15.1861	4G	-115	41	3871
2023.09.23_18.38.03	-69.91317	-15.1862	4G	-115	41	3871
2023.09.23_18.38.04	-69.91313	-15.1863	4G	-115	41	3871
2023.09.23_18.38.05	-69.91309	-15.1864	4G	-115	42	3871
2023.09.23_18.38.06	-69.91305	-15.1865	4G	-115	41	3871
2023.09.23_18.38.07	-69.91301	-15.1866	4G	-115	40	3872
2023.09.23_18.38.08	-69.91297	-15.1866	4G	-113	40	3872
2023.09.23_18.38.09	-69.91292	-15.1867	4G	-113	40	3872
2023.09.23_18.38.10	-69.91288	-15.1868	4G	-114	40	3872
2023.09.23_18.38.11	-69.91283	-15.1869	4G	-114	40	3872
2023.09.23_18.38.12	-69.91279	-15.187	4G	-114	40	3872
2023.09.23_18.38.13	-69.91275	-15.1871	4G	-119	41	3872
2023.09.23_18.38.14	-69.9127	-15.1872	4G	-119	40	3872
2023.09.23_18.38.15	-69.91266	-15.1873	4G	-119	41	3872
2023.09.23_18.38.16	-69.91262	-15.1874	4G	-119	42	3873
2023.09.23_18.38.17	-69.91257	-15.1875	4G	-126	42	3873
2023.09.23_18.38.18	-69.91252	-15.1876	4G	-126	42	3873
2023.09.23_18.38.19	-69.91248	-15.1877	4G	-127	43	3873
2023.09.23_18.38.20	-69.91243	-15.1878	4G	-127	44	3873
2023.09.23_18.38.21	-69.91239	-15.1879	4G	-113	44	3873
2023.09.23_18.38.22	-69.91234	-15.188	4G	-113	44	3873
2023.09.23_18.38.23	-69.91228	-15.1881	4G	-113	45	3873
2023.09.23_18.38.23	-69.91228	-15.1881	3G	-86	45	3873
2023.09.23_18.38.24	-69.91223	-15.1882	3G	-86	43	3872
2023.09.23_18.38.25	-69.91218	-15.1883	3G	-86	42	3872
2023.09.23_18.38.26	-69.91213	-15.1884	3G	-86	43	3871
2023.09.23_18.38.27	-69.91209	-15.1885	3G	-86	42	3871
2023.09.23_18.38.28	-69.91204	-15.1886	3G	-86	42	3870
2023.09.23_18.38.29	-69.91199	-15.1887	3G	-84	41	3870
2023.09.23_18.38.30	-69.91194	-15.1888	3G	-84	42	3870
2023.09.23_18.38.31	-69.9119	-15.1889	3G	-84	42	3869
2023.09.23_18.38.32	-69.91185	-15.189	3G	-84	41	3868
2023.09.23_18.38.33	-69.91181	-15.1891	3G	-84	41	3868
2023.09.23_18.38.34	-69.91176	-15.1891	3G	-90	41	3868
2023.09.23_18.38.35	-69.91171	-15.1892	3G	-90	42	3868
2023.09.23_18.38.36	-69.91166	-15.1893	3G	-90	43	3868

