

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

TEMA:

Diseño basado en el uso de celdas portátiles “Metro Cell Outdoor” en la Banda 4 (AWS) e integración a la red macro 3G y LTE existentes, para mejoramiento de cobertura en el sector de eventos acuáticos de Montañita.

AUTOR:

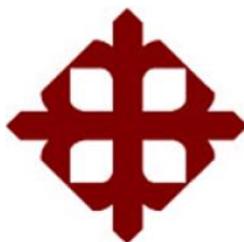
Cristian Luis Albán Morales

Examen complejo previo a la obtención del Grado Académico de
MAGÍSTER EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

MSc. Manuel Romero Paz

Guayaquil, a los 22 días del mes de octubre del año 2021



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Cristian Luis Albán Morales** como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de Magíster en Telecomunicaciones.

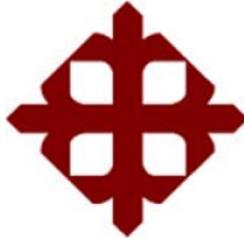
TUTOR

MSc. Manuel Romero Paz

DIRECTOR DEL PROGRAMA

MSc. Manuel de Jesús Romero Paz

Guayaquil, a los 22 días del mes de octubre del año 2021



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD
YO, Cristian Luis Albán Morales
DECLARO QUE:**

El Examen complejo “**Diseño basado en el uso de celdas portátiles “Metro Cell Outdoor” en la Banda 4 (AWS) e integración a la red macro 3G y LTE existentes, para mejoramiento de cobertura en el sector de eventos acuáticos de Montañita.**”, previa a la obtención del Grado Académico de **Magíster en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías.

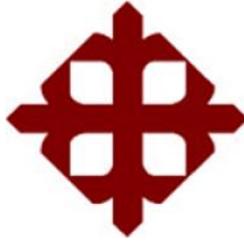
Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Examen complejo del Grado Académico en mención.

Guayaquil, a los 22 días del mes de octubre del año 2021

EL AUTOR

Cristian Luis Albán Morales



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

AUTORIZACIÓN

Yo, Albán Morales Christian Luis

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación**, en la biblioteca de la institución del Examen complexivo de Maestría titulado: **“Diseño basado en el uso de celdas portátiles “Metro Cell Outdoor” en la Banda 4 (AWS) e integración a la red macro 3G y LTE existentes, para mejoramiento de cobertura en el sector de eventos acuáticos de Montañita.”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 22 días del mes de octubre del año 2021

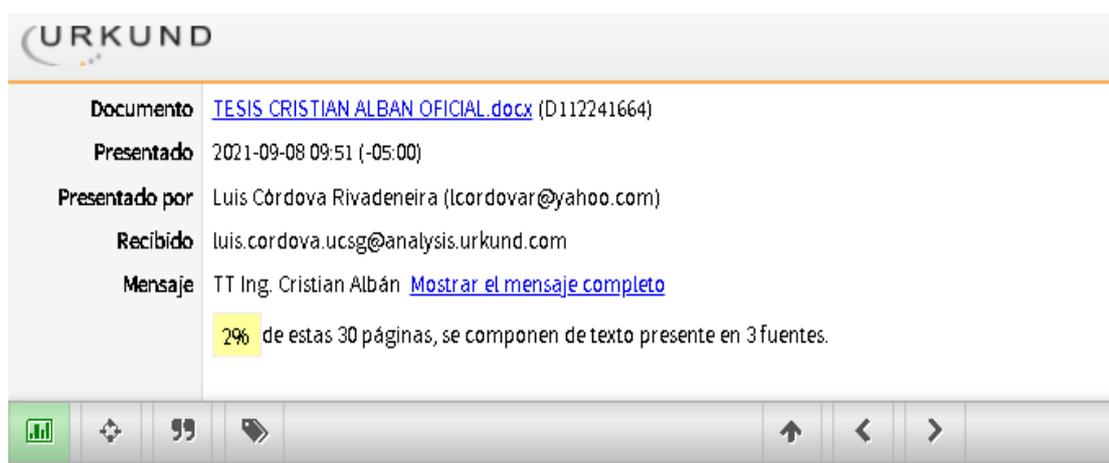
EL AUTOR

Cristian Luis Albán Morales

REPORTE URKUND

Informe del URKUND correspondiente al Trabajo de Titulación del Ing. Cristian Luis Albán Morales.

El presente trabajo de Titulación contiene el 2% de coincidencia con otros trabajos similares.



The screenshot shows the URKUND interface with the following details:

- Documento:** [TESIS CRISTIAN ALBAN OFICIAL.docx](#) (D112241664)
- Presentado:** 2021-09-08 09:51 (-05:00)
- Presentado por:** Luis Córdova Rivadeneira (lcordovar@yahoo.com)
- Recibido:** luis.cordova.ucsg@analysis.orkund.com
- Mensaje:** TT Ing. Cristian Albán [Mostrar el mensaje completo](#)

A yellow highlight indicates that 2% of the 30 pages consist of text present in 3 sources.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA: Diseño basado en el uso de celdas portátiles "Metro Cell Outdoor" en la Banda 4 (AWS) e integración a la red macro 3G y LTE existentes, para mejoramiento de cobertura en el sector de eventos acuáticos de Montañita.

AUTOR: Cristian Luis Albán Morales

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado Académico de MAGÍSTER EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR: MSc. Manuel Romero Paz

Guayaquil,

a los 25 días del mes abril del año 2021

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE

GUAYAQUIL

DEDICATORIA

Con gran orgullo dedico esta tesis a mi Padre que no lo tengo en cuerpo presente, pero fue el pilar fundamental en toda mi carrera profesional y en mi superación, a mi madre por su lucha y constancia, a mi hijo que impulsó por cobrar más ánimo para realizar este objetivo, a mi esposa por estar junto a mí en todo momento, a mis cinco hermanos por ser una familia unida y a mis sobrinos por sus buenos deseos en cada uno de mis logros.

AGRADECIMIENTO

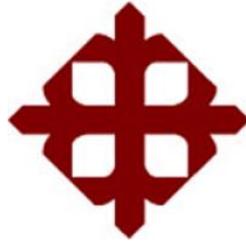
Mis agradecimientos infinitos a mi Dios Jehová por su bondad amorosa.

A mis padres por su sacrificio para conmigo y brindarme la oportunidad de superarme y forjar mi futuro profesional.

A mi Tutor el MSc. Manuel Romero Paz por ser un gran Catedrático y compartir sus conocimientos y enseñarnos valores y principios académicos que nos hace competentes en esta hermosa carrera.

A mis entrañables profesores de la UCSG que edificaron mi aprendizaje.

A todos mis amigos, compañeros que compartimos tanto tiempo de buenos momentos y grandes apoyos en las diferentes tareas asignadas.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

MSc. Manuel Romero Paz

TUTOR

f. 

MSc. Manuel Romero Paz

DIRECTOR DEL PROGRAMA

f. 

MSc. Luis Córdova Rivadeneira

REVISOR

f. 

MSc. Edgar Quezada Calle

REVISOR

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
Resumen.....	XIII
Abstract	XIV
Capítulo I: Generalidades del proyecto de grado.....	2
1.1. Introducción.	2
1.2. Antecedentes.	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Planteamiento del Problema.....	4
1.5. Definición del Problema	5
1.6. Sistematización del Problema	5
1.7. Objetivos	6
1.7.1. Objetivo General:	6
1.7.2. Objetivos específicos:.....	6
1.8. Preguntas de Investigación.....	6
1.9. Hipótesis.....	7
1.10. Metodología de investigación	7
Capítulo 2: Marco teórico	8
2.5. Espectro Radio Eléctrico.....	8
2.5. Bandas de Radiofrecuencia	8
2.5. Tipos de Banda de Frecuencia en Telefonía Móvil	11
2.1. Banda de Frecuencia GSM.....	11
2.2. GSM-900, GSM-180 y EGSM-900	12
2.3. GSM-850 y GSM 1900	12
2.5. Red Celular o Móvil.....	16
2.1. Telefonía Móvil.....	17
2.2. Evolución de la red de Comunicación Móvil.....	17
2.5. Compañías Telefónicas del Ecuador y su cobertura en Montañita.....	23
2.5.1. Claro.....	23
2.6. Metro Cell	29
2.6.2. Características de una MCO en Banda 4 de AWS (1700 - 2100) MHz.	30

Capítulo 3: Desarrollo del trabajo	31
Capítulo 4: Resultados y Presupuesto	39
4.1. Resultados de la implementación de la MCO	39
4.2. Determinación de Costos	40
CONCLUSIONES.....	43
RECOMENDACIONES	44
BIBLIOGRAFÍA.....	45
GLOSARIO.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Rangos de frecuencia	9
Tabla 2.2. Frecuencias de banda GSM.....	11
Tabla 2.3. Frecuencias de banda GSM.....	12
Tabla 2.4. Frecuencias de banda UMTS	13
Tabla 3.1. Drive Test de Subida y Descarga.....	31
Tabla 3.2. Drive Test de Calidad de Llamadas	32
Tabla 3.3. Antenas RF Existentes (UMTS)	33
Tabla 3.4. Antenas RF Existentes (LTE)	33
Tabla 3.5. Antenas RF Existentes (UMTS)	34
Tabla 3.6. Configuración de los Cluster.....	38
Tabla 4.1. Driver Test de Subida y Bajada	39
Tabla 4.2. Test de LLamadas	40
Tabla 4.3. Valores de Equipos de red (ebay, 2021)	40
Tabla 4. 4. Valores de complementos de red	40
Tabla 4. 5. Valores de equipos de alimentación eléctrica	41
Tabla 4. 6. Suministros	41
Tabla 4. 7. Valores de equipos de alimentación eléctrica	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1. Parámetros acorde a su banda de radiofrecuencia	10
Figura 2.2. Frecuencias de banda UMTS	15
Figura 2. 3. Cobertura de Claro en Montañita con la red 2G.....	24
Figura 2. 4. Cobertura de Claro en Montañita con la red 3G.....	24
Figura 2. 5. Cobertura de Claro en Montañita con la red 4G.....	25
Figura 2. 6. Cobertura de CNT en Montañita con la red 2G.....	25
Figura 2. 7. Cobertura de CNT en Montañita con la red 3G.....	26
Figura 2. 8. Cobertura de CNT en Montañita con la red 4G,.....	26
Figura 2. 9. Cobertura de Movistar en Montañita con la red 2G.	27
Figura 2. 10. Cobertura de Movistar en Montañita con la red 3G.	27
Figura 2. 11. Cobertura de Movistar en Montañita con la red 4G.	27
Figura 2. 12. Cobertura de CNT en Montañita con la red 2G.....	28
Figura 2. 13. Cobertura de CNT en Montañita con la red 4G.....	28
Figura 2. 14. Vista de Metrocell Outdoor	29
Fig. 2.15 Arquitectura RED LTE usando Metro Cell Outdoor.....	30
Fig. 2.16 Diagrama de interfaces operativas en la RED LTE.....	30
Fig. 3.1 Drive Test en el sector costanero de Montañita.....	31
Fig. 3.2 Medición de RSRP en Montañita	32
Fig. 3.3 Medición de SINR en Montañita	33
Fig. 3.4 Proyección de la Metrocell Outdoor.....	35
Fig. 3.5 Proyección de la Antena	35
Fig. 3.6 Montaje de la Metrocell Outdoor.....	36
Fig. 3.7 Montaje de la Metrocell Outdoor.....	36
Fig. 3.8 Cableado de Transmisión de Fibra Óptica.....	37
Fig. 3.9 Cableado de Energía	37
Fig. 3.10 Cluster Montañita	38
Fig. 4.1 Zona dónde se realizó el Drive Test en Montañita	39

Resumen

El presente proyecto, explica y define la solución LTE en la banda 4 (AWS) por medio de la integración a la red macro 3G y LTE existente y demuestra la interoperabilidad con la red 3G (CSFB, iRAT PS HO) y LTE AWS (PS HO). Mediante este estudio se pretende presentar una propuesta para mejorar el despliegue de la red LTE, para evaluar el desempeño de la solución en ambientes rurales y urbanos, donde existen huecos de cobertura, ya que aumenta la disponibilidad de conectividad con una mayor calidad de servicio en voz y datos. La misma cuenta con una macro celda que sirvió para pruebas de interoperabilidad entre equipamientos a utilizar, esta es la Metro Cell Outdoor (MCO). Y de esta manera nombrar sus principales características, velocidades, arquitecturas, con el objetivo de prestar los mejores servicios.

Palabras Claves: LTE, Banda 4, AWS, 3G, e-nodoB, MCO

Abstract

This project explains and defines the LTE solution in band 4 (AWS) by integrating into the existing 3G and LTE macro network and demonstrating interoperability with the 3G network (CSFB, iRAT PS HO) and LTE AWS (PS HO). Through this study, improve the deployment of the LTE network to evaluate the performance of the solution in rural and urban environments, where there are gaps in coverage, since it increases the availability of connectivity with a higher quality of service in voice and data. It has a macro cell that was used for interoperability tests between equipment to be used, the Metro Cell Outdoor (MCO). And in this way name its main characteristics, speeds, architectures, with the aim of providing the best services.

Keywords: LTE, Band 4, AWS, 3G, e-nodeB, MCO

Capítulo I: Generalidades del proyecto de grado

En este prefacio se detallará de manera general los diversos puntos angulares encapsulados en el tema propuesto. Entre los aspectos de mayor relevancia en la elaboración de este capítulo están: introducción, antecedente, justificación, planteamiento del problema, objetivos tanto general como específicos y además se planteará la metodología que se empleará en la elaboración de este documento investigativo.

1.1. Introducción.

La iniciativa del presente trabajo surge dentro del ambiente laboral, debido a que en el país se inició el despliegue de la red LTE (Long Term Evolution) en diversas ciudades prioritarias de la Republica del Ecuador, y partiendo desde este punto inicial, se empieza con el estudio y análisis del comportamiento de una red de acceso del sistema móvil, a través de configuraciones, diseños y simulaciones. Como referencia del presente trabajo, el escenario será una parte de las poblaciones costeras, que generan gran cantidad de tráfico de usuarios, el mismo cuenta con una macro celda que sirvió para pruebas de interoperabilidad entre equipamientos a utilizar, esta es la Metro Cell Outdoor – Macro Celda (MCO).

Actualmente, el despliegue de la red LTE nos muestra una mejor y mayor velocidad de transmisión de datos, esto a su vez genera en las operadoras móviles la posibilidad de crecimiento para nuevos y mejores servicios, generando así un incremento de ingresos, ofreciendo de esta manera un progreso y desarrollo avanzado e incluso beneficiando tanto al usuario final como al país, formando así una coexistencia con las redes existentes 2G, 3G & MACRO LTE AWS (Advanced Wireless Service).

El diseño y estudio realizado en este proyecto está basado en el despliegue del equipo Metro Cell Outdoor en banda 4 AWS, en espacios reducidos y específicos a bajo costo en su implementación.

1.2. Antecedentes.

La ubicación física de las macro celdas requiere de permisos ambientales y municipales, estudios de ingeniería civil, mecánica y eléctrica, donde se implementará la radio base, lo cual requiere del operador una gestión en la consecución de permisos de acceso, adecuación del predio, mimetización visual y ambiental o en su defecto una nueva solución de aumento de cobertura de la red móvil existente en sitios remotos donde se carece de la señal de telefonía móvil, con nuevo equipamiento que reduzca los requerimientos antes mencionados.

En estos lugares los usuarios móviles se encuentran en áreas de baja cobertura o en el borde de cobertura de una Macro Celda, consecuentemente sus condiciones de RF son muy pobres, por lo tanto, perciben una mala calidad de voz y un servicio de datos que no permite el uso óptimo de los recursos de la Radio Base para Uplink y Downlink.

En la actualidad Ecuador se encuentra en un proceso de transición de tecnologías de comunicación por lo que en ciertos lugares existen muchos problemas de cobertura y/o de señal. Como medida de mitigación y en pro de mejorar la calidad de servicio se sugiere optar por el empleo de las Metro Cell, ya que gracias a esta herramienta se puede garantizar un mejor Throughput y una mejor conectividad tanto para los servicios de voz y como para los datos, lo que se desemboca en la capacidad de brindar una mejor experiencia al usuario final, puesto que con este artificio se podrá ofrecer una mayor disponibilidad de conectividad y cobertura.

1.3. Justificación.

La solución de un MCO mejorará la calidad de servicio, brindando al usuario una mayor cobertura para realizar una llamada de voz o datos, simplificando los problemas de señal móvil y caída de llamadas.

Una de las ventajas del uso de los equipos basado en tecnología 4G, es su navegación por internet desde cualquier el dispositivo móvil, convirtiéndolo en una herramienta de comunicación suma importancia para el mundo laboral, estudiantil y demás, y por su implementación rápida y de fácil acceso, usando

pequeños espacios físicos como por ejemplo el adosamiento en postes o paredes y principalmente sin afectar el impacto visual como normalmente generan las macro celdas o radio bases.

Debido a su baja potencia del MCO en el funcionamiento de sus equipos, reduce de manera considerable el impacto de radiación electromagnética en zonas urbanas de mayor influencia. Considerando la implementación de este equipo MCO como de baja peligrosidad para el impacto ambiental.

Otra ventaja adicional del MCO es que, al mejorar la señal celular, este disminuye la potencia del dispositivo móvil al encontrar optimas condiciones de red, y esto contribuiría a un consumo mínimo en su batería alargando la vida útil del dispositivo móvil.

Considerando desde el punto de vista económico, la baja inversión y mejor rentabilidad, hace de este equipo MCO sirva de punto de inflexión para las operadoras móviles del país, en futuros incrementos de cobertura a bajo costo de implementación.

1.4. Planteamiento del Problema

Debido a los huecos de cobertura ocasionados por el tráfico en la red de las radios bases o macro celdas con tecnología de tercera generación, sobrepasando el limite de usuarios en una misma zona dando, como resultado las caídas de llamadas y de señal de voz y datos, dejando molestias al usuario final, el cual paga por un servicio que puede afectar la continuidad de la afiliación a la operadora.

Es muy común la falta de cobertura en los dispositivos móviles, dejando fuera de servicio al usuario y mostrando símbolos o mensajes de carencia de conexión celular, en lugar de mostrar la potencia de la señal en la pantalla del móvil, e inclusive cambiando de tecnología de 3G (HSxPAE, 3G, H+), a 2G (GPRS y EDGE) tampoco contribuye para una mejor comunicación, provocando que la señal de voz y datos sea escasa.

Cabe señalar que la congestión en las horas pico provoca que las macro celdas no dispongan de una transmisión eficaz para downloads en lugares remotos o pueblos lejanos donde la distancia de una radio base sea muy considerable para dicha cobertura, provocando que la falta de este recurso sea el mayor problema para una comunicación en sitios específicos, ya que debido a los altos costos de esta implementación de una radio base por parte de la operadora se vea afectado el consumo del negocio.

En ciertas fechas la cantidad de usuarios hace posible que la cobertura carezca de su propagación y se vea la necesidad de un mejoramiento e implementación de un sistema de mayor flexibilidad, para construir las denominadas Redes Heterogéneas (HetNets) - sistemas de acceso de banda ultra ancha para comunicaciones móviles multiplataforma, altamente eficientes con solución LTE en la banda 4 (AWS) por medio de la integración a la red macro 3G y LTE actual y demostrar su interoperabilidad y así poder evaluar de manera específica el desempeño de correcta solución en escenarios de sitios rurales y urbanos.

1.5. Definición del Problema

¿Cómo mejorar la calidad de señal móvil de una red LTE en sitios remotos y donde el tráfico de usuarios es mayor al alcance de la cobertura, basado en el uso del MCO (Metro Cell Outdoor)?

Variable Dependiente: Falencias sectoriales en cobertura móvil en zonas rurales y urbanas.

Variable Independiente: Demanda de usuarios y carencia de macro celdas en sitios de estudio.

1.6. Sistematización del Problema

¿En qué zona de Montañita existe mayor influencia de usuarios y en la cual presentan desniveles en la cobertura móvil?

¿Qué tipo de equipamiento se debe utilizar para minimizar la mala percepción en el servicio de voz y datos en la zona afectada en Montañita?

¿Cómo están distribuida las COW (Cell on Wheels) con Tecnología 3G en las zonas de mayor necesidad?

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General:

Presentar un diseño basado en el uso de celdas portátiles “Metro Cell Outdoor” en la Banda 4 (AWS) con la integración a la tecnología 3G y LTE existentes, para mejoramiento de cobertura en el sector de eventos acuáticos de Montañita.

1.7.2. Objetivos específicos:

- Poder diferenciar los alcances de esta tecnología en los servicios que presta como los es el de Voz y Datos, ofreciendo mejoras en el espectro de la red en su calidad y velocidad en sitios remotos que carecen de cobertura.
- Un correcto indicativo y evaluación del tráfico de voz y datos, donde exista problemas de señal móvil en sitios de interferencia con las redes existentes, y así poder determinar una estadística de rendimiento y mejora de las tasas de transferencia.
- Diseñar una solución con el equipo Metro Cell Outdoor (MCO) especializado en operar en la banda 4 (AWS) y que se observe una interconexión entre redes existentes 3G & 4G.

1.8. Preguntas de Investigación

- ¿Cuáles son las zonas de la comuna Montañita que presentan desfases de cobertura?
- ¿Qué tipo de equipamiento se debe utilizar para minimizar la mala percepción en el servicio de voz y datos en la comuna?
- ¿Cómo está distribuida la COW de 3G para la zona de mayor influencia de usuarios en la comuna?

1.9. Hipótesis

El mejoramiento de cobertura y QoS (Quality of Service) LTE en zonas urbanas se lo podría realizar en base al uso del Metro Cell Outdoor, a través de metodologías de estudios como Walk Test, Drive Test y Site Survey que complementarán para la elaboración de este diseño, tomando en cuenta cada análisis considerado en las evaluaciones e ingenieras efectuadas en zonas estratégicas de carencia de cobertura para dicho diseño.

1.10. Metodología de investigación

Se acuña la definición de metodología de la investigación a la disciplina del conocimiento encargada de reglamentar y delimitar un conjunto de métodos, técnicas y procedimientos racionales empleados para alcanzar un objetivo y/o gamas de objetivos de una investigación científica o una exposición doctrinal (Coelho, Fabián, 2020).

En este tema en particular se empleó el método documental, pues el desarrollo se basará bajo la información conseguida tras el levantamiento de información realizada en la comuna de Montañita, así como también de las especificaciones técnicas de las celdas de Metro Cell Outdoor y su compatibilidad e interoperabilidad con las demás tecnologías implicadas en este tópico para así dictaminar la viabilidad del diseño propuesto.

También se tomaron datos técnicos de las distintas compañías telefónicas para determinar su cobertura y así determinar requisitos y puntos estratégicos para garantizar un mejor servicio de conectividad inalámbrica en los sectores dedicados a eventos acuáticos dentro de Montañita.

Vale resaltar que la indagación está enfocada en mejorar la cobertura de red para todos mediante las Metro Cell Outdoor a su vez se pueda certificar la interoperabilidad con las tecnologías ya arraigadas como el caso de la 3G y las LTE.

Capítulo 2: Marco teórico

En este punto se va a estructurar y conceptualizar todos los tópicos correlacionados al tema planteado con la finalidad de ofrecer una visión teórica más completa sobre la fundamentación de la propuesta. Además, estas sustentaciones investigativas serán empleadas como el cimiento para las fases de observación, experimentación y conclusión.

2.5. Espectro Radio Eléctrico

Se define el espectro radioeléctrico como un recurso natural e intangible, que puede emplearse para la prestación de varios tipos de servicios, ya sea en telecomunicaciones, radiodifusión o televisión. Este elemento está constituido por un subconjunto de ondas electromagnéticas, también conocidas como ondas hertzianas las cuales se propagan por el espacio sin la necesidad de contar con una guía artificial.

Cada servicio dentro del campo de las telecomunicaciones para su funcionamiento adopta una parte del espectro radioeléctrico, a este fragmento se lo denomina como bandas, las cuales se puede comparar como una gran carretera en la cual irán todos los datos justos y necesarios para la tarea deseada.

Vale indicar que este elemento es considerado como un sector estratégico para el crecimiento socio económico del país, por lo tanto, los entes reguladores se reservan el derecho totalitario de su administración, regulación, control y gestión (ARCOTEL, 2017).

2.5. Bandas de Radiofrecuencia

Este término hace referencia a los diversos intervalos de frecuencia que pertenecen al espectro electromagnético y a su vez tienen la capacidad de ser asignados en diversas tareas dentro de las radiocomunicaciones.

Dentro del campo electromagnético se puede diversificar los niveles de esta tecnología, los cuales se clasificarán acorde a índices como potencia y longitud de la onda, las cuales catalogarán si una frecuencia es muy alta o muy baja.

Vale resaltar que el rango de frecuencias dónde se encuentra comprendido el espectro radioeléctrico es de 0 HZ hasta 3000 GHz (Esopo, 2020), tal como se lo muestra en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Rangos de frecuencia

Número de la banda	Simbología	Nombre	Rango de Frecuencia	Subdivisión métrica correspondiente	Abreviaturas métricas para las bandas
4	VLF	Very low frequency	3 a 30 kHz	Ondas Miriamétricas	B. Mam
5	LF	Low frequency	30 a 300 kHz	Ondas Kilométricas	B. Km
6	MF	Medium frequency	300 a 3000 kHz	Ondas Hectométricas	B. hm
7	HF	High frequency	3 a 30 MHz	Ondas Decamétricas	B. dam
8	VHF	Very high frequency	30 a 300 MHz	Ondas métricas	B. m
9	UHF	Ultra high frequency	300 a 3000 MHz	Ondas decimétricas	B. dm
10	SHF	Super high frequency	3 a 30 GHz	Ondas centimétricas	B. cm
11	EHF	Extremely high frequency	30 a 300 GHz	Ondas milimétricas	B. mm
12			300 a 3000 GHz	Ondas decimilimétricas	B. dmm

Elaborado por: (Esopo, 2020)

Es necesario indicar que estos rangos de frecuencia difieren mucho en la teoría con la práctica, pues en un ambiente real jamás se usará frecuencias debajo de 9 KHz, ya que este rango tiene una muy baja capacidad de transportar información y además en ellas se producen un gran nivel de interferencias haciendo que se llegue a perder la poca data que pueda transmitir. Por otra parte, las frecuencias más altas del espectro aún no son explotadas debido a que las tecnologías comerciales de la actualidad no son capaces de emplearlas de forma efectiva.

Para determinar qué conjunto de frecuencia son las que más se acoplan a las diversas tareas o contextos requeridos existen las siguientes opciones:

- **Atenuación:** se resume este concepto el resultado de la reducción de amplitud e intensidad en una señal.
- **Capacidad:** es la cantidad de información que puede transmitirse dentro de un canal de comunicación.
- **Cobertura:** este término se define como el área geográfica en dónde se dispone de un servicio.
- **Costo de Equipos:** es el valor monetario que implicaría invertir en cada uno de los equipos requeridos para la implementación del servicio de las telecomunicaciones.

Vale indicar que todos estos parámetros variarán acorde a los distintos conjuntos de frecuencias aptos para determinados servicios de radiocomunicación. Dichas variaciones se las podrá visualizar en la Figura 2.1.

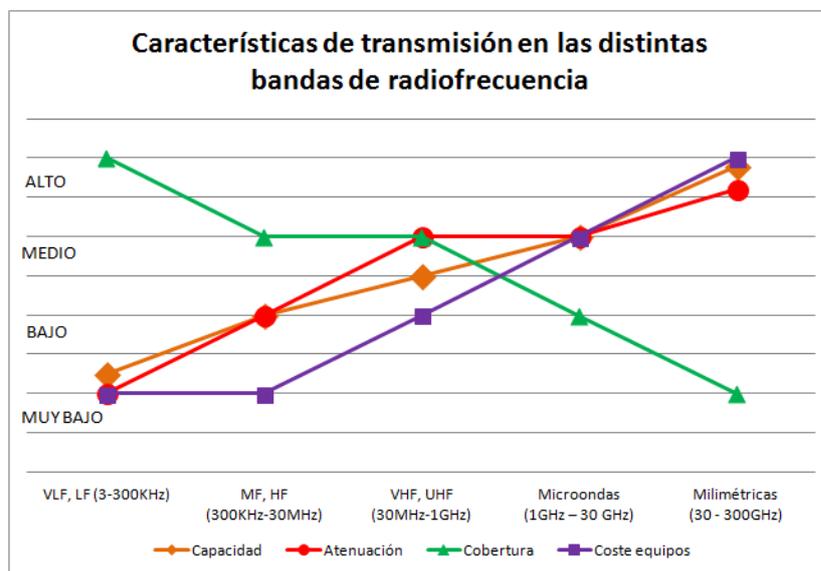


Figura 2. 1. Parámetros acorde a su banda de radiofrecuencia

Fuente: (Esopo, 2020)

Partiendo de la gráfica anterior se puede inducir que mientras más baja sea la frecuencia el costo de equipos será mucho menor, tendrá mayor cobertura, menor atenuación, pero su capacidad de transmisión será muy baja. Caso contrario a las

altas frecuencias, ya que en esta su costo de equipos será mucho mayor, pero ofrecería una capacidad de transmisión mucho mayor.

2.5. Tipos de Banda de Frecuencia en Telefonía Móvil

El espectro de radio frecuencia está segmentado acorde sea su uso, y por naturaleza la telefonía móvil tiene su espacio reservado. Este principio ha conllevado que con el pasar de los años se ha definido un estándar de frecuencia, por lo que dio a apertura a la existencia de diversas bandas, las cuales se detallarán a continuación.