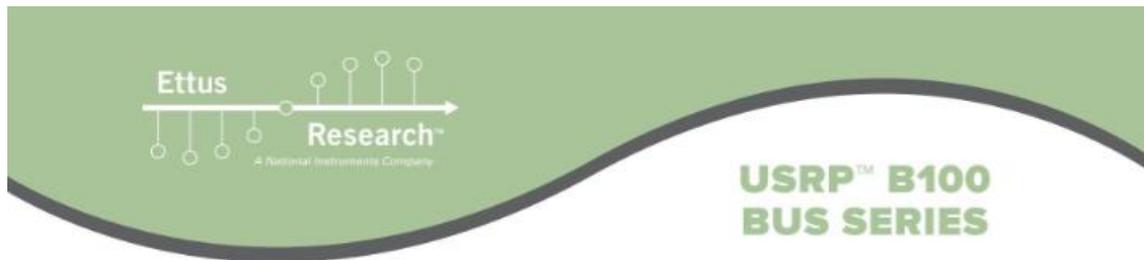


Timestamp	Longitude	Latitude	Network Tech	Level	Speed	Altitude
2023.09.23_18.38.37	-69.91161	-15.1894	3G	-90	43	3867
2023.09.23_18.38.38	-69.91156	-15.1895	3G	-90	44	3866
2023.09.23_18.38.39	-69.91151	-15.1896	3G	-90	45	3866
2023.09.23_18.38.40	-69.91147	-15.1898	3G	-90	44	3866
2023.09.23_18.38.41	-69.91144	-15.1899	3G	-89	44	3866
2023.09.23_18.38.42	-69.91141	-15.19	3G	-89	43	3865
2023.09.23_18.38.43	-69.91139	-15.1901	3G	-89	44	3864
2023.09.23_18.38.44	-69.91138	-15.1902	3G	-89	44	3864
2023.09.23_18.38.45	-69.91138	-15.1903	3G	-91	44	3865
2023.09.23_18.38.46	-69.91138	-15.1904	3G	-91	45	3865
2023.09.23_18.38.47	-69.91138	-15.1905	3G	-91	45	3866
2023.09.23_18.38.48	-69.91138	-15.1907	3G	-91	45	3866
2023.09.23_18.38.49	-69.91138	-15.1908	3G	-91	46	3867
2023.09.23_18.38.50	-69.91139	-15.1909	3G	-91	46	3867
2023.09.23_18.38.51	-69.91139	-15.191	3G	-91	47	3868
2023.09.23_18.38.52	-69.91139	-15.1911	3G	-92	48	3868
2023.09.23_18.38.53	-69.91139	-15.1913	3G	-92	47	3868
2023.09.23_18.38.54	-69.9114	-15.1914	3G	-92	47	3869
2023.09.23_18.38.55	-69.9114	-15.1915	3G	-93	47	3869
2023.09.23_18.38.56	-69.9114	-15.1916	3G	-93	48	3869
2023.09.23_18.38.57	-69.9114	-15.1917	3G	-93	49	3868
2023.09.23_18.38.58	-69.9114	-15.1919	3G	-93	48	3868
2023.09.23_18.38.59	-69.9114	-15.192	3G	-93	48	3869
2023.09.23_18.39.00	-69.91139	-15.1921	3G	-86	47	3869
2023.09.23_18.39.01	-69.91139	-15.1922	3G	-86	46	3869
2023.09.23_18.39.02	-69.9114	-15.1923	3G	-86	46	3868
2023.09.23_18.39.03	-69.9114	-15.1924	3G	-86	44	3868
2023.09.23_18.39.04	-69.91141	-15.1926	3G	-86	43	3867
2023.09.23_18.39.05	-69.91141	-15.1927	3G	-86	42	3866
2023.09.23_18.39.06	-69.91141	-15.1928	3G	-86	41	3866
2023.09.23_18.39.07	-69.9114	-15.1929	3G	-86	40	3864
2023.09.23_18.39.08	-69.91138	-15.193	3G	-88	39	3864
2023.09.23_18.39.09	-69.91136	-15.1931	3G	-88	39	3863
2023.09.23_18.39.10	-69.91134	-15.1932	3G	-88	40	3862
2023.09.23_18.39.11	-69.91131	-15.1933	3G	-90	40	3862
2023.09.23_18.39.12	-69.91127	-15.1934	3G	-90	40	3862
2023.09.23_18.39.13	-69.91123	-15.1935	3G	-90	41	3862
2023.09.23_18.39.14	-69.91117	-15.1935	3G	-90	41	3862
2023.09.23_18.39.15	-69.91111	-15.1936	3G	-90	42	3862
2023.09.23_18.39.16	-69.91105	-15.1937	3G	-90	43	3862
2023.09.23_18.39.17	-69.911	-15.1938	3G	-90	44	3862
2023.09.23_18.39.18	-69.91095	-15.1939	3G	-88	44	3862
2023.09.23_18.39.19	-69.91089	-15.194	3G	-88	44	3863
2023.09.23_18.39.20	-69.91084	-15.1941	3G	-88	44	3863
2023.09.23_18.39.21	-69.91079	-15.1942	3G	-88	42	3863