2.1. Banda de Frecuencia GSM

Según (Caballero, 2014), las bandas de frecuencia GSM (Global System for Mobile Communications) designadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones están netamente enfocadas para la telefonía móvil. Vale denotar que esta banda de frecuencia está compuesta por 14 bandas, las cuales se detallarán en la Tabla 2.2

Tabla 2.2. Frecuencias de banda GSM

Sistema	Banda	Frecuencia		Asignación de canal
		Subida	Bajada	
T-GSM-380	380	380.2 – 389.8	380.2 – 398.8	Dinámica
T-GSM-410	410	410.2 – 419.8	420.2 – 429.8	Dinámica
GSM-450	450	450.4 – 457.6	460.4 – 476.6	259 - 293
GSM-480	480	478.8 – 486.0	488.8 – 496.0	306 – 340
GSM-710	710	698.0 – 716.0	728.0 – 746.0	Dinámica
GSM-750	750	747.0 – 762.0	777.0 – 792.0	438 – 511
T-GSM-810	810	806.0 – 821.0	854.0 – 866.0	Dinámica
GSM-850	850	824.0 – 849.0	869.0 – 894.8	128 – 251
P-GSM-900	900	890.2 – 914.8	935.2 – 959.8	1 – 124
E-GSM-900	900	880.0 – 914.8	925.0 – 959.8	975 -1023,0 - 124
R-GSM-900	900	876.0 – 914.8	921.0 – 959.8	955- 1023,0 - 124
T-GSM-900	900	870.4 – 876.0	915.4 – 921.0	Dinámica
DCS-1800	1800	1710.2 – 1784.8	1805.2 – 1879.8	512 – 885
PCS-1900	1900	1850.0 – 1910.0	1930.0 –1990.0	512 – 810

Elaborado por: Autor

2.2. GSM-900, GSM-180 y EGSM-900

En las regiones de Europa, Oriente Medio, África. Oceanía y gran parte de Asia emplean las bandas GSM – 900 y la GSM – 1800 en sus redes móviles 2G, dónde la GSM – 900 usa 890 – 915 MHz para el envío de información desde la estación móvil a la estación base y 935 – 960 MHz para bajada o downlink, proveyendo de este modo 124 canales de radiofrecuencia espaciados a 200 KHz.

2.3. GSM-850 y GSM 1900

Es el rango usado en la mayoría de los países de América, tal como lo refleja la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Frecuencias de banda GSM

País	Banda
Argentina	GSM – 850 y 1900 MHz
Bolivia	GSM – 850 y 1900 MHz
Brasil	GSM – 850, 900, 1800 y 1900 MHz
Canadá	GSM – 850 y 1900 MHz
Chile	GSM – 850 y 1900 MHz
Colombia	GSM – 850 y 1900 MHz
Ecuador	GSM – 850 y 1900 MHz
Estados Unidos	GSM – 850 y 1900 MHz
Nicaragua	GSM – 850 y 2500 MHz
Panamá	GSM – 850 y 1900 MHz
Perú	GSM – 850 y 1900 MHz
Venezuela	GSM – 850 y 1900 MHz

Elaborado por: Autor

2.4. GSM - 450

Esta es la versión menos conocida de las redes GSM. La banda GSM – 450 usa la misma banda del sistema analógico NMT (Nordisk MobilTelefoni), por lo que permite la coexistencia y la interoperabilidad con esta tecnología. Se destaca que la banda NMT corresponde al sistema telefónico de la primera generación y su uso en países de Europa del este y de Rusia anterior a la llegada de la tecnología GSM.

2.5. Banda de Frecuencia UMTS.

Las bandas UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) son aquellas designadas para el funcionamiento de tecnologías UMTS / HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) / HSUPA (High-Speed Packet Access), es decir fueron pensadas para el salto generacional de los sistemas móviles. El sistema celular 3G UMTS, es uno de los más usados a nivel mundial y entre los servicios que este ofrece se tiene: paging, PMR (Private Module Radio), video, servicios multimedia hasta 2Mbps. En cuanto a su funcionamiento se puede adaptar tanto a ambientes como indoor, indoor y outdoor (Burneo & Siguenza, 2013). En la Tabla 2.4 se mostrará la asignación de las bandas de frecuencia, en los números de canal y su uso en las tecnologías UMTS.

Tabla 2.4. Frecuencias de banda UMTS

Número	Banda (MHz)	Nombre	Banda de subida (MHz)	Banda de bajada (MHz)	Canales absolutos RF de UTRAN	
					Subida	Bajada
I	2100	IMT	1920 - 1980	2110 – 2170	9612 – 9888	10562 – 10838
II	1900	PCS A-F	1850 – 1910	1930 – 1990	9262 – 9538	9662 – 9938
III	1800	DCS	1710 – 1785	1805 – 1880	937 – 1288	1162 – 1513
IV	1700	AWS A-F	1710 – 1755	2110 – 2155	1312 – 1513	1537 – 1738
V	850	CLR	824 – 849	869 – 894	4132 – 4233	4357 – 4458
VI	800		830 – 840	875 – 885	4162 – 4188	4387 – 4413
VII	2600	IMT-E	2500 – 2570	2620 – 2690	2012 – 2338	2237 – 2563
VIII	900	E-GSM	880 – 915	925 – 960	2712 – 2863	2937 – 3088
IX	1700		1749,9 – 1784,9	1844,9 – 1879,9	8762 – 8912	9237 – 9387
X	1700	EAWS A-	1710 – 1770	2110 – 2170	2887 –	3112 –

		G			3163	3388
XI	1500	LPDC	1427,9 – 1447,9	1475,9 – 1495,9	3487 – 3562	3712 – 3787
XII	700	LSMH A/B/C	699 – 716	729 – 746	3617 – 3678	3842 – 3903
XIII	700	USMH C	777 – 787	746 – 756	3792 – 3818	4017 – 4043
XIV	700	USMH D	788 – 798	758 – 768	3892 – 3918	4117 – 4143
XV	-	-	Reservada	Reservada	-	-
XVI	-	-	Reservada	Reservada	-	-
XVII	-	-	Reservada	Reservada	-	-
XVIII	-	-	Reservada	Reservada	-	-
XIX	800		832,4 – 842,6	877,4 – 887,6	312 – 363	712 – 763
XX	800	EUDD	832 – 862	791 – 821	4287 – 4413	4512 – 4638
XXI	1500	UPDC	1447,9 – 1462,9	1495,9 – 1510,9	462 – 512	862 – 912
XXII	3500		3410 – 3490	3510 – 3590	4437 – 4813	4662 – 5038
XXV	1900	EPCS A-G	1850 – 1915	1930 – 1995	4887 – 5188	5112 – 5413
XXVI	850	ECLR	814 – 849	859 – 894	5537 – 5688	5762 – 5913

Fuente: (3GPP, 2012)

2.6. Bandas de Frecuencias LTE.

La banda LTE nace bajo la insignia de mejorar en todos los aspectos a sus antecesoras como las redes móviles CDMA (Code Division Multiple Access) y GSM, algo que vale acotar sobre esta frecuencia es su notable mejoría en las áreas telefónicas como calidad de voz y aumento de transmisiones de datos tanto descendentes como ascendentes.

Esta red presenta una banda de frecuencia flexible que oscila entre 1.4 MHz y 2.6 GHz. En cuanto a su banda de frecuencia varía acorde a la región o país, y al rango de la señal (Data-Alliance, 2021). En cuanto a su asignación de frecuencia se lo detallará en la Figura 2.2.

E-UTRA Band	Duplex-Mode	f (MHz)	Nombre Común	Incluido en (subconjunto de) Bandas	Enlace ascendente (UL) BS recibido UE transmitido (MHz)
1	FDD	2100	IMT	65	1920 – 1980
2	FDD	1900	PCS blocks A-F	25	1850 – 1910
3	FDD	1800	DCS		1710 – 1785
4	FDD	1700	AWS blocks A-F (AWS-1)	66	1710 – 1755
5	FDD	850	CLR	26	824 – 849
6	FDD	850	Japan UMTS 800 (obsolete)	26	824 – 849
7	FDD	2600	IMT-E	2500 – 2570	2620 – 2690
8	FDD	900	E-GSM	880 – 915	925 – 960
9	FDD	1800	Japan UMTS 1700 / Japan DCS	3	1749.9 – 1784.9
10	FDD	1700	Extended AWS blocks A-I	66	1710 – 1770
11	FDD	1500	Lower PDC	1427.9 – 1447.9	1475.9 – 1495.9
12	FDD	700	Lower SMH blocks A/B/C	699 – 716	729 – 746
13	FDD	700	Upper SMH block C	777 – 787	746 – 756
14	FDD	700	Upper SMH block D	788 – 798	758 – 768
15	FDD	2600	formerly reserved (obsolete)	1900 – 1920	2600 – 2620
16	FDD	2600	formerly reserved (obsolete)	2010 – 2025	2505 – 2600
17	FDD	700	Lower SMH blocks B/C	12	704 – 716
18	FDD	850	Japan lower 800	26	815 – 830
19	FDD	850	Japan upper 800	26	830 – 845
20	FDD	800	EU Digital Dividend	832 – 862	791 – 821
21	FDD	1500	Upper PDC	1447.9 – 1462.9	1495.9 – 1510.9
22	FDD	3500	3410 – 3490	3510 – 3590	100
23	FDD	2000	S-Band (AWS-4)	2000 – 2020	2180 – 2200
24	FDD	1600	L-Band (US)	1626.5 – 1660.5	1525 – 1559
25	FDD	1900	Extended PCS blocks A-G	1850 – 1915	1930 – 1995
26	FDD	850	Extended CLR	814 – 849	859 – 894
27	FDD	850	SMR (adjacent to band 5)	807 – 824	852 – 869
28	FDD	700	APT	703 – 748	758 – 803
29	FDD / CA	700	Lower SMH blocks D/E	N/A	717 – 728
30	FDD	2300	WCS blocks A/B	2305 – 2315	2350 – 2360
31	FDD	450	452.5 – 457.5	462.5 – 467.5	10
32	FDD / CA	1500	L-Band (EU)	50, 75	N/A
33	TDD	2100	IMT	39	1900 –
34	TDD	2100	IMT		2010 – 2025
35	TDD	1900	PCS (Uplink)		1850 – 1910
36	TDD	1900	PCS (Downlink)		1930 – 1990
37	TDD	1900	PCS (Duplex spacing)		1910 – 1930
38	TDD	2600	IMT-E (Duplex Spacing)	41	2570 –
39	TDD	1900	DCS-IMT gap		1880 – 1920
40	TDD	2300		2300 – 2400	N/A
41	TDD	2500	BRS / EBS		2496 – 2690
42	TDD	3500		3400 – 3600	N/A
43	TDD	3700		3600 – 3800	N/A
44	TDD	700	APT		703 – 803
45	TDD	1500	L-Band (China)		1447 – 1467
46	TDD	5200	NII		5150 – 5925
65	FDD	2100	Extended IMT	1920 – 2010	2110 – 2200
66	FDD ²	1700	Extended AWS blocks A-J (AWS-1/AWS-3)	1710 – 1780	2110 – 2200
67	FDD / CA	700	EU 700	N/A	738 – 758
E-UTRA Band	Duplex-Mode	f (MHz)	Nombre Común	Incluido en (subconjunto de) Bandas	Enlace ascendente (UL) BS recibido UE transmitido (MHz)

Figura 2.2. Frecuencias de banda UMTS

Fuente: (OW, s.f.)

2.7. Banda AWS

La banda 4 AWS, está comprendida entre las frecuencias de 1700 y 2100MHz. Este canal está pensado en el uso del LTE debido a la gran capacidad de transmisión de data, lo que resultaría sumamente beneficioso a todos los usuarios finales ya que cubriría la demanda de datos y mejoría de servicios.

Entre las características destacables de esta banda es la viabilidad de la coexistencia de las tecnologías HSP (High Speed Packet) y LTE. Estos recursos pueden emplearse en la mayoría de los países de América Latina lo que conllevaría a un crecimiento tecnológico y económico a las regiones dispuestas a licenciar el uso de esta banda.

Entre los países que ya cuentan con la banda 4 en sus sistemas móviles se tiene: México, República Dominicana, Jamaica, Honduras, Colombia, Ecuador, Venezuela, Perú, Paraguay, Bolivia, Uruguay, Chile y Argentina (GSMA, 2016).

2.5. Red Celular o Móvil

Se conoce como red celular o móvil a un sistema complejo de telecomunicación cuyo último enlace es inalámbrico, dicho sistema esta distribuidos por puntos denominados celdas, las cuales cuentan por lo menos con un transceptor fijo. Estas estaciones tienen como objetivo transmitir voz, datos y contenidos de índole multimedia.

Entre las características deseables que se espera que estas redes ofrezcan están:

- Gran capacidad con un solo transmisor.
- Optimización de recursos en dispositivos móviles, ya que las torres de telefonía móvil se encuentran mucho más cerca en comparación con los transmisores satelitales.
- Presentar una cobertura más extensa (Alegsa, 2019).

2.1. Telefonía Móvil

La telefonía móvil es la tecnología vanguardista de mayor índole dentro del campo de las telecomunicaciones, tanto ha sido su evolución a lo largo de los años que su desarrollo ha alcanzado grandes niveles de saturación en los principales mercados mundiales (Vacas, 2007). Vale indicar que el concepto de sistema telefónico parte desde la telegrafía eléctrica, el cual se originó como el estándar medio para el envío de diversos mensajes ya sean comerciales, diplomáticos e incluso militares (Zambrano, 2016).

Desde el año 2003 hasta la fecha han subsistido diversas tecnologías como: GSM, GPRS (General Packet Radio Service), CDMA1X, UMTS, HSDPA Y LTE, con la finalidad de brindar la mejor calidad de servicio móvil posible. En la actualidad Ecuador se ve regido por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), el cual es el ente encargado de administrar, regular y controlar las telecomunicaciones y el espacio del espectro radioeléctrico en el país (Aucapiña, 2020), como la asignación de las bandas de frecuencia: 700 MHz, 850 MHz, 1900 MHz y AWS a cada una de las operadoras presentes en el territorio nacional ya sea, Claro, Movistar, Tuenti y CNT EP. Esto permitió la implementación de un aproximado de 2579 radio bases 4G en el territorio Nacional con el fin de brindar una mejor cobertura 4G a nivel local (ARCOTEL, 2017)

2.2. Evolución de la red de Comunicación Móvil

Cada vez que se habla sobre el progreso generalizado de la red de comunicación móvil se deben denotar todos los cambios evolutivos que han suscitado de manera intrínseca dentro de los sistemas móviles, como es el caso de la velocidad, de la frecuencia y tecnología. Cabe resaltar que cada generación cuenta con sus propios estándares, capacidad y técnicas, las cuales las ayuda a diferenciar su generación con las otras (Universidad Internacional de Valencia).

2..2.1. Sistema 1G

EL sistema 1G parte entre los años 1970 y 1973 dónde Martin Cooper, diseño el primer móvil, el cual era de gran volumen, de un peso considerado y era analógico.

En cuanto a sus servicios solo era capaz de brindar una transmisión de voz basado en las radios analógicas, en los Estados Unidos a esta generación se bautizó bajo el nombre de AMPS (Advance Mobile Phone System). Dicho sistema funcionaba bajo la frecuencia de 400MHz y dentro de la banda de los 800 a 900MHz. Posteriormente en el año 1988 se le asignó 10 Mhz adicionales lo que provocó la evolución de este sistema al ES (Expanded Spectrum) (Barreno, Carrión, & Tenecora, 2016).

2..2.2. Sistema 2G

El sistema de segunda generación o también llamado GSM es un estándar europeo que utiliza como método de acceso al medio la tecnología TDMA (Time Division Multiple Access).

Se considera a este sistema como una de las innovaciones más prominentes de la historia. Originalmente la norma GSM estaba pensada en emplearse como una red de comunicaciones netamente pan-Europea, pero paulatinamente al ver el éxito comercial de este servicio se decidió abordar a otros continentes marcando así la cúspide del GSM como sistema móvil.

En términos técnicos este sistema no ofrece las altas tasas de datos como los sistemas venideros como UMTS o 3G, ya que GSM utiliza la banda delimitada por los 890 – 915 MHz para los enlaces ascendentes y 1805 – 1880 MHz para los enlaces descendentes (Burneo & Siguenza, 2013).

Algo puntual que hay que tomar en cuenta con este sistema de comunicación es que la banda de frecuencia en la que opera diferirá acorde al territorio. En Europa se utiliza el espectro radio eléctrico de 900 -1800 MHz, mientras que en América la banda corresponde a 1900, lo que implica que los equipos que están bajo esta norma no podrán funcionar en todo el mundo, a menos que los equipos sean compatibles con las otras bandas (Universidadviu, 2018) .

2..2.3. Sistema GPRS

El sistema GPRS es considerado como una extensión de GSM la cual está enfocada en el tráfico de datos y en la comunicación de datos empaquetados o por paquetes. Esta “evolución” le brindó a GSM nuevos servicios como: WAP (Wireless Application Protocol), SMS(Short Message Service), MMS(Multimedia Message Service) e internet por lo tanto, este estándar inalámbrico de paquetes conmutados ofrece acceso instantáneo a protocolos IP y a redes X.25 (Burneo & Siguenza, 2013).

Entre las aplicaciones que este protocolo ofrece es la capacidad de permitir el envío y la recepción de data a los teléfonos móviles, dividiendo la información en pequeños paquetes, los cuales serán transmitidos, reunificados, y presentados en el dispositivo final, esto es posible gracias a la implementación de la tecnología ranuras múltiples.

Otro punto a destacar del uso de esta tecnología es que a través, del GPRS se puede tanto enviar como recibir diversos tipos de información empleando el mismo equipo móvil mediante el acceso al navegador WAP (Wireless Acces Protocol), o utilizando este gadget como módem inalámbrico o como medio de conexión tanto por infrarrojo o por Bluetooth (Sánchez Wevar, 2005).

2..2.4. Sistema EDGE

El sistema EDGE (Enhanced Data For Global Evolution), o también llamada como EGPRS (Enhanced GPRS) es un paradigma que actúa como eslabón entre GSM y 3G. Esta tecnología tiene la capacidad de funcionar con cualquier red GSM que tenga implementado en su arquitectura el sistema GPRS.

Entre las ventajas que EDGE ofrece es el incremento de velocidad de datos y el grado de eficiencia espectral lo que permite la optimización de nuevas aplicaciones y una mayor capacidad a favor del usuario final.

El core de EDGE introduce una nueva metodología de modulación y una nueva codificación en su canal lo que permite usarla indistintamente en la transmisión de paquetes de voz y de datos por conmutación.

Conceptualmente con la implementación de Edge el sistema sería capaz de alcanzar velocidades de 384 Kbps en un ambiente real y en modo teórico unos 473.6 Kbps. En cuanto a su estructura utiliza TDMA, un canal lógico y 200 KHz de ancho de banda de portadora, tal cual se lo emplea en redes GSM lo que permite la coexistencia con este sistema.

Otros campos beneficiados por este paradigma es el área de multimedia, ya que se añadió servicios móviles mucho más avanzados en comparación con sus antecesoras, como:

- Descarga de videos
- Acceso más rápido a internet y a servicios de correo.

En cuanto a su velocidad de transmisión es capaz de triplicar el grado de efectividad de GPRS, por esto y demás cosas se lo cataloga como la tecnología 2.75G y se lo considera como la evolución por defecto del GPRS (Burneo & Siguenza, 2013).

2..2.5. Sistema 3G

La tendencia de los sistemas 3G es que se basa netamente en los cimientos de GSM por dos razones: primero su dominio en el mercado; y segundo porque que las inversiones realizadas en GSM deben ser empleadas en la mayor totalidad posible. Partiendo de este criterio los entes reguladores desarrollaron una perspectiva sobre qué camino deberían tomar las telecomunicaciones móviles en la próxima década. A través de este enfoque se identificaron algunos requisitos que debían considerarse a priori para esta nueva evolución, las cuales fueron:

- El sistema debería estar completamente especificado.
- Las interfaces principales debían ser estandarizadas y abiertas.
- Todos los servicios que encapsulados el área de multimedia deberían ser soportados por el sistema.
- Los servicios presentados para el usuario final deben ser independientes a cualquier tecnología de acceso.

- La infraestructura de red debería ser escalable para soportar cualquier tipo de servicio que se brinde.

Como tecnicismo es importante resaltar el hecho en que en Europa el sistema 3G se ha convertido en UMTS, siguiendo el mandato del Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones, mientras que en Japón y en los Estados Unidos el sistema 3G lleva a menudo la etiqueta de IMT – 2000 (International Mobile Telephony 2000), ya que sigue el decreto de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

En términos más concisos se discurre a 3G como la evolución del GSM y su mayor diferencia con éste es el método de acceso al medio que se aplica, ya que 3G utiliza W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access), lo que ampliaría el espectro a 5MHz logrando velocidades hasta 2Mbps. La principal desventaja con este estándar es su incompatibilidad con la red GSM puesto a que si se requiere esta adaptación es justo y necesario incurrir en la compra de una estación base dedicada.

Entre las principales características de UMTS resaltan las siguientes:

- Altas tasas de bits, en teoría podría alcanzar hasta 2Mbps utilizando 3GPP Release 99, y alcanzar valores superiores a 10 Mbps empleando 3GPP Release 5.
- Presenta una latencia menor a 200ms.
- Permite una transmisión simultánea de voz y capacidad de datos.
- Es interoperable con las redes GSM / GPRS.
- Tiene roaming a nivel global.
- Su eficiencia espectral usa la banda de los 1885 – 2200 MHz

Todo esto con la finalidad de unificar diversas tecnologías en un único sistema brindando a los usuarios un acceso a varias tareas de forma transparente y efectiva.

En cuanto a la perspectiva del consumidor el uso de estos sistemas le brinda una alta gama de beneficios como:

- Capacidad de adaptar un roaming global sin importar la red actual
- Radio de cobertura homogénea.
- Necesidad de un solo terminal para diversas aplicaciones y servicios.
- Ajuste automático de servicios acorde a las capacidades existentes de radio (Burneo & Siguenza, 2013).

2..2.6. Sistema 4G

Este sistema fue diseñado a inicios del año 2010 en Japón y paulatinamente fue adoptado por el resto del mundo, se considera a 4g como todo IP (ALL – IP), esto quiere decir; que todas las tecnologías existentes componen una sola plataforma y esto servirá para poder diseñar la tecnología 5G.

La diferencia principal entre sus antecesoras es la funcionalidad del RNC (Radio Network Controller) y BSC (Base Station Controller), ya que ahora se distribuye por BTS (Base Transceiver Stations) y por un conjunto de servidores y gateways, lo que infiere en una red menos costosa y de mayor velocidad de transferencia de datos. Otros puntos a resaltar es que este sistema le brinda al usuario la flexibilidad de seleccionar cualquier servicio con QoS, sea cual sea el momento y lugar del modo más transparente posible; además es la antesala para brindar una excelente posibilidad de innovar en las transmisiones de televisión con una mejor calidad digital y en HD.

Entre las características que se asocia a la cuarta generación se tiene:

- Tasa de datos móviles de 1Gbps para bajada y 500 Mbps para subida.
- La latencia es menor a 100ms en standby y en estado activo es inferior a 10ms.
- Su pico de eficacia espectral de enlace descendente es de 15bps/Hz.
- Garantiza la movilidad de hasta 350 km/h en las IMT – Avanzadas (Barreno, Carrión, & Tenecora, 2016).

2..2.7. Sistema 5G

Se conoce como 5G a la nueva generación de sistemas de interconexión móvil, como base esta tecnología se trata de un ecosistema ideado para la integración totalitaria de diferentes dispositivos. Entes como 3GPP y la ITU-R son los encargados de la estructuración de los estándares para este nuevo sistema, los cuales los han denominado 5G evolution e IMT – 2020.

Esta generación cuenta con varias características muy superiores a las antiguas versiones como:

- Mayor velocidad de transmisión.
- Uso más eficiente del espectro.
- Ocupa nuevos rangos de espectro lo que permite una densidad de mayor tráfico de usuarios.
- Tiene una menor latencia.
- Presenta una alta disponibilidad y altas normas de seguridad.
- Utiliza la esencia del internet de las cosas (IoT – Internet of Things), para la interconexión de millones de dispositivos entre sí (Barreno, Carrión, & Tenecora, 2016).

2.5. Compañías Telefónicas del Ecuador y su cobertura en Montañita

Como se lo mencionó en el apartado anterior en la actualidad existen cuatro operadoras que ofrecen las tecnologías 2G, 3G Y 4G dentro del Ecuador, las cuales son: CNT, Claro, Movistar y Tuenti, es importante resaltar que cada una de ellas presentan diversos grados de cobertura acorde a la zona en que se esté analizando, por lo que en esta documentación se verá centralizada netamente en Montañita, vale destacar que esto se debe a la diversificada infraestructura física y lógica propias de cada una de las compañías.

2.5.1. Claro

Claro es una empresa enfocada en la información, comunicación y entretenimiento capaz de brindar sus servicios en un 96% del territorio nacional y

fue la primera empresa privada del país en brindar tecnologías GSM, 3G, HSPA+, 4G y 4.5 G (Claro, 2021).

En cuanto a la revisión de cobertura de señal dentro de Montañita se usará como medio de guía el mapa de servicios de las redes 2G, 3G y 4G, tal como lo muestra las Figuras 2.3, 2.4 y 2.5 respectivamente.

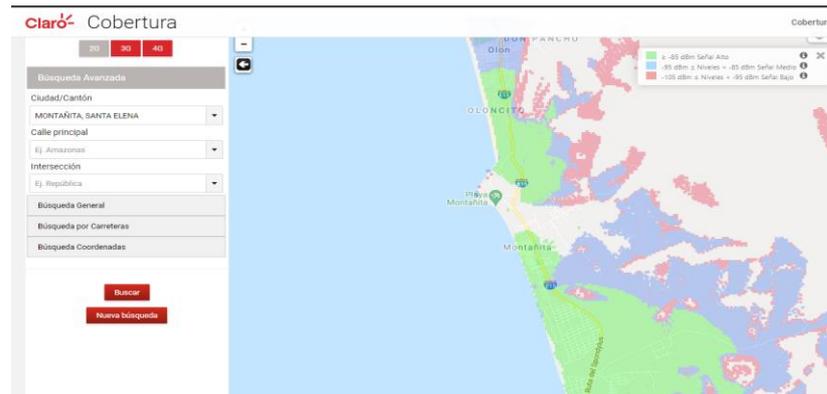


Figura 2. 3. Cobertura de Claro en Montañita con la red 2G.

Fuente: (Claro Cobertura, 2021)

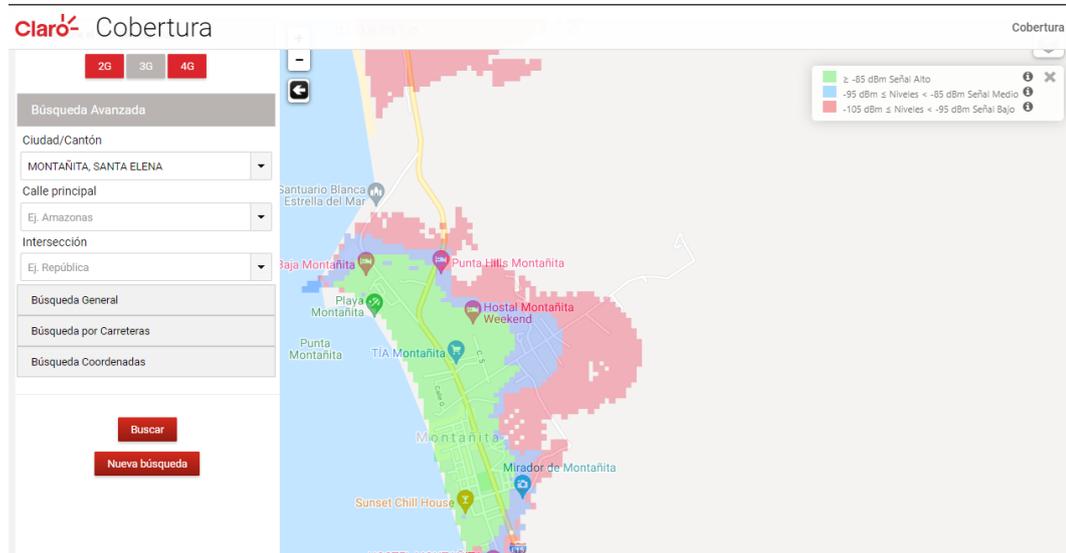


Figura 2. 4. Cobertura de Claro en Montañita con la red 3G.

Fuente: (Claro Cobertura, 2021)

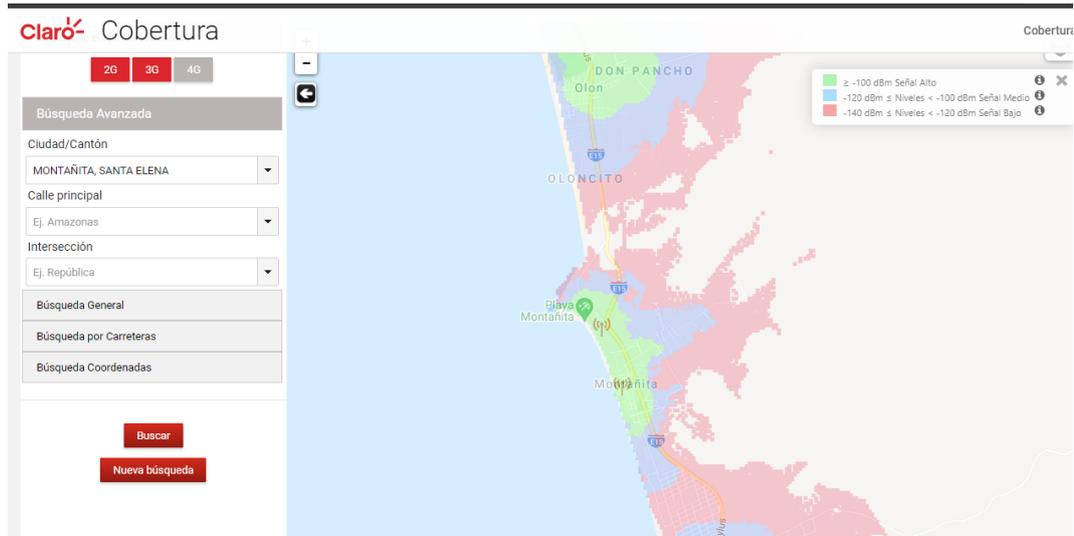


Figura 2. 5. Cobertura de Claro en Montañita con la red 4G.

Fuente: (Claro Cobertura, 2021)

2.5.2. CNT

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) fue fundada el 30 de octubre de 2008 con la finalidad de convertirse en la empresa estatal por defecto; entre los servicios que esta compañía brinda se tiene: telefonía móvil, telefonía fija y ante todo brinda servicio de internet estándar y de alta velocidad (CNT, 2021). En cuanto a la disposición de sus servicios en las tecnologías 2G, 3G y 4G dentro de Montañita se verán reflejados en las Figuras 2.6, 2.7 y 2.8.

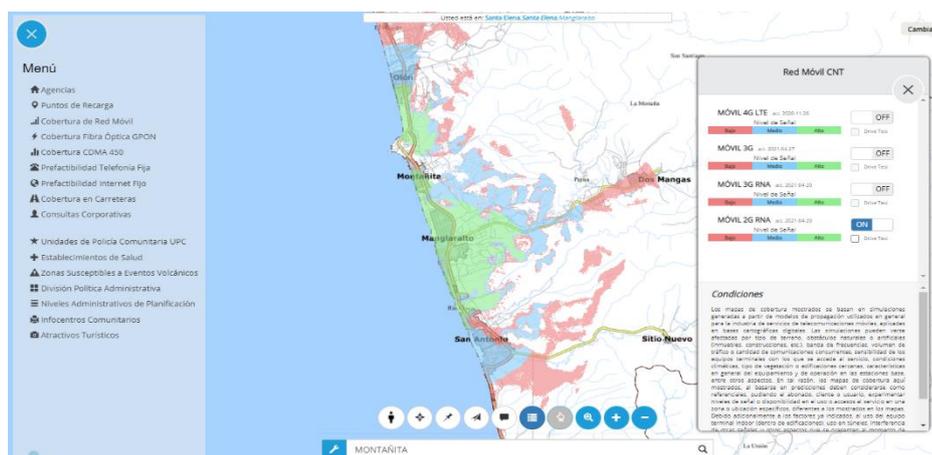


Figura 2. 6. Cobertura de CNT en Montañita con la red 2G.

Fuente: (CNT - Mapas, 2021)

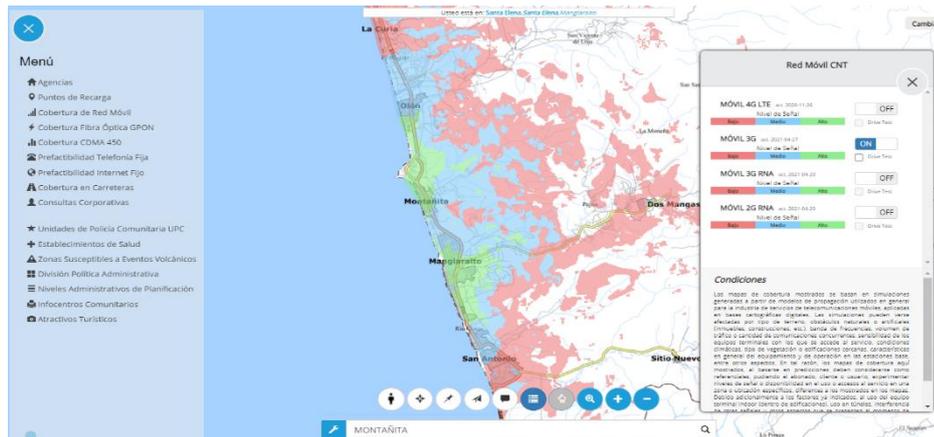


Figura 2. 7. Cobertura de CNT en Montañita con la red 3G.

Fuente: (CNT - Mapas, 2021)

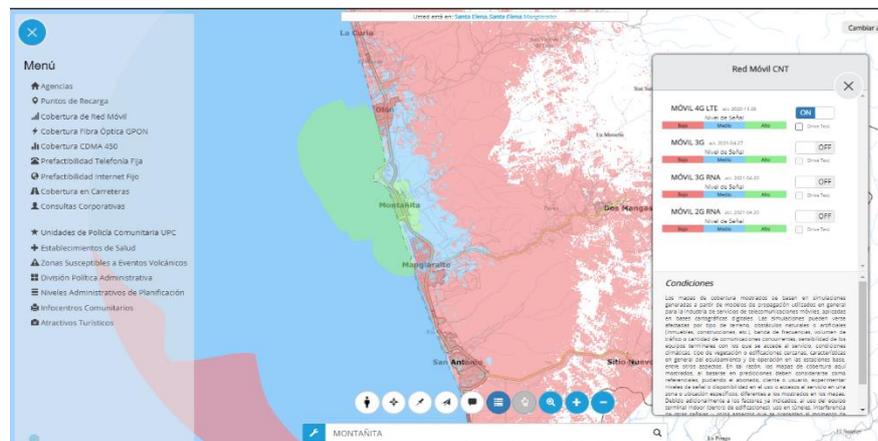


Figura 2. 8. Cobertura de CNT en Montañita con la red 4G,

Fuente: (CNT - Mapas, 2021)

2.5.3. Movistar

Esta compañía telefónica bajo el nombre comercial Movistar comenzó sus operaciones dentro del territorio nacional el año 2005, esta empresa es considerada como la segunda de mayor prominencia dentro del Ecuador, entre sus actividades se presenta: telefonía móvil, push to talk e internet móvil. (Googl-info, 2020)

Para conocer su cobertura en la tecnología 2G, 3G y 4G en Montañita se basará en la lectura por su geolocalización, tal como lo indican las Figuras 2.9, 2.10 y 2.11

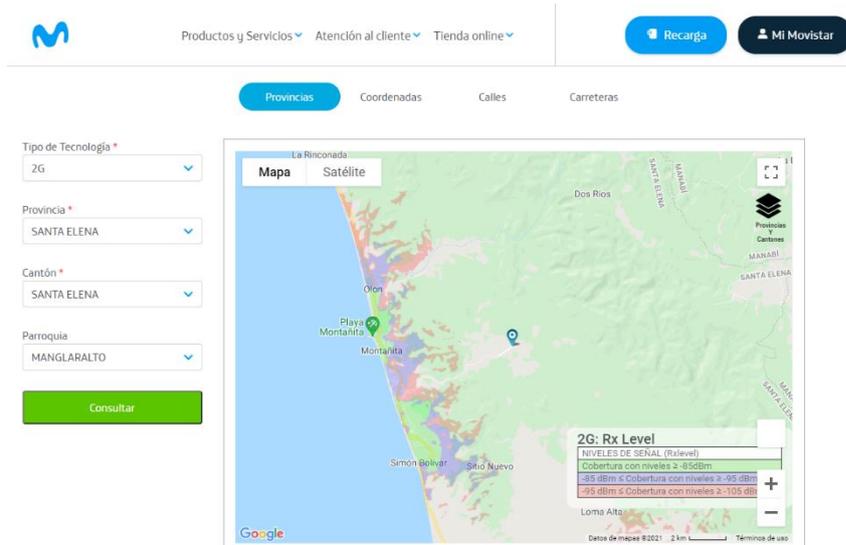


Figura 2. 9. Cobertura de Movistar en Montañita con la red 2G.
Fuente: (Movistar - mapa de coberturas , 2021)

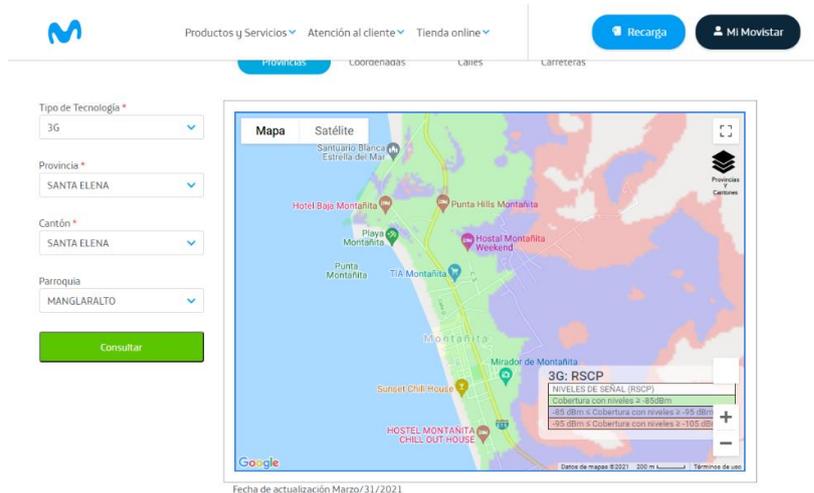


Figura 2. 10. Cobertura de Movistar en Montañita con la red 3G.
Fuente: (Movistar - mapa de coberturas , 2021)

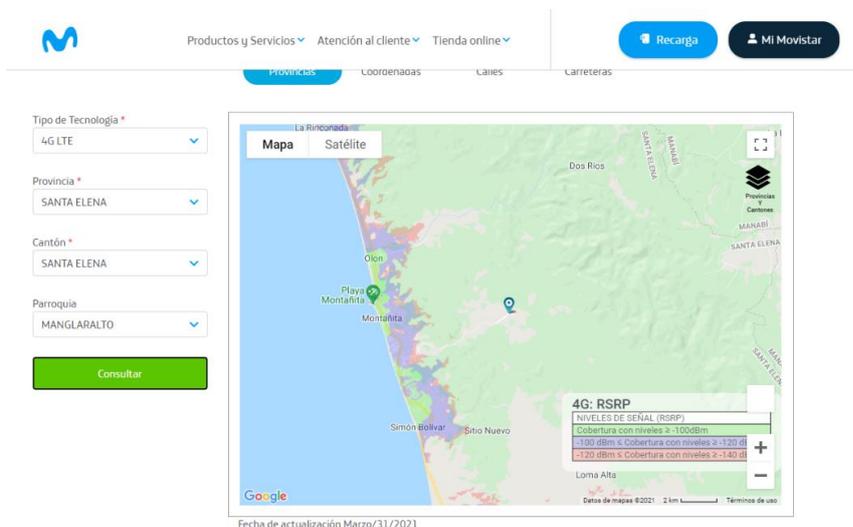


Figura 2. 11. Cobertura de Movistar en Montañita con la red 4G.
Fuente: (Movistar - mapa de coberturas , 2021)

2.5.4. Tuenti

Tuenti se auto etiqueta como una empresa telefónica 100% digital cuya naturaleza de negocio está centrada en romper los cánones de las otras telefonías rivales, entre sus servicios están telefonía e internet móvil (Tuenti, 2021).

Para delimitar el nivel de señal y cobertura se reflejará estos índices en la Figura 2.12 y Figura 2.13

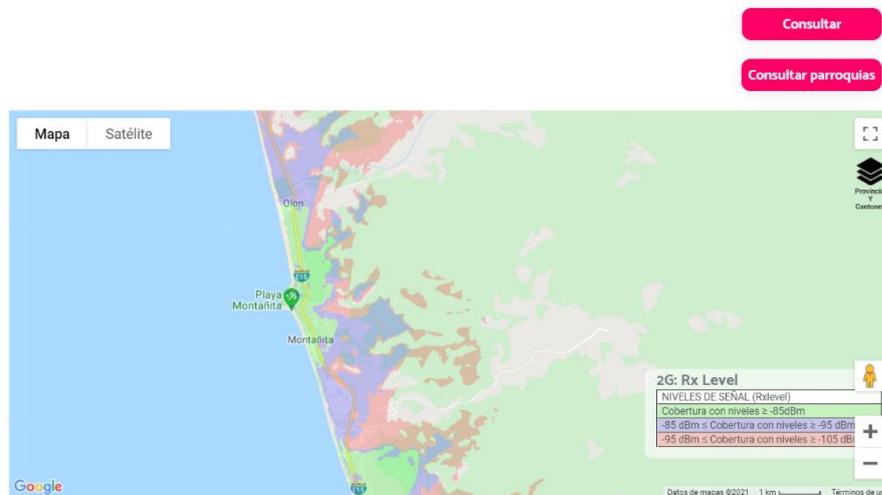


Figura 2. 12. Cobertura de CNT en Montañita con la red 2G.

Fuente: (tuenti - mapa de cobertura, 2021)

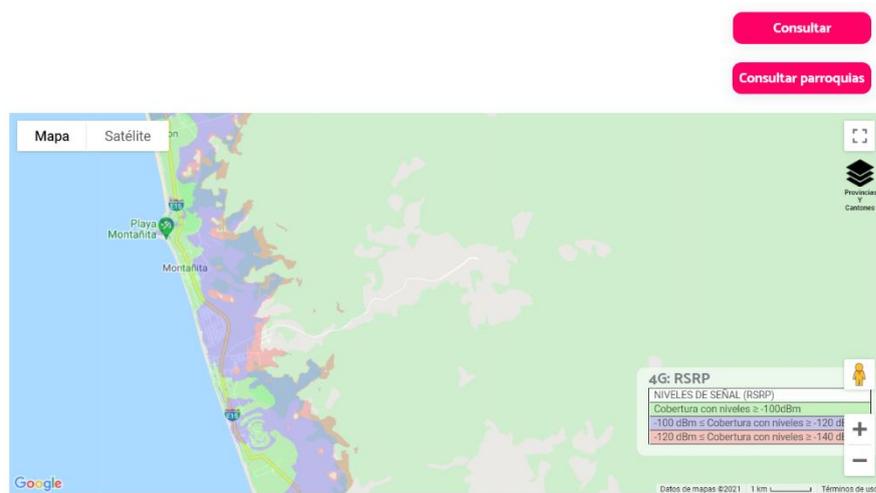


Figura 2. 13. Cobertura de CNT en Montañita con la red 4G.

Fuente: (tuenti - mapa de cobertura, 2021)

Una vez obtenidos y analizados los mapas de cobertura de cada una de las compañías de telecomunicaciones del Ecuador se puede llegar a un dictamen irrefutable, el cual indica que existe una relación inversamente proporcional del nivel de señal con la red móvil a analizar, ya que si se observa el nivel de señal y cobertura geográfica que cubren las redes 4G LTE es considerablemente más baja que las otras redes móviles analizadas como la 2G y la 3G, por lo que se puede instigar en el uso de otros equipos de telecomunicación y radiofrecuencia para así garantizar una mejor cobertura en la zona deseada.

Vale indicar que todos estos mapas de coberturas se basan en simulaciones generadas mediante el modelo de propagación empleado generalmente por las industrias de telecomunicaciones digitales para medición de cobertura y calidad de servicio.

2.6. Metro Cell

Las metroceldas (Figura 2.14) son estaciones de bases telefónicas móviles, compactas y discretas que pueden ser ubicadas en cualquier lugar en zonas urbanas, con la finalidad de permitir la comunicación entre varios radios móviles o teléfonos celulares con una cobertura mucho más amplia y con una pérdida y atenuación menor a la de los sistemas empleados (Chambers, 2012).



Figura 2. 14. Vista de Metrocell Outdoor

Fuente: (mforum.ru, 2021)

2.6.1. Arquitectura de una RED LTE en Banda 4 AWS, usando Metro Cell Outdoor (MCO)

Tal como se indicó anteriormente la banda 4 AWS tiene la capacidad de coexistir con otras tecnologías anteriores, por lo que se puede reintegrar todos los recursos de radio disponibles como los que brindan las macro celdas en interoperabilidad con las Metro Cell, tal como se lo muestra en la Figura 2.15.

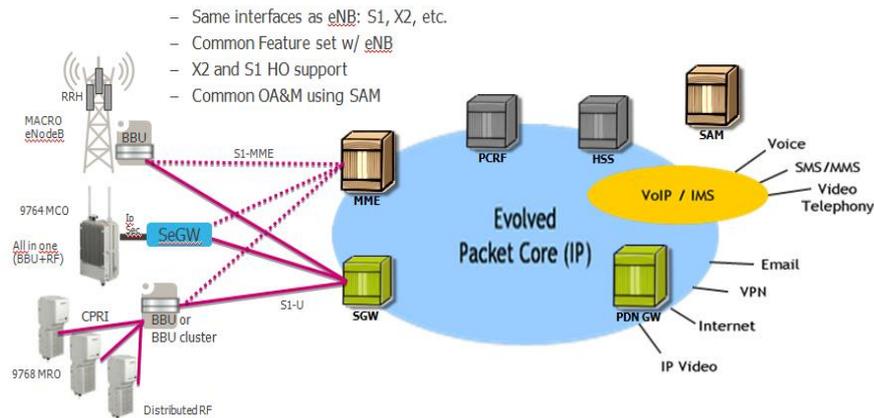


Fig. 2.15 Arquitectura RED LTE usando Metro Cell Outdoor.
Elaborado por: El Autor

2.6.2. Características de una MCO en Banda 4 de AWS (1700 - 2100) MHz.

Una de las principales características es que los enodo B se integran a la red LTE existente por interfaces S1 hacia el EPC (Envolved Packet Center), de igual manera soporta X2 para Handovers más rápidos y eficientes lo que hace que esta solución cumpla con todos los estándares del 3GPP, en cuanto al diagrama se reflejará en la Figura 2.16.

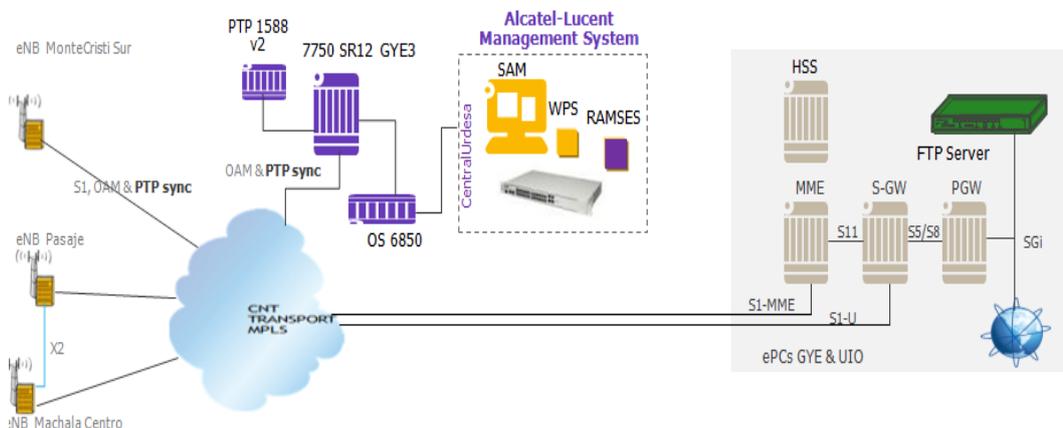


Fig. 2.16 Diagrama de interfaces operativas en la RED LTE
Elaborado por: El Autor

Capítulo 3: Desarrollo del trabajo

Para el inicio de la propuesta trazada es determinante en primer lugar realizar un levantamiento de información en la zona costera de Montañita, en especial los sectores dónde se efectúan los eventos acuáticos, en este caso en particular se realizó el drive test desde la playa de montañita hasta unos 600 metros a la redonda (Figura 3.1), todo esto con la finalidad de conocer el estado actual de las telecomunicaciones de este sector, tanto para la conexión web (Tabla 3.1) como para la calidad de llamadas (Tabla 3.2).

Vale destacar que para la realización de este levantamiento de información se requirió el empleo de dos teléfonos móviles, en este caso fueron empleados un Samsung S5 y un iPhone 3; también se utilizó un Metro Cell Outdoor de 700MHz y Banda 28 APT y como herramienta de Drive Test se utilizó el software XCAL



Fig. 3.1 Drive Test en el sector costanero de Montañita
Elaborado por: El Autor

Tabla 3.1. Drive Test de Subida y Descarga

Drive Test Cluster	RLC Layer DL Throughput Max. (Mbps)	RLC Layer DL Throughput Avg. (Mbps)
DT INICIAL	102.112 Mbps	47.202 Mbps

Elaborado por: El Autor

Tabla 3.2. Drive Test de Calidad de Llamadas

Drive Test Cluster	Intento de Llamadas	Llamadas Exitosas	Llamadas Caídas	% Accesibilidad	% Retenibilidad
DT INICIAL	59	15	34	25.42	74.85

Elaborado por: El Autor

Asimismo, se realizó las mediciones pertinentes en los factores de calidad, para esto se realizó el análisis en los parámetros de potencia de señal recibida de referencia (RSRP), la medición de este índice permite conocer la potencia real recibida, es decir, que se toma en cuenta diversos fenómenos externos como es el caso de la interferencia y del ruido. En este caso en particular la medición fue realizada en el Clúster Montañita dónde se pudo verificar que la señal capturada fue de -90 dBm (Figura 3.2), lo que deduce que la potencia de señal real es de una mala calidad. Del mismo modo se realizó la medición de la interferencia de señal + relación de ruido (SINR) y de acuerdo al Drive Test existen zonas que registran entre los 10 y 20 dB (Figura 3.3), lo que implica que las señales de ruido que, a pesar de no ser muy alarmantes, se tiene que tomar en cuenta para futuras mejoras.

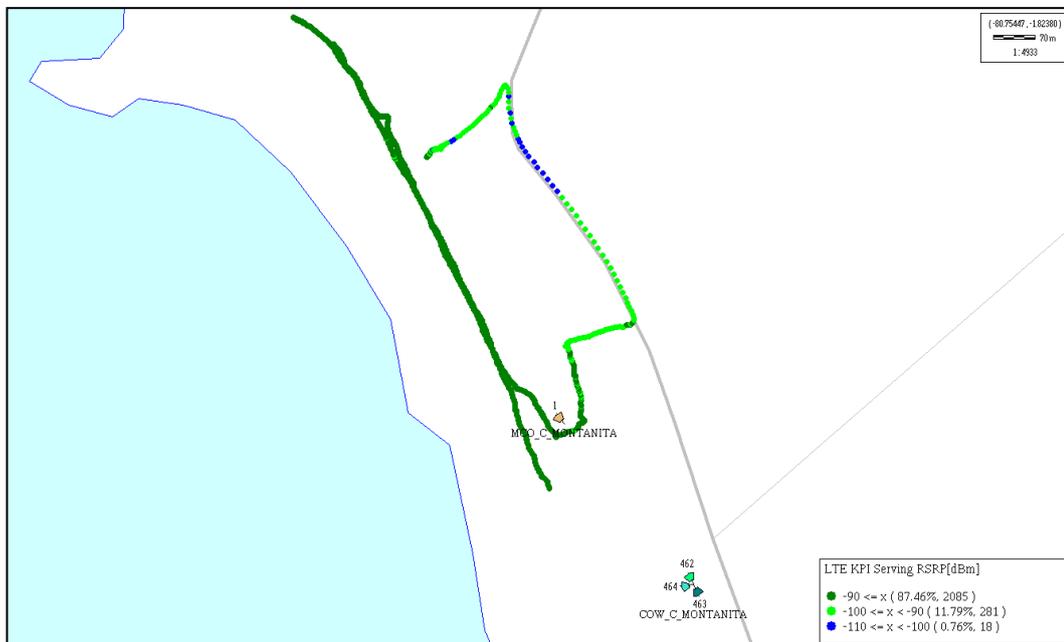


Fig. 3.2 Medición de RSRP en Montañita
Elaborado por: El Autor



Fig. 3.3 Medición de SINR en Montañita
Elaborado por: El Autor

Del mismo modo que se realizó el levantamiento de información para conocer los índices de medición de potencia y de ruido se tuvo que indagar si el sector geográfico estipulado ya contaba con Antenas de Radio Frecuencia (RF), tanto para las redes UMTS (Tabla 3.3) como para las LTE (Tabla 3.4).

Tabla 3.3. Antenas RF Existentes (UMTS)

Sector	A	B	C
Cantidad de Antenas	N/A	N/A	N/A
Fabricante	N/A	N/A	N/A
Modelo	N/A	N/A	N/A
Altura	N/A	N/A	N/A
Orientación	N/A	N/A	N/A
Tilt Eléctrico	N/A	N/A	N/A
Tilt Mecánico	N/A	N/A	N/A
Reubicación/Reemplazo de antenas	N/A	N/A	N/A

Elaborado por: El Autor

Tabla 3.4. Antenas RF Existentes (LTE)

Sector	A	B	C
Cantidad de Antenas	N/A	N/A	N/A
Fabricante	N/A	N/A	N/A
Modelo	N/A	N/A	N/A
Altura	N/A	N/A	N/A
Orientación	N/A	N/A	N/A
Tilt Eléctrico	N/A	N/A	N/A
Tilt Mecánico	N/A	N/A	N/A
Reubicación/Reemplazo de antenas	N/A	N/A	N/A

Elaborado por: El Autor

Del mismo modo se realizó un levantamiento de información para detectar cuantas Antenas de Microondas están instaladas y al igual que las Antenas de Radio Frecuencia su existencia es de 0, tal como se lo indica en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Antenas RF Existentes (UMTS)

Sector	A	B	C
Cantidad de Antenas	N/A	N/A	N/A
Fabricante	N/A	N/A	N/A
Modelo	N/A	N/A	N/A
Altura	N/A	N/A	N/A
Orientación	N/A	N/A	N/A
Tilt Eléctrico	N/A	N/A	N/A
Tilt Mecánico	N/A	N/A	N/A
Reubicación/Reemplazo de antenas	N/A	N/A	N/A

Elaborado por: El Autor

Tal como se lo visualizó en la Tabla 3.3, Tabla 3.4 y Tabla 3.5, se pudo presenciar que Montañita no cuenta ni con Antenas de Radio Frecuencia ni con Antenas de Microondas, lo que implica que los problemas de cobertura y pérdida de datos de transmisión sean notables, por lo que se sugiere el uso de Metro Celdas, en este caso se propone el Metrocell Outdoor 9764 de la marca Alcatel-Lucent, puesto que este equipo está diseñado en minimizar y mejorar el rendimiento de la radiofrecuencia (RF). Y tiene la capacidad de operar en 3GPP y en una banda de frecuencia de 2100 mHz, del mismo modo este Metro Cell Outdoor es ideal para cubrir ubicaciones al aire libre, como es el caso de calles de ciudad y demás, por lo que, partiendo por estos criterios se puede definir a la propuesta de diseño bajo los siguientes parámetros:

- Como antena se sugiere el uso del Modelo XEA-165-OO-IP, la cual tiene una altura de 8 metros y una orientación de 330°.
- En cuanto a suministros o materiales de implementación se requerirá: Patchcord F.O.; 5 metros de longitud de Cables de Transmisión; 10 metros de longitud de Cable de Energía AC o de poder; 3 metros de cable de puesta a tierra; una Placa de Rigidizor de 8 metros; una Placa Rigidizor de tensor metálico; amarras metálicas y fundas BX.

Una vez ya teniendo claro el levantamiento de información, y conocer qué equipos se necesitarán para la realización del tema propuesto, se procede a realizar

el levantamiento de propuesta. Para esto se diseñó un plan de acción dónde se detallará paso a paso los puntos justos y necesarios para el montaje de la Metrocell Outdoor:

- Se debe proyectar la MCO y la Antena en el poste de tendido eléctrico con amarras metálicas a una altura aproximada de 7 metros y 8 metros, tal como se lo muestra en la Figura 3.4 y Figura 3.5 respectivamente.



Fig. 3.4 Proyección de la Metrocell Outdoor
Elaborado por: El Autor



Fig. 3.5 Proyección de la Antena
Elaborado por: El Autor

- Para lograr el agarre tanto para la Metro Cell Outdoor como para la Antena se recomienda el uso de amarras metálicas, tal como se lo indica en la Figura 3.6.



Fig. 3.6 Montaje de la Metrocell Outdoor
Elaborado por: El Autor

- Para la proyección a tierra se utilizará un tensor metálico rígido del poste, tal como se lo indica en la Figura 3.7.



Fig. 3.7 Montaje de la Metrocell Outdoor
Elaborado por: El Autor

- El cableado de transmisión de fibra óptica deberá ser proyectada a través de la entidad de gestión y se utilizarán conectores LC, tal como se lo muestra en la Figura 3.8



Fig. 3.8 Cableado de Transmisión de Fibra Óptica
Elaborado por: El Autor

- En cuanto al recorrido del cableado de energía se debe seguir la directriz dictaminada por la CNEL la cual junto a CNT EP deberá definir la ubicación del punto AC, tal como lo indica la Figura 3.9



Fig. 3.9 Cableado de Energía
Elaborado por: El Autor

- En cuanto a la configuración en términos de Red la Metrocelda deberá contar con los siguientes parámetros.
 - Frecuencia: Banda 4 (AWS).
 - Ancho de Banda Macro: 200MHz.
 - Ancho de Banda Metro: 10MHz
 - Método de Duplexing: FDD
 - Potencia MCO: 5W.
- Mientras que a nivel de cluster se constará de dos eNodo B, las cuales serán la MCO_C_MONTANITA (MCO LTE) y COW_C_MONTANITA

(MACRO CELL), tal como se lo muestra en la Figura 3.10. Mientras que para la configuración se deberá tomar en cuenta los parámetros reflejados en la Tabla 3.6.



Fig. 3.10 Cluster Montañita
Elaborado por: El Autor

Tabla 3.6. Configuración de los Cluster

enodeB	MACRO CELL	METRO CELL
DL	2120 MHz (2050)	2120 MHz (2050)
UL	1720 MHz (20050)	1720 MHz (20050)
BW	20 MHz	10 MHz
PCI	462, 463, 464	1

Elaborado por: El Autor

Capítulo 4: Resultados y Presupuesto

4.1. Resultados de la implementación de la MCO

Una vez que se simuló los cambios estipulados se volvió a realizar el drive test correspondiente, cabe indicar que en este nuevo test se volvió a proceder la medición en los parámetros geográficos establecidos, es decir, en las zonas de mayor auge durante los eventos acuáticos de Montañita, tal como se lo refleja en la Figura 4.1.

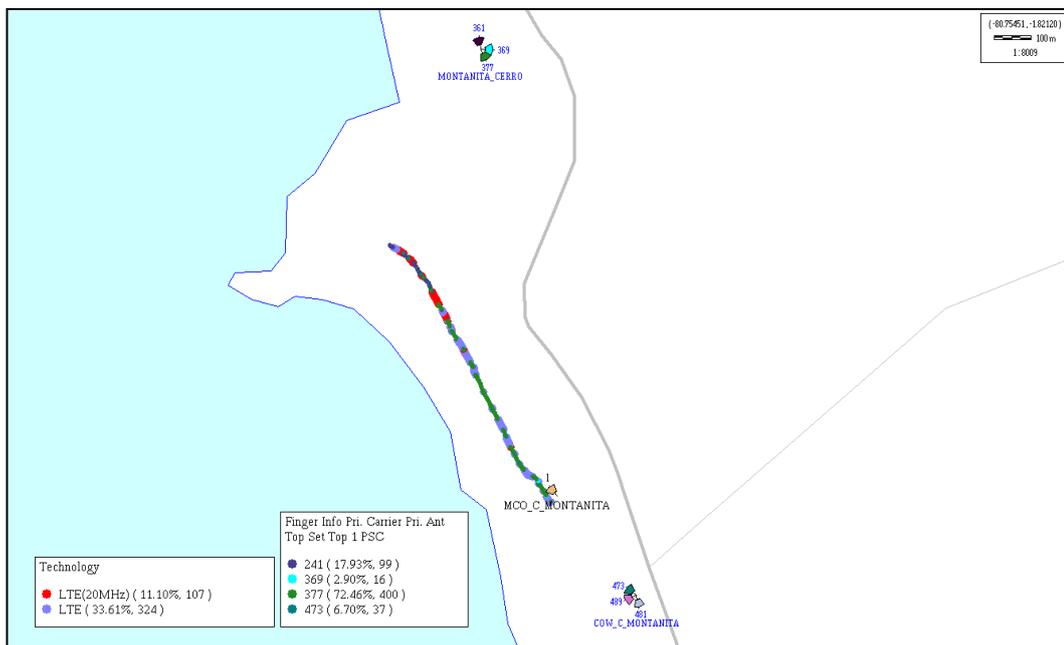


Fig. 4.1 Zona dónde se realizó el Drive Test en Montañita
Elaborado por: El Autor

A primera instancia se realizó una medición de ancho de banda en el CLUSTER inicial. Los resultados que indicó el drive test se los verá reflejado en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Driver Test de Subida y Bajada

Driver Test CLUSTER	RLC Layer DL Throughput Max. (Mbps)	RLC Layer DL Throughput Avg. (Mbps)
DT INICIAL	102.112 Mbps	47.202 Mbps

Elaborado por: El Autor

Partiendo de los resultados mostrados en la Tabla 4.1 y tomando en cuenta los valores de la Tabla 3.1 se puede deducir que la velocidad de ancho de banda ha mejorado notablemente gracias a la incorporación de la Metrocell Outdoor. Asimismo, se realizó un test de llamadas en dónde los resultados fueron enormemente gratificantes, ya que el porcentaje de accesibilidad y retenibilidad llegaron al 100% lo que implica que su efectividad en temas de llamadas fue excepcional, tal como se lo indica en la Tabla 4.2

Tabla 4.2. Test de LLamadas

Driver Test CLUSTER	Intentos de llamadas	Llamadas exitosas	Llamadas caídas	% Accesibilidad	% Retenibilidad
DT INICIAL	39	39	0	100%	100%

Elaborado por: El Autor

4.2. Determinación de Costos

4.2.1. Costos del equipamiento

A priori, se describen los valores aproximados de los equipos necesarios para la implementación de las celdas portátiles “Metro Cell Outdoor” en las zonas costaneras de Montañita. En la Tabla 4.3 se indican los costos de equipos de red utilizados en esta propuesta.

Tabla 4.3. Valores de Equipos de red (ebay, 2021)

Equipos de red				
Equipo	Modelo	Cantidad	Valor unitario	Precio total
<i>Antena</i>	XEA – 165-00-IP	1	367,50 USD	367,50 USD
<i>Metro Cell Outdoor</i>	9764	1	479,98 USD	479,98 USD
TOTAL \$				847,48 USD

Elaborado por: Autor

Del mismo modo se indica en la Tabla 4.4 los costos de los complementos de red necesarios para la implementación de la Metrocell Outdoor.

Tabla 4. 4. Valores de complementos de red

Equipos de comunicación inalámbrica			
Modelo	Cantidad	Valor unitario	Precio total
Feeder ½”	5 (M)	0,75 USD	3,75 USD
Patch Cord de Fibra Óptica Monomodo	5(M)	7,00 USD	35,00 USD
TOTAL \$			38.75 USD

Elaborado por: Autor

En la tabla 4.5 se refleja los precios de los equipos y suministros correlacionados a la alimentación eléctrica de los equipos.

Tabla 4. 5. Valores de equipos de alimentación eléctrica

Equipos para alimentación eléctrica			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Precio total
Cable Concéntrico AWG #10	4 * 10 (M)	4,43 USD	4,43 USD
Cable para puesta a Tierra	10 (M)	1,19 USD	11, 98 USD
		TOTAL \$	16,41 USD

Elaborado por: Autor

Y para finiquitar en la Tabla 4.6 se detallarán los suministros necesarios para el montaje de la Metrocell.

Tabla 4. 6. Suministros

Suministros			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Precio total
Amarras Metálicas	10	2,50 USD	25 USD
Placa Rigizadora	5	30 USD	150 USD
Funda BX	50 (M)	2, 01 USD	100, 25 USD
		TOTAL \$	175,25 USD

Elaborado por: Autor

4.2.2. Costo Total de la inversión

En la tabla 4.7 se señalará el costo total que se tendría invertir para la implementación de la Metrocell en el presente diseño. En este punto se encapsularán los valores de los equipos de red; los de alimentación eléctrica y los suministros necesarios para el montaje indicado.

Vale indicar que en caso de que se requiera implementar el proyecto, se tendría que agregar otro tipo de rubros, como es el caso de los sueldos de los trabajadores y pago para las cuadrillas de mantenimiento tanto preventivo como correctivo.

Tabla 4. 7. Valores de equipos de alimentación eléctrica

Descripción	Precio total
Costo de Equipos de red	847,48 USD
Costo en complementos de red	38.75 USD
Costos en equipos de alimentación eléctrica	16,41 USD
Costos en Suministros	175,25 USD
Total	1077.89 USD

Elaborado por: Autor

La inversión es de 1077.89 USD representaría al valor que se tendría que invertir en el montaje de las Metroceldas. Vale resaltar que estos valores se deberán ajustar de acuerdo a la cobertura que se desee lograr.

CONCLUSIONES

- Debido a la simulación en el Drive Test se comprobó que la Banda AWS tiene la capacidad de trabajar junto a las tecnologías HSPA y LTE sin mayor problema. Asimismo, se demostró que la calidad de voz y de datos es mucho más efectiva en comparación de la estructura que se encuentra aún vigente.
- Entre los conflictos que se pueden generar al momento de utilizar estos equipos es que se necesita que se cumplan ciertos parámetros específicos al momento de hacer las instalaciones necesarios y asimismo se tienen que contar con una logística adecuada para llevar a cabo el despliegue de esta propuesta.
- De acuerdo al planteamiento y a la propuesta diseñada y al posterior Drive Test se demostró una alza considerable tanto de subida como de bajada en el Speed test y de igual manera se probó que se la efectividad y retenibilidad de llamadas fue de un 100%.

RECOMENDACIONES

- Para futuros trabajos y posibles implementaciones se estima realizar pruebas piloto con varios escenarios reales, con la finalidad de corroborar que las soluciones y características de la Metro Cell 9764, sea la mejor y la más rentable frente a otras empresas.
- Se recomienda instalar la solución de metroceldas adecuada dependiendo del escenario, del ambiente y del tipo de carga de usuarios, a fin de aprovechar a cabalidad las Metro Celdas dispuesta.
- Gracias a la implementación de la Metroceldas las operadoras móviles tendrán soluciones a bajo costo, sus señales tendrán menores interferencias de RF y de Ruido y les permitirá ofrece una mayor escalabilidad y operatividad en sus servicios.

BIBLIOGRAFÍA

- 3GPP. (2012). *3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; User Equipment (UE) radio transmission and reception (FDD) (Release 11)*.
- Acosta, M. (2018). *Radiopropagación*. España: <http://docplayer.es/53321362-Tema-3-radiopropagacion.html>.
- Ahson, S., & Ilyas, M. (2008). *RFID handbook : applications, technology, security, and privacy*. CRC Press.
- Aire Ec. (abril de 2018). Obtenido de Aire Ecuador:
<https://www.aire.ec/producto/mikrotik/routeros/>
- Aire Ec. (abril de 2018). Obtenido de Aire Ecuador: <https://www.aire.ec/>
- Alegsa. (2019). *Definición de Red celular (o red móvil)*. Obtenido de Diccionario de Informática y Tecnología:
https://www.alegsa.com.ar/Dic/red_celular.php#:~:text=Una%20red%20celular%20o%20red%20m%C3%B3vil%20es%20una,sitios%20de%20celdas%20o%20estaciones%20base%20de%20transceptores.
- Amazon. (mayo de 2018). Obtenido de Amazon:
<https://www.amazon.com/TFT7600-KVM-Console-Us-Kit/dp/B0046M37JY>
- ARCOTEL. (2017). *Espectro Radioeléctrico*. Obtenido de ARCOTEL:
<https://www.arcotel.gob.ec/espectro-radioelectrico-2/>
- ARCOTEL. (2017). *Las nuevas generaciones de tecnologías móviles en Ecuador se presentaron en un conversatorio*. Obtenido de
<http://www.arcotel.gob.ec/las-nuevas-generaciones-de-tecnologias-moviles-en-ecuador-se-presentaron-en-un-conversatorio/>
- Asociación de empresas. (2015). *Topología*. España:
<http://www.aeprovi.org.ec/es/napec/topologia>.
- Aucapiña, L. (2020). *Qué es Arcotel y que funciones cumple*. Obtenido de
<https://es.scribd.com/document/470959727/QUE-ES-ARCOTEL-y-que-funciones-cumple>
- Barreno, D., Carrión, D., & Tenecora, I. (2016). Evolucion de la Tecnologia Movil camino a 5G. *CCCSS Contribuciones a las Ciencias Sociales*.

- Bernal, I. (2013). *Revisión de conceptos básicos de antenas y propagación*. Quito, Ecuador:
http://clusterfie.epn.edu.ec/ibernal/html/CURSOS/2008_Marzo_Sept/ComInalam/ClasesNuevas/AntenasTotal.pdf.
- Burneo, P., & Siguenza, P. (2013). *Evolución del sistema celular hacia UMTS*.
 Obtenido de researchgate: https://www.researchgate.net/profile/Patricio-Siguenza/publication/235649962_Evolucion_del_sistema_celular_hacia_UMTS/links/0912f51245fc96c915000000/Evolucion-del-sistema-celular-hacia-UMTS.pdf
- Caballero, D. (2014). *Bandas de Frecuencia GSM*. Obtenido de Scribd:
<https://es.scribd.com/doc/218633643/Bandas-de-Frecuencia-GSM>
- Castillo, E. (2018). *Diseño de una etiqueta pasiva sin chip para aplicaciones RFID en UWB*. Guayaquil: UCSG.
- Chambers, D. (2012). *Think Small Cell*. Obtenido de
<https://www.thinksmallcell.com/Metrocells/what-is-a-metrocell.html>
- Chandra Karmakar, N. (2010). *Handbook of smart antennas for RFID systems*. John Wiley & Sons.
- Chimal, E. (2015). *Zona de Fresnel*. Recuperado el 24 de 01 de 2019, de Zona de Fresnel: <http://emmamnuelhoyzonafresnel.blogspot.com/2015/06/zonade-fresnel-queelementos-se-deben.html>
- Claro. (2021). *Claro*. Obtenido de
<https://www.claro.com.ec/personas/institucional/quienes-somos/>
- Claro Cobertura. (2021). *Claro Srvicios- cobertura*. Obtenido de
<https://www.claro.com.ec/personas/servicios/servicios-moviles/cobertura/>
- CNT - Mapas. (2021). Obtenido de <https://gis.cnt.gob.ec/appgeportal/?u=-80.72629,-1.84580,13>
- CNT. (2021). *Institucional CNT*. Obtenido de <https://institucional.cnt.com.ec/la-cnt>
- Coelho, Fabián. (2020). *Significado de Metodología de la investigación*. Obtenido de Significados: <https://www.significados.com/metodologia-de-la-investigacion/#:~:text=Como%20metodolog%C3%ADa%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%20se%20denomina%20el,que%20se%20divide%20la%20realizaci%C3%B3n%20de%20un%20trabajo.>

- Coronado, T. (2015). *Conectividad móvil. Tecnologías 3G, 4G Wifi, y Bluetooth*. Recuperado el 24 de 01 de 2019, de Conectividad móvil. Tecnologías 3G, 4G Wifi, y Bluetooth:
<https://mastermoviles.gitbook.io/tecnologias2/conectividad-movil.-tecnologias-3g-4g-wifi-y-bluetooth>
- Costa, F., Genovesi, S., & Monorchio, A. (2013). A Chipless RFID Based on Multiresonant High-Impedance Surfaces. *IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES*, 61(1).
- D Link Corporation. (08 de 2018). Obtenido de IR611A1 Wireless N 300 Router User Manual Users Manual D Link Corporation:
<https://fccid.io/KA2IR611A1/User-Manual/Users-Manual-3033755>
- Data-Alliance. (2021). *Frecuencias LTE, GSM, WiMax y WiFi Estándares 802.11*. Obtenido de Data-Alliance: <https://es.data-alliance.net/lte-y-lte-a/>
- ebay. (2021). *ebay*. Obtenido de <https://www.ebay.com/itm/323792676098>
- Esopo. (2020). *Espectro Radioeléctrico*. Obtenido de Esopo:
<https://iie.fing.edu.uy/proyectos/esopo/espectro-radioelectrico/>
- Figuerola, D. (2015). *Arquitectura de redes, sistemas y servicios*. España:
https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/arss/arss09_10/slides/31y32-CSMA-CA.pdf.
- Ger, J. (11 de 2015). *Wordpress*. Recuperado el 24 de 01 de 2019, de Wordpress:
<https://metododemuestreoestratificado.wordpress.com/2014/11/24/estadistica-ii-muestreo-estratificado/>
- Googl-info. (2020). *googl-info*. Obtenido de <https://es.googl-info.com/about-us>
- GSMA. (2016). *La banda AWS se consolidó como 4G de capacidad para las ciudades*. Obtenido de GSMA Latin America:
<https://www.gsma.com/latinamerica/es/banda-aws-se-consolido-como-4g/>
- Heras, A., Ias, F., Gómez, C., Franco, M. E., & Marzábal, M. (2009).
- Hernando Rábanos, J. M. (2015). *Transmisión por Radio* (Sexta ed.). Madrid, España: Centro de Estudios Ramón Areces, S. A.
- Huillcañahui, M. (2013). *Muestreo Aleatorio Simple*. Perú:
<https://es.slideshare.net/milit/muestreo-aleatorio-simple>.
- IEEE Computer Society. (2013). *Std 802.11ac-2013. Amendment 4: Enhancements for Very High Throughput for Operation in Bands below 6 GHz*. New York, USA.

- IEEE Computer Society. (2014). *Amendment 5: Enhancements for Higher Throughput*. New York, USA.
- Internacional Centre For Theoretical Phycis. (2013). *Antenas y líneas de transmisión*. Venezuela:
http://www.eslared.org.ve/walc2012/material/track1/03-Antenas_y_Lineas_de_Transmision-es-v3.0-notes.pdf.
- Jimenez, G. (2019). *Bandas de Frecuencia LTE*.
- Jirasereeamornkol, J. W. (2005). Power Harvest Design for Semi-Passive UHF RFID Tag Using a Tunable Impedance Transformation. *9th Internatinal Symposium on Communications and Information Tech*, 1441-1445.
- Mercado Libre. (mayo de 2018). Obtenido de Mercado Libre Ecuador:
https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-415520964-ups-forza-atlas-3kva-on-line-fdc-003k-de-3000va-2400w-6toma-_JM
- mforum.ru. (2021). *Alcatel-Lucent 9364 Metro Cell Outdoor*. Obtenido de
<http://www.mforum.ru/news/article/101270.htm>
- Microtik. (abril de 2018). Obtenido de <https://mikrotik.com/products>
- Movistar - mapa de coberturas . (2021). Obtenido de
<https://www.movistar.com.ec/mapa-de-coberturas>
- Munk, B. A. (2000). *Frequency Selective Surfaces. Theory and Design*. John Wiley & Sons.
- Ochoa, C. (2015). *Muestreo Probabilístico y no Probalístico*. España:
<https://www.netquest.com/blog/es/blog/es/muestreo-probabilistico-o-no-probabilistico-ii>.
- OW. (s.f.). *XCV*. Obtenido de https://es.xcv.wiki/wiki/LTE_frequency_bands
- Palacios, H. (22 de 05 de 2017). *Econectia*. Recuperado el 24 de 01 de 2019, de Econectia: <https://www.econectia.com/blog/tipos-de-conexiones-a-internet-cual-te-conviene-mas>
- Pchmayoreo. (08 de 2018). Obtenido de Ficha técnica del DIR-611:
<http://fichastecnicas.pchmayoreo.com/RE-434513-1.pdf>
- Peña, & Gustavo. (22 de 08 de 2017). *Teoría de radiadores electromagnéticos*. Recuperado el 24 de 01 de 2019, de Teoría de radiadores electromagnéticos: <http://heml970609.blogspot.com/2017/08/antenas-conceptos.html>

- Pereira de Siqueira Campos, A. (2008). *Superfícies Seletivas em Frequência: análise e projeto*. IFRN.
- Pérez, C., Sáinz de la Maza, J., & Casanueva, A. (2014). *Sistema de telecomunicación*. Universidad de Cantabria, Santander, Cantabria, Cantabria-España.
- Preradovic, S., & Karmakar, N. C. (2012). *Multiresonator-Based Chipless RFID. Barcode of the future*. Springer.
- Quintero, G., & Sarmiento, L. (2013). *Análisis del patrón de radiación de una atena tipo parche de arreglo matricial de parches rectangulares*. Bolivia, United Kingdom: Universidad Pontificia Bolivariana:
https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1762/digital_22742.pdf?sequence=1.
- Rivas, D. (24 de 12 de 2014). *Tipos de Antenas Satelitales- circulares - Eliptico - Rectang*. Recuperado el 24 de 01 de 2019, de Tipos de Antenas Satelitales- circulares - Eliptico - Rectang: https://www.taringa.net/+info/tipos-de-antenas-satelitales-circular-eliptico-rectang_12vjmb
- Rivera, N. (2016). *Fuentes de información y técnicas de recopilación de datos*. Tiabaya, Perú: <https://slideplayer.es/slide/5624046/>.
- San José, J., Pastor, J., & García, A. (2012). RFID: La Identificación por Radiofrecuencia como futuro de la identificación de objetos. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/275020704>
- Sánchez Wevar, J. A. (2005). *Análisis y Estudio de Redes GPRS*. Valdivia.
- Sánchez, R. (2014). *ETIQUETA PASIVA DE RFID SIN CHIP PARA SENSADO DE MATERIALES*. Tesis en opción al grado de Maestro en Ciencias en la especialidad de Electrónica., Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica., Puebla. México.
- Santos, P. (2016). *Diseño de una antena tag RFID pasiva de orden cero (ZOR) en UHF con metamateriales*. Guayaquil: UCSG.
- SENATEL. (2018). Norma para la implementación y operación de sistemas de modulación digital de banda ancha, SENATEL.
- Tanenbaum, A. S. (2016). *Redes de computadoras* (Cuarta ed.). Amsterdam, Netherlands: Prentice Hall.
- Tapia, S. (2016). *Diseño de un enlace de Backup de alta capacidad en la red IP/MPLS de Telconet para la ciudad de Esmeraldas*. Quito, Ecuador:

- Pontificia Universidad Católica del Ecuador:
<http://docplayer.es/59498936-Pontificia-universidad-catolica-del-ecuador-facultad-de-ingenieria-maestria-en-redes-de-comunicacion.html>.
- Telecomunicaciones de Convergencia S.A. (2016). *airMAX UniFi air Vision*. México: <https://logismarketmx.cdnwm.com/ic/telecomunicaciones-de-convergencia-catalogo-de-productos-marca-ubiquiti-telecomunicaciones-de-convergencia-844271.pdf>.
- Teledrónica. (2006). *Introducción a la identificación por Radio Frecuencia-RFID*.
- Tomasi, W. (2015). *Sistemas de comunicaciones electrónicas* (Cuarta edición ed.). México: Prentice Hall.
- tuenti - mapa de cobertura. (2021). Obtenido de <https://www.tuenti.ec/mapa-de-cobertura-tuenti>
- Tuenti. (2021). *Tuenti*. Obtenido de <https://www.tuenti.ec/por-que-tuenti>
- Ubiquiti Networks. (abril de 2018). Obtenido de Ubnt: <https://www.ubnt.com/products/#default>
- Ubiquiti Networks. (04 de 2018). Obtenido de UBIQUITI: www.ubnt.com
- Ubiquiti Networks. (2018). Datasheet Rocket ac, Powerful airMax ac BaseStation, Model: R5AC-PTP.
- Ubiquiti Networks. (2018). Datasheet Rocket M, Powerful 2x2 MIMO airMAX BaseStation, Model: M5.
- Ubiquiti Networks. (2018). Quick Start Guide: 5 GHz 2x2 MIMO BaseStation Sector Antenna Model: AM-5G19-120.
- Ubiquiti Networks. (2018). Quick Start Guide: RocketDish ac, airMAX Carrier Class, 2x2 PtP Bridge Dish Antenna, Model: RD-5G31-AC.
- Ubiquiti Networks. (2018). Quick Start Guide: Rocket AC 5G Carrier Class, AirMax ac BaseStation, Model R5AC-Lite.
- UIT-R. (2010). *Mediciones de dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance. Informe UIT-R SM.2179 (Gestión del espectro)*.
- Universidad Internacional de Valencia. (s.f.). *Evolución de la red de comunicación móvil, del 1G al 5G*. 2018.
- Universidadviu. (2018). *¿Qué es GSM y cómo funciona?* Obtenido de Universidad Internacional de Valencia:

<https://www.universidadviu.com/es/actualidad/nuestros-expertos/que-es-gsm-y-como-funciona>

Universo Formúlas. (2019). *Universo Formúlas*. Recuperado el 24 de 01 de 2019, de Universo Formúlas:

<https://www.universoformulas.com/estadistica/inferencia/muestreo-sistemico/>

Vacas, F. (2007). *Telefonía móvil: la cuarta ventana*. Obtenido de

<https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/40945/3656-12720-1-PB.pdf?sequence=1>

Valdivieso, C., Valdivieso, R., & Valdivieso, Ó. (2015). *Determinación del tamaño muestral mediante el uso de árboles de decisión*. Bolivia:

Universidad Privada Boliviana:

<ftp://ftp.repec.org/opt/ReDIF/RePEc/iad/wpaper/0311.pdf>.

Villalpando, J. (2015). *Antenas*. Recuperado el 24 de 01 de 2019, de Antenas:

<http://www.iesromerovargas.es/recursos/elec/sol/est-antenas.htm>

Zambrano, D. (2016). *Análisis Comparativo Costo/Beneficios de servicios entre operadoras móviles de telefonía en Ecuador*. Obtenido de Repositorio

Universidad de Guayaquil :

<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/15703>

GLOSARIO

A

Arcotel.- Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.

AES- Advanced Encryption Standard.

ATM- (Asynchronous transfer mode) modo de transferencia asíncrona.

B

Backbone.-red troncal.

B- Factor climático.

BIND.- (Berkeley Internet Name Domain).

(BGPv4).-El protocolo de enrutamiento utilizado será el Gateway exterior versión cuatro

C

CNT.- Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

CDMA.-Acceso Múltiple por División en Código.

Cg.- Capacidad garantizada por usuario.

C. -Capacidad necesaria por cada nodo

CPE. - (*customer premise equipment*) local de cliente.

Conmutadores (switches).

Ce. - Capacidad efectiva de cada punto de acceso.

D

dBi . - Ganancia de antena en dB por encima de un radiador isotrópico.

DIY (*Do It Yourself*).-Conectores mal soldados.

DNS.- Servidor de nombres.

DTED.- (Digital Terrain Elevation Data).

E

Enrutadores (routers)

F

FDD.- División por Duplexación en Frecuencia.

FM .-Margen de seguridad por desvanecimiento.

FSL.-Pérdidas de propagación del medio.

FDMA.-Acceso Múltiple por División en Frecuencia.

F.- Factor de simultaneidad.

FTP.-El Protocolo de transferencia de archivos

G

G.711, G728 y G.729-Códec más usados para la digitalización de la voz.

GTOPO30.- (Global Topographic Data).

GCC (GNU Compiler Collection).

H

HD - Alta definición.

HTML5.- (HyperText Markup Language, versión 5).

I

IEEE 802.11n.- Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

ISP.- Proveedor de servicios de Internet.

INEC.-Instituto Nacional de Estadísticas y Censo.

IXP (Internet eXchange Point) punto de intercambio de tráfico de Internet.

ISM – (*Industrial, Scientific and Medical band*)-industriales, científicas y médicas.

IPv4- Protocolo de Internet versión 4.

IPv6.- Protocolo de Internet versión 6.

K

KVM. - (*Keyboard, Video & Mouse*).

L

LAN.- Red de Área Local.

LOS.- línea de visión (*line of sight*)

Longley-Rice - Modelo de predicción troposférica.

M

MIMO.- Múltiple entrada múltiple salida.

MIMO NxM.- N antenas transmisoras y M antenas receptoras.

N

NAP- (Network Access Point).

N.- Número máximo de abonados potenciales por nodo.

O

OFDMA.-Acceso Múltiple por División en Frecuencias Ortogonales.

OSI.- (Open System Interconnection) interconexión de sistemas abiertos.

P

PtP - sistemas inalámbricos Punto a Punto.

PtMP- sistemas inalámbricos Punto Multipunto.

PPPoE (Point-to-Point Protocol over Ethernet o Protocolo Punto a Punto sobre Ethernet).

POP3.- (Post Office Protocol) Protocolo de Oficina Postal.

R

ROE.- Onda estacionaria.

R- Disponibilidad del sistema.

S

S (*scattering*).se relaciona mucho con el de reflexion.

SAR.- (*Specific Absorption Ratio*).Absorción específica de radio.

SNR. - Relación señal a ruido.

SNMP.-Protocolo simple de administración de red.

Streaming.- se refiere a todo contenido de internet transmitido en tiempo real.

SUPERTEL.-Superintendencia de Telecomunicaciones de Ecuador.

SRTM (Shuttle Radar Topography Mission).

SMTP.- (*Simple Mail Transfer Protocol*,).Protocolo Simple de Transferencia de Correo.

SSL .- (Secure Sockets Layer).

SSH.- (*secure shell*).

T

TDMA.- Acceso múltiple por división de tiempo.

TCP/IP.- **Protocolo** de control de transmisión/**Protocolo** de Internet.

TDD.-División por Duplexación en Tiempo.

Three-way calling.-servicio de transferencia de llamadas; repetir llamada; devolver llamada: llamada de tres líneas.

U

UIT.- Unión Internacional de Telecomunicaciones.

UDP.- (User Datagram Protocol) protocolo de datagramas de usuario.

V

VoIP.- Voz por protocolo de internet.

VLANs.- (virtual LAN) red de área local virtual.

W

WLANs.- red de área local inalámbrica.

Web.- Red, telaraña o malla.

WiFi. - (*Wireless Fidelity*) fidelidad inalámbrica).

WPA2- (Wi-Fi Protected Access 2) - Acceso Wi-Fi protegido 2.

3G.- Tercera generación de transmisión de voz y datos.

4G.- Cuarta generación de tecnologías de telefonía móvil.

3T3R.- (3 antenas para transmisión, 3 antenas para recepción).

3T2R.- (3 antenas para transmisión, 2 antenas para recepción).

2D.- Dos dimensiones.

3D.- Tridimensional.



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Cristian Luis Albán Morales**, con C.C: # **0923226062** autor del trabajo de titulación: **Diseño basado en el uso de celdas portátiles “Metro Cell Outdoor” en la Banda 4 (AWS) e integración a la red macro 3G y LTE existentes, para mejoramiento de cobertura en el sector de eventos acuáticos de Montañita**, previo a la obtención del título de **Magíster en Telecomunicaciones** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, a los 29 días del mes de junio de 2020

f. _____

Nombre: **Cristian Luis Albán Morales**

C.C: 0923226062



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN		
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Diseño basado en el uso de celdas portátiles "Metro Cell Outdoor" en la Banda 4 (AWS) e integración a la red macro 3G y LTE existentes, para mejoramiento de cobertura en el sector de eventos acuáticos de Montañita	
AUTOR(ES)	Cristian Luis Albán Morales	
REVISOR(ES)/TUTOR	MSc. Edgar Quezada Calle; MSc. Luis Córdova Rivadeneira / MSc. Manuel Romero Paz	
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica Santiago de Guayaquil	
FACULTAD:	Sistema de Posgrado	
PROGRAMA:	Maestría en Telecomunicaciones	
TITULO OBTENIDO:	Magister en Telecomunicaciones	
FECHA DE PUBLICACIÓN:	Guayaquil, 22 de octubre de 2021	No. DE PÁGINAS: 68
ÁREAS TEMÁTICAS:	Espectro Radio Eléctrico, Bandas de Radiofrecuencia, Telefonía Móvil, Metro Cell, Banda de Frecuencia GSM, Banda 4 de AWS	
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	LTE, Banda 4, AWS, 3G, e-nodoB, MCO	
RESUMEN/ABSTRACT:	El presente proyecto, explica y define la solución LTE en la banda 4 (AWS) por medio de la integración a la red macro 3G y LTE existente y demuestra la interoperabilidad con la red 3G (CSFB, iRAT PS HO) y LTE AWS (PS HO). Mediante este estudio se pretende presentar una propuesta para mejorar el despliegue de la red LTE, para evaluar el desempeño de la solución en ambientes rurales y urbanos, donde existen huecos de cobertura, ya que aumenta la disponibilidad de conectividad con una mayor calidad de servicio en voz y datos. La misma cuenta con una macro celda que sirvió para pruebas de interoperabilidad entre equipamientos a utilizar, esta es la Metro Cell Outdoor (MCO). Y de esta manera nombrar sus principales características, velocidades, arquitecturas, con el objetivo de prestar los mejores servicios.	
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-983049021	E-mail: cristian_alban10@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Romero Paz Manuel de Jesús	
	Teléfono: +593-994606932	
	E-mail: manuel.romero@cu.ucsg.edu.ec	
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA		
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):		
Nº. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		