Timestamp	Longitude	Latitude	Network Tech	Level	Speed	Altitude
2023.09.23_18.39.22	-69.91073	-15.1943	3G	-94	42	3864
2023.09.23_18.39.23	-69.91067	-15.1944	3G	-94	43	3863
2023.09.23_18.39.24	-69.9106	-15.1945	3G	-94	43	3863
2023.09.23_18.39.25	-69.91053	-15.1946	3G	-94	43	3863
2023.09.23_18.39.26	-69.91046	-15.1946	3G	-87	43	3864
2023.09.23_18.39.27	-69.91039	-15.1947	3G	-87	43	3864
2023.09.23_18.39.28	-69.91031	-15.1948	3G	-87	43	3864
2023.09.23_18.39.29	-69.91024	-15.1949	3G	-87	44	3864
2023.09.23_18.39.30	-69.91015	-15.195	3G	-87	44	3864
2023.09.23_18.39.31	-69.91007	-15.1951	3G	-87	44	3863
2023.09.23_18.39.32	-69.90999	-15.1951	3G	-91	44	3862
2023.09.23_18.39.33	-69.9099	-15.1952	3G	-91	45	3862
2023.09.23_18.39.34	-69.90982	-15.1953	3G	-91	45	3863
2023.09.23_18.39.35	-69.90974	-15.1954	3G	-91	46	3863
2023.09.23_18.39.36	-69.90966	-15.1955	3G	-91	46	3863
2023.09.23_18.39.37	-69.90958	-15.1956	3G	-91	46	3864
2023.09.23_18.39.38	-69.9095	-15.1956	3G	-93	47	3864
2023.09.23_18.39.39	-69.90942	-15.1957	3G	-93	47	3865
2023.09.23_18.39.40	-69.90934	-15.1958	3G	-93	47	3866
2023.09.23_18.39.41	-69.90926	-15.1959	3G	-93	47	3866
2023.09.23_18.39.42	-69.90917	-15.196	3G	-93	47	3867
2023.09.23_18.39.43	-69.90908	-15.1961	3G	-93	47	3868
2023.09.23_18.39.44	-69.90899	-15.1962	3G	-93	47	3867
2023.09.23_18.39.45	-69.90891	-15.1963	3G	-93	47	3866
2023.09.23_18.39.46	-69.90883	-15.1963	3G	-97	46	3865
2023.09.23_18.39.47	-69.90875	-15.1964	3G	-97	46	3864
2023.09.23_18.39.48	-69.90867	-15.1965	3G	-97	46	3863
2023.09.23_18.39.49	-69.9086	-15.1966	3G	-97	47	3864
2023.09.23_18.39.50	-69.90852	-15.1967	3G	-97	47	3864
2023.09.23_18.39.51	-69.90843	-15.1968	3G	-97	46	3864
2023.09.23_18.39.52	-69.90835	-15.1969	3G	-97	47	3864
2023.09.23_18.39.53	-69.90835	-15.1969	2G	-113	47	3864
2023.09.23_18.39.53	-69.90828	-15.197	2G	-113	47	3864
2023.09.23_18.39.54	-69.90819	-15.1971	2G	-113	47	3864
2023.09.23_18.39.55	-69.90811	-15.1971	2G	-113	47	3863
2023.09.23_18.39.56	-69.90811	-15.1971	4G	-106	47	3863
2023.09.23_18.39.56	-69.90802	-15.1972	4G	-106	47	3863
2023.09.23_18.39.57	-69.90793	-15.1973	4G	-106	46	3862
2023.09.23_18.39.58	-69.90785	-15.1974	4G	-106	46	3863
2023.09.23_18.39.59	-69.90776	-15.1975	4G	-107	45	3863
2023.09.23_18.40.00	-69.90768	-15.1976	4G	-107	46	3864
2023.09.23_18.40.01	-69.90758	-15.1976	4G	-110	46	3864
2023.09.23_18.40.02	-69.9075	-15.1977	4G	-110	44	3865
2023.09.23_18.40.02	-69.9075	-15.1977	4G	-110	44	3865

ANEXO 4: Especificaciones técnicas del USRP B100



FEATURES:

- Use with GNU Radio
- Modular Architecture: DC-6 GHz
- Dual 64 MS/s, 12-bit ADC
- Dual 128 MS/s, 14-bit DAC
- DDC/DUC w/ 15 mHz Resolution
- USB 2.0 Interface to Host
- Spartan 3A-1400 FPGA
- Supported by Free Xilinx Design Tools
- Auxiliary Digital and Analog I/O
- 2.5 ppm TCXO Frequency Reference
- Configurable Reference Clock Frequency
- 1 PPS and 10 MHz Reference Inputs

B100 PRODUCT OVERVIEW:

The Ettus Research USRP™ B100 is a member of the USRP™ (Universal Software Radio Peripheral) family of products, which enables engineers to rapidly design and implement powerful, flexible software radio systems. The B100 hardware provides low-cost RF processing capability, and up to 16 MS/s of signal streaming through the USB 2.0 host interface.

The USRP B100 is an ideal model for users that require an entry-level software defined radio device for cost-sensitive applications. Utilizing the USB 2.0 interface, users can get the B100 up and running quickly. A reconfigurable clock also allows users to more easily target specific applications.

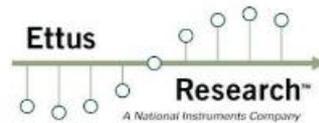
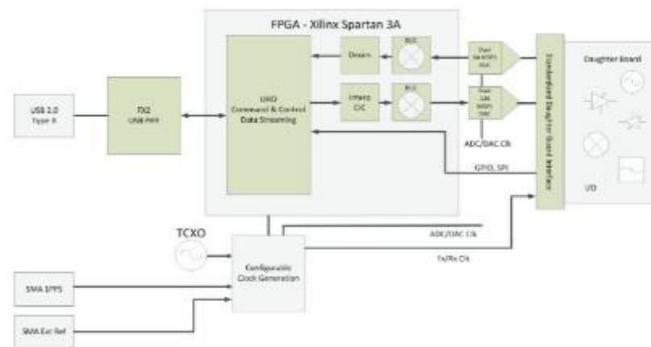
The USRP Hardware Driver™ is the official driver for all Ettus Research products, and supports rapid development in a comprehensive environment. The USRP Hardware Driver supports Linux, Mac OSX and Windows. UHD allows portability across the entire USRP product line, enabling application migration to higher performance platforms such as the USRP N200/N210.

USRP™ B100 BUS SERIES

SPECIFICATIONS

Spec	Typ.	Unit	Spec	Typ.	Unit
POWER			RF PERFORMANCE (W/ WBX)		
DC Input	6	V	SSB/LO Suppression	35/50	dBc
Current Consumption	0.6	A	Phase Noise (1.8 GHz)		
w/ WBX Daughterboard	1.6	A	10 kHz	-80	dBc/Hz
CONVERSION PERFORMANCE AND CLOCKS			100 kHz	-100	dBc/Hz
ADC Sample Rate	64	MS/s	1 MHz	-137	dBc/Hz
ADC Resolution	12	bits	Power Output	15	dBm
ADC Wideband SFDR	83	dBc	IIP3	0	dBm
DAC Sample Rate	128	MS/s	Receive Noise Figure	5	dB
DAC Resolution	14	bits	PHYSICAL		
DAC Wideband SFDR	83	dBc	Operating Temperature	0 to 55°	C
Host Sample Rate (8b/16b)	16/8	MS/s	Dimensions (l x w x h)	22 x 16 x 5	cm
Frequency Accuracy	2.5	ppm	Weight	1.2	kg

* All specifications are subject to change without notice.



ABOUT ETTUS RESEARCH:

Ettus Research is an innovative provider of software defined radio hardware, including the original Universal Software Radio Peripheral (USRP) family of products. Ettus Research products maintain support from a variety of software frameworks, including GNU Radio. Ettus Research is a leader in the GNU Radio open-source community, and enables users worldwide to address a wide range of research, industry and defense applications. The company was founded in 2004 and is based in Mountain View, California. As of 2010, Ettus Research is a wholly owned subsidiary of National Instruments.

1043 North Shoreline Blvd
Suite 100
Mountain View, CA 94043

P 650.967.2870 www.ettus.com
F 866.807.9801



ANEXO 5: Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo RENÉ UBALDO GUTIÉRREZ PAREDES,
identificado con DNI 43884510 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERIA ELECTRÓNICA

informo, que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN ESPECTRAL PARA EL USO DE LA BANDA
DE TVWS COMO TECNOLOGÍA DE ACCESO A INTERNET EN LA
COMUNIDAD CANINACOYA DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 17 de ENERO del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 6: Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo RENÉ UBALDO GUTIÉRREZ PAREDES,
identificado con DNI 43884510 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERIA ELECTRONICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"ANÁLISIS Y EVALUACIÓN ESPECTRAL PARA EL USO DE LA BANDA DE
TVWS COMO TECNOLOGIA DE ACCESO A INTERNET EN LA COMUNIDAD
CAMINATOYA DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO"

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 17 de ENERO del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella