



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

ESCUELA DE POSGRADOS “ESPOG”

MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES MENCIÓN: GESTIÓN EN TELECOMUNICACIONES

RPC-SE-01-No.016-2020

PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGISTER

Título del proyecto:

Análisis y diseño de una red 5G para la interconexión de varias áreas operativas en una terminal aeroportuaria

Línea de Investigación:

Telecomunicaciones y Sistemas Informáticos aplicados a la producción y la sociedad

Campo amplio de conocimiento:

Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)

Autor:

Iván Vladislavo Beltrán Rosero

Tutor:

Ph.D: Fidel David Parra Balza

Quito – Ecuador

2021

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, Fidel David Parra Balza con C.I: 1757469950 en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: Diseño y análisis de una red 5G para una terminal aeroportuaria.

Elaborado por: **Iván Vladislavo Beltrán Rosero**, de C.I: **171388516-6**, estudiante de la Maestría: Telecomunicaciones, mención: Gestión en Telecomunicaciones mediado por TIC de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., septiembre de 2021

Firma

Tabla de contenidos

| | |
|--|----|
| APROBACIÓN DEL TUTOR..... | 2 |
| INFORMACIÓN GENERAL | 7 |
| Contextualización del tema..... | 7 |
| Pregunta Problémica..... | 7 |
| Objetivo general..... | 7 |
| Objetivos específicos..... | 7 |
| Beneficiarios directos..... | 8 |
| CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO | 9 |
| 1.1 Contextualización de fundamentos teóricos | 9 |
| 1.2 Problema a resolver | 11 |
| 1.3 Proceso de investigación..... | 11 |
| 1.4 Vinculación con la sociedad | 12 |
| 1.5 Indicadores de resultados | 12 |
| CAPÍTULO II: PROPUESTA..... | 13 |
| 2.1. Fundamentos teóricos aplicados | 13 |
| 2.1.1 Redes 3G, 4G avanzado / pro, 5G..... | 13 |
| 2.1.2 El espectro radioeléctrico en 5G | 18 |
| 2.1.3 El espectro y su relación con la capacidad | 21 |
| 2.1.4 MIMO (Multiple Inputs – Multiple Outputs)..... | 22 |
| 2.1.5 Beamforming..... | 25 |
| 2.1.5 Marco regulatorio para la aplicación de 5G en Ecuador..... | 26 |
| 2.2. Descripción de la propuesta..... | 29 |
| 2.2.1 Consideraciones de una terminal aeroportuaria | 30 |
| 2.2.1.1 Áreas operativas en una terminal aeroportuaria..... | 30 |
| 2.2.2 Características nodo principal CNT (backhaul)..... | 31 |
| 2.2.3 Topología del nodo principal CNT (backhaul) | 32 |
| 2.2.4 Equipos existentes..... | 34 |

| | |
|---|----|
| 2.2.5 Cableado..... | 35 |
| 2.2.6 Distribución recursos red 5G..... | 36 |
| 2.2.7 Femtoceldas | 37 |
| 2.2.7 Capacidad de transmisión | 38 |
| 2.2.8 Áreas de cobertura del servicio..... | 40 |
| 2.2.8 Simulación de algunos parámetros..... | 40 |
| 2.3. Matriz de articulación..... | 45 |
| CONCLUSIONES | 46 |
| RECOMENDACIONES | 47 |
| Bibliografía | 48 |
| ANEXOS | 49 |
| GLOSARIO | 52 |

Índice de tablas

| | |
|--------------|----|
| Tabla 1..... | 13 |
| Tabla 2..... | 21 |
| Tabla 3..... | 32 |

Índice de figuras

| | |
|-----------------|----|
| Figura 1..... | 19 |
| Figura 2..... | 19 |
| Figura 3..... | 21 |
| Figura 4..... | 22 |
| Figura 5..... | 22 |
| Figura 6..... | 24 |
| Figura 7..... | 25 |
| Figura 8.1..... | 26 |
| Figura 9..... | 27 |
| Figura 10..... | 28 |
| Figura 11..... | 29 |
| Figura 12..... | 31 |
| Figura 13..... | 32 |
| Figura 14..... | 33 |
| Figura 15..... | 34 |
| Figura 16..... | 34 |
| Figura 17..... | 35 |
| Figura 18..... | 35 |
| Figura 19..... | 36 |
| Figura 20..... | 37 |
| Figura 21..... | 38 |
| Figura 22..... | 38 |
| Figura 23..... | 39 |
| Figura 24..... | 39 |
| Figura 25..... | 40 |
| Figura 26..... | 41 |

| | |
|----------------|----|
| Figura 27..... | 42 |
| Figura 28..... | 42 |
| Figura 29..... | 43 |
| Figura 30..... | 43 |
| Figura 31..... | 44 |
| Figura 32..... | 44 |

INFORMACIÓN GENERAL

Contextualización del tema

La entrada de la quinta generación de redes móviles (5-G) a la industria impulsará la inteligencia artificial, la eficiencia operativa, mejorará la calidad aeroportuaria, entre otros grandes cambios que abarcan a las aerolíneas, pasajeros y terminales. La tecnología 5-G mejorará nuestro funcionamiento de aplicaciones en los aeropuertos para las comunicaciones con las aeronaves, operaciones diarias aeroportuarias, manejo de equipaje, administración de carga y también, facilidades con el tránsito de pasajeros. Esta tecnología impactará en todas las áreas. La primera de ellas es que la conectividad será más fluida y flexible, ya que las nuevas redes permitirán flujos de datos masivos, que mejorarán las operaciones globales en la movilidad y en sí, optimización de tiempo entrelazados entre todos los actores de la industria.

Por otro lado la Inteligencia Artificial conectada a la red 5-G, resolverá algunos principales puntos frágiles en los aeropuertos y las fronteras, esto debido a que los nuevos procesos se escasearán consecutivamente las puertas de las áreas de embarque, movimiento sospechosos de pasajeros incluidos aprenderá de ellos y predecirá los problemas con equipaje, entre otros.

Al impulsar la eficiencia, se incrementarán los ingresos auxiliares y se reducirán los costos; de igual modo se controlará la red y calidad Wi-Fi, se producirán más capacidades de gestión de interrupciones, y así da paso a una realidad aumentada con servicios móviles individualizados.

Pregunta Problemática

¿De qué manera es viable y factible el diseño y análisis de una red de quinta generación 5G que permita solventar problemas operativos en una terminal aérea?

Objetivo general

Analizar una red de quinta generación (5G) para la interconexión de las áreas operativas de una terminal aeroportuaria.

Objetivos específicos

- Contextualizar los fundamentos teóricos sobre redes 5-G
- Determinar los elementos pasivos y activos que se necesitaran para el desarrollo de las redes 5 G y su base de infraestructura para futuras redes 6-G.
- Diseñar el sistema de interfaces y elementos de procesamiento y visualización de la información de la red en sus diferentes áreas.
- Valorar a través del criterio de especialistas del sector de las telecomunicaciones la red 5-G y su diseño respectivo.

Beneficiarios directos

Este análisis será un aporte técnico para los pasajeros aéreos en general, las empresas proveedoras de servicios y de transporte, entidades gubernamentales y de regulación y todo personal y trabajadores que estén vinculadas con las varias áreas operativas en una terminal aeroportuaria.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 Contextualización de fundamentos teóricos

Actualmente, es muy importante, el valor agregado de las tecnologías de la información y la comunicación, es lo que circula por ellas, y esto se fundamenta en la integridad de los datos. Su alusión en la comunidad y en todos los aspectos de nuestras vidas cotidianas se dirige hacia la simplicidad, desde las infraestructuras, al registro de los distintos canales y el ámbito de exportación de datos o la cotización que estos suponen. Las posibilidades que brindarán las redes 5-G, esencialmente para favorecer el Internet de las Cosas (IoT IoT) con miles de millones de dispositivos conectados, ha hecho de esta técnica, una herramienta única de los campos de las ciencias en los que se está definiendo la superioridad en los aspectos económicos, de educación, estatales, militares, etc.

La tecnología 5-G es más que un nuevo adelanto tecnológico para futuras redes. La normativa en las redes móviles 5G entregará en balance con las tecnologías, UTMS, LTE (*Long Term Evolution*) y *LTE-Advanced* (redes 4-G), un desarrollo para las redes móviles más fuerte que sus predecesoras. Esto es el fundamento para la escalabilidad, ya que con el Internet de las cosas, demostrará varios desafíos digitalmente hablando para las industrias y para los gobiernos.

Con una red móvil con un ancho de banda mucho más alta, así como la transferencia de datos entre la Nodo y el terminal conectado, la trasmisión será mucho más rápida que la con la red 4G LTE. En sumatoria con la Computación de Borde, que aportará disminución de los equipos físicos, también aportará una nítida respuesta de los tiempos (ms), esto ayudará, principalmente para las aplicaciones en las que la latencia es un punto sensible como lo son los medios de transporte automáticos y futuramente, en la automatización de procesos con maquinaria.

Detrás del concepto de redes 5-G, no solo hay un protocolo inalámbrico rápido. El estándar de comunicaciones móviles del futuro también ofrece, en comparación con el LTE, una nueva funcionalidad inteligente en la red móvil. Las redes 5-G es un ecosistema completo compuesto por numerosos componentes. (Einhaus, 2019)

La tecnología 5-G implantará ventajas en la infraestructura de la red. La nueva red de radio 5G, utilizará algunos segmentos del espectro radioeléctrico que las redes móviles 4G no utilizan. Con nuevas antenas tendrán tecnología relacionada a *massive MIMO* (entrada múltiple, salida múltiple de forma masiva), lo que admite que varios transmisores y receptores transmitan más información en similar tiempo. La tecnología 5G no limita al espectro y está planteada para permitir una red multifuncional que reúne varias técnicas inalámbricas. Esto sumará ancho de banda de manera significativa hacia los terminales y a los usuarios finales.

La infraestructura para las redes 5-G será definida por procedimientos computacionales, donde las funciones de la red se administren mediante software en vez de ejecutarlo mediante hardware. La virtualización de los servicios y procesos, facilitarán a través de las tecnologías basadas eCloud y la automatización de algunos procesos con TI y partes comerciales y así permitir que la arquitectura 5-G sea flexible y ofrezca vía directa al usuario en cualquier instante y sitio. Las redes basadas en 5-G van a crear conductos de subred establecidos mediante software, nombrados como segmentos de la red. Los segmentos facilitan a los administradores de red determinar las funciones de la red necesita en respuesta a los dispositivos y los usuarios finales.

Las redes 5-G también mejoran las prácticas digitales gracias a la sistematización con instrucción automática (*Machine Learning* -ML-). La respuesta con demanda de tiempos de milésimas de segundo necesita que todas las redes 5-G sigan al procesamiento de datos con ML y seguidamente, vayan profundizando hacia la función de la inteligencia artificial (IA). El abastecimiento automatizado y la gestión proactiva del tráfico de datos con los servicios bajarán los precios en infraestructuras y optimará las experiencias a todos la red interconectada.

Toda investigación previa requiere de una revisión exhaustiva de trabajos anteriores con la variable en estudio, en este caso una red 5G para la interconexión de las áreas operativas de una terminal aeroportuaria. Entre los trabajos que se revisaron para constatar la existencia de trabajos previos relacionados con la variante de estudio, los que se encuentran:

“Análisis y evaluación de receptor de alta frecuencia para su utilización en redes integradas de quinta generación (5G)” (Balseca, 2019), cual objetivo fue: “Analizar los resultados de la simulación del diseño del receptor de alta frecuencia” donde utilizo la comparación de varias características de las antenas y a llegó a la conclusión de utilizar en un futuro próximo las antenas de 28 GHz a 38 GHz. El método que utilizó para resolverlo fue la simulación en un software especializado denominado *CST Microwave Studio* donde comparó varios resultados, a lo que la llevó, con sus conclusiones más relevantes para las antenas de 28 GHz a 38 GHz, donde aportó en mi investigación propia, para seleccionar el mejor segmento del espectro radioeléctrico en el Ecuador en balance en la región para Latinoamérica.

“Desarrollo de antenas miniatura UWB con aplicación en sistemas de comunicaciones móviles 5G” (Medina, 2019), con su objetivo: “Diseñar antenas que logren satisfacer las características de ancho de banda, impedancia, ganancia, ancho del haz, eficiencia, peso y tamaño requerido” donde utilizó para la resolución de su objetivo, programas de simulación obteniendo varias características llegando a la conclusión que las de mejores son: T asimétrica, parche circular y parche cuadrado, donde este estudio

aportó en mi investigación propia, para seleccionar la mejor propuesta de antena por su modelo compacto.

“Antenas para dispositivos móviles 5G e IoT” (Gualda, 2019), con su objetivo: “diseño de antenas con buena adaptación, sintonizables y fáciles de implementar en placas de circuito impreso” donde se utilizó para cumplir con su objetivo, aplicó la simulación para posteriormente concluir que basándose en las placas impresas serán más económicas las antenas, las que compondrán los diversos dispositivos. El aporte de esta investigación para mi trabajo escrito, es la confirmación del segmento del espectro radioeléctrico que se debe enfocar los diseños que se implementen en el Ecuador en mediano plazo.

“Estudio de prospectiva en el uso de la tecnología 5g en Colombia al 2025” (Puerto, 2017), tuvo como uno de sus objetivos: “analizar la tecnología 5G por medio de la metodología de prospectiva tecnológica, sobre la capacidad de operación, el uso de las instalaciones actuales y el acceso” donde para llegar a sus conclusiones de estudio, utilizó la comparación de las diversas infraestructuras existentes. Como aporte para mi trabajo de titulación, se observó la utilización de la infraestructura, su mejora y la adición de nuevos módulos y sus extensiones y así enfocarse en los países vecinos como es Ecuador.

1.2 Problema a resolver

Los tres problemas más visibles a resolver con la existencia de una red 5-G son:

- La disponibilidad de una red inalámbrica de alta velocidad constante y mejorada, casi 20 veces mayor a su predecesora la red 4-G LTE. Esto se verá reflejado en la transferencia y *streaming* de archivos (en la categoría que sea).
- La durabilidad de las baterías para los dispositivos móviles. Para todos los procesos requeridos, los fabricantes de baterías ya están proyectando mayor conservación de energía en un 50% en tiempo diario frente a terminales actuales.
- La cobertura con la red 5-G permite con su infraestructura que más terminales finales estén interconectados al mismo momento. Esto pone finalización a las desventajas en la cobertura: como realización de eventos masivos, como los son: conciertos, concentración de personas por situaciones de emergencia o acontece en momentos puntuales, como fin de año, actividades deportivas, presentaciones religiosas, reuniones políticas y otras festividades.

1.3 Proceso de investigación

El presente trabajo ha realizado las siguientes actividades para el cumplimiento de los objetivos planteados:

- Se realizó una investigación documental de fuentes secundarias actualizadas,, tales como artículos científicos, libros, normativas y otros trabajo actualizados sobre los fundamentos teóricos sobre redes 5-G
- Se realizó un análisis para determinar cuáles son los equipos tanto pasivos como activos que se necesitarán para el desarrollo de las redes 5 G y que servirán como base para el desarrollo de la infraestructura en futuras redes 6-G.
- Se realizó la valoración a través del criterio de especialistas del sector de las telecomunicaciones la red 5-G y su diseño respectivo.

1.4 Vinculación con la sociedad

El presente trabajo es un aporte para los usuarios en general de las distintas áreas operativas las terminales aéreas, tanto para actividades de utilización para transporte, comercio interno, operaciones, seguridad y control de la misma, en donde tanto las instituciones públicas o privadas, pueden ser los actores para el desarrollo de este tipo de medios tecnológicos. Las autoridades ecuatorianas, por medio del Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información y Arcotel participarán en la verificación y regulación de los estándares diseñados y analizados en este estudio de las redes 5-G.

1.5 Indicadores de resultados

| | |
|-----------------------------------|---|
| Tiempo latencia | Los tiempos respuesta que operarán las nueva red 5G serán menores a los 1 mS para cada dispositivo |
| Numero de dispositivos conectados | Alcanzaran más de los 10000 usuarios o dispositivos finales conectados de manera simultánea a las radio bases |
| Ancho de banda para los usuarios | Desde los 500 Mbps hasta los 1000 Mbps se tendrá de disponibilidad de ancho de banda a los usuarios finales |

CAPÍTULO II: PROPUESTA

2.1. Fundamentos teóricos aplicados

2.1.1 Redes 3G, 4G avanzado / pro, 5G

Hace algunos años, las redes móviles se diseñaron para un uso: voz, comunicaciones. Antes de la llegada del teléfono inteligente, no había muchas razones para pensar que los teléfonos móviles necesitarían servicios de datos. Los primeros servicios de datos móviles eran tan lentos y carecieron de capacidad e hicieron que el acceso masivo a Internet por conexión dial up, que ahora resulta solo un mal recuerdo.

Una vez que los operadores de telefonía móvil se dieron cuenta de que podría haber un mercado de datos móviles, servicios de datos 2G (segunda generación) fueron desarrollados. Sin embargo, en realidad, 2G no se podía utilizar para muchos propósitos prácticos. Se necesitó el desarrollo de 3G y tecnologías posteriores como 4G LTE antes de que los datos inalámbricos se convirtieran en una aplicación práctica, confiable y utilizable. Las redes 5G, por supuesto, es el siguiente paso en la evolución de la red inalámbrica moderna. En la tabla 1 se muestra la evolución de estas generaciones de tecnologías. Las siguientes secciones proporcionan detalles adicionales sobre la progresión a través de las generaciones.

Tabla 1

Evolución de las generaciones de datos móviles

| Fase | 3G | 4G LTE | 4G LTE AVANZADA | 4G LTE PRO AVANZADA | 5G |
|---|----------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|---|
| Definición de Normativa | 2000's | 2010 | 2011-2014 | 2017 | 2018+ |
| Velocidades pico de datos | 2 Mbps | 150 Mbps | < 1 Gbps | > 1 Gbps | > 2 Gbps |
| Agregado por portadores | | | ✗ | ✗ | ✗ |
| MIMO Avanzado | | | ✗ | ✗ | ✗ |
| MIMO Masivo | | | | ✗ | ✗ |
| 256 QAM | | | ✗ | ✗ | ✗ |
| Cat M y NB IoT | | | | ✗ | |
| Nuevo Radio 5G | | | | | ✗ |
| Necesidades de Red | Baja velocidad de datos | Altas velocidades | Altas velocidades | Altas velocidades, alta capacidad | Flexibilidad de la red, confiabilidad, latencia |
| Introducción de nuevos servicios | Voz, email, web, ubicación | Transmisión de audio | Transmisión de video | Video HD | Realidad virtual y aumentada, Inteligencia artificial |

Nota: Comparativo de las generaciones de tecnologías

La red 3G

Los primeros teléfonos inteligentes modernos aparecieron alrededor del año 2006 (aproximadamente un año antes de que se presentara el iPhone de la empresa Apple). Los usuarios pronto se dieron cuenta de que un teléfono inteligente podía hacer muchas cosas maravillosas, pero que muchas funciones útiles, como acceder a la Internet, requiere un acceso inalámbrico a datos más rápido. Esta realización impulsó la demanda de mejores servicios de datos y los fabricantes y los operadores respondieron con dispositivos y redes (tercera generación).

Desarrollar nuevas generaciones de dispositivos de red inalámbrica y sus servicios requiere años de trabajo y pruebas. Empresas como líderes en el sector como Sprint, están trabajando en las redes 5G varios años antes del servicio esté disponible, cada una de las generaciones anteriores estaba en desarrollo durante bastante tiempo antes de que estuviera listo para el uso diarios para los consumidores. Aproximadamente a 2 Mbps (megabits por segundo), 3G no era exactamente banda ancha, pero sin duda superó la era de acceso telefónico existentes velocidades que estaban disponibles anteriormente.

Con dispositivos y servicios para la red 3G, los dispositivos móviles ahora pueden proporcionar voz, correo electrónico, web servicios de navegación y ubicación que antes no eran prácticos. Las velocidades de red inalámbrica normalmente se cotizan como el máximo rendimiento teórico que puede ocurrir en condiciones óptimas. En el mundo real, puede esperar ver menores velocidades reales, pero probablemente verá ganancias que se ajustan bastante bien a las proporciones entre los rendimientos teóricos de los diferentes estándares. Por supuesto, necesitará dispositivos compatibles con los estándares más nuevos para aprovechar es rendimiento adicional. Además, si se encuentra en un área con una señal menos que óptima, puede encontrar que su velocidad se reduce o incluso se degrada para usar una generación anterior a la red.

4G LTE

Con la creciente popularidad de los teléfonos inteligentes, los operadores se dieron cuenta que existía demanda de comunicaciones inalámbricas de mayor velocidad para los servicios. En 2010, se introdujo 4G LTE para cumplir con esta demanda.

La evolución a largo plazo (LTE, Long-Term Evolution) es un estándar que se desarrolló para comunicaciones inalámbricas de alta velocidad y fue la primera para utilizar la multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM), que redujo la interferencia y mejoró la confiabilidad de la señal. LTE simplificó la arquitectura de la red utilizando un sistema de protocolo IP. LTE es incompatible con las redes 2G y 3G, por lo que requiere un espectro de radio independiente y compatible con dispositivos LTE.

Ofreciendo hasta 150 Mbps, Las redes 4G LTE era mucho más rápido que 3G, por lo que los abonados pudieron transmitir audio y utilizar otros elementos servicios dinámicos. Esta capacidad significó que la transmisión de audio y los podcasts se volvieron prácticos para los usuarios de dispositivos móviles.

4G LTE avanzado

Los estándares para 4G LTE avanzado se introdujeron en 2011. Esta nueva forma de 4G LTE no solo aumentaría la capacidad sino también admite velocidades de hasta 300 Mbps, por lo que los usuarios pueden transmitir video de fuentes como YouTube. El mundo de los videos nunca ha sido el mismo, desde este portal de videos. Varias nuevas tecnologías también fueron agregadas al estándar en 2013, lo que aumentaría el pico de velocidades significativamente a hacia el 1Gbps. Las fechas reflejan cuándo se definieron los estándares.

Muchas de estas tecnologías recién ahora se están implementando en redes inalámbricas como, así como las últimas versiones de teléfonos inteligentes y dispositivos. Las redes 4G LTE avanzadas utilizan la agregación de portadoras, una técnica de múltiples frecuencias combinadas y múltiples entradas múltiples salidas (MIMO) características. Efectivamente, 4G LTE avanzado habilita datos para viajar en múltiples canales al mismo tiempo para un mayor rendimiento.

4G LTE avanzada Pro

La tecnología continúa avanzando todo el tiempo, por lo que para 2017 la gente ya no estaba satisfecha con solo ver videos en calidad estándar en YouTube. Ahora querían que esos videos estuvieran en alta definición (HD). Se convirtieron en algo importante con la evolución del uso del video y la introducción de ilimitados planes de datos (por parte de las operadoras celulares) que exigen cada vez más a las redes inalámbricas, las nuevas formas de aumentar la capacidad en la red.

Se introdujo una nueva tecnología llamada Full Dimension Massive MIMO en el estándar LTE Advanced Pro en 2017. Verá a Sprint implementando esta tecnología en 2018. Además de introducir nueva tecnología para aumentar la capacidad, LTE Advanced Pro introdujo nuevos estándares para baja velocidad, capacidades de red de baja potencia y dispositivos utilizados en Internet de las cosas (IoT).

La red 5G

La industria de las telecomunicaciones sigue mirando hacia el futuro a medida que los usos y la demanda de datos móviles siguen en aumento. Las redes móviles 5G, que comenzaron en el año 2019 y continúan en crecimiento durante estos años, están diseñadas para proporcionar velocidades superiores a 2 Gbps al tiempo que ofrece capacidad, escala, latencia y confiabilidad mejoradas. La

latencia es el retraso o demora entre el momento en que se envían los datos y cuando se recibe. Como símil, los jugadores en un partido, a menudo se quejan de la demora (latencia) porque en un juego de ritmo rápido, cualquier retraso entre cuando intentas realizar una acción y cuando la acción realmente ocurre puede significar la diferencia entre ganar y perder. Sin embargo, la latencia no es un problema solo para los jugadores.

Las aplicaciones de realidad aumentada y de realidad virtual, requieren una latencia muy baja para evitar retrasos que provocarían distorsión en presentación de imágenes, que es el producto final. Pero la baja latencia se vuelve absolutamente esencial para el control crítico en determinadas situaciones como en los vehículos autónomos. Como fue en los casos anteriores en el camino hacia una red de datos móviles, 5G requerirá nuevo hardware en la red y nivel de dispositivo que sea compatible con normas 5G New Radio (NR). Planificación de nuevas capacidades y la disponibilidad de actualización para que pueda aprovechar todas las ventajas de 5G presenta.

Los sistemas de comunicaciones móviles existentes dan una alta calidad con altas velocidad de transmisión de información, pero en tanto, la eficacia cambia principalmente en las áreas que se debe dar cobertura. Aquí las velocidades tx/rx con los datos alcanzados pueden ser en principio bajas para los usuarios que están lejos de la radio bases o en sitios con interiores, el acceso con la tecnología 5-G llegará de manera más robusta, sin importar la ubicación del usuario final, aquí la importancia de un muy baja latencia en el conjunto de los sistemas.

Con el acceso hacia las redes 5-G, se orienta a dos puntos principales en la estructura básica como son, el espectro electromagnético y el recurso de la redes (su estatus). El espectro electromagnético es un recurso finito en la industria de las telecomunicaciones, así las redes 5G necesitan anchos de banda mejorados, porque necesitan apalancar un sistema interconectado con alta capacidad con su respectivo crecimiento hacia otros segmentos empresariales y de entretenimiento. Se utilizarán segmentos de los grupos de las frecuencias portadoras menores a los 6 GHz para la oportuna migración de servicios existentes hacia las redes 5G, (a futuro con mira a los segmentos medios y altos de las frecuencias habilitadas del espectro).

Se considerar los nuevos segmentos de las frecuencias para los nuevos servicios, así también analizar periódicamente y estudiar de las características para su fácil o adecuada regulación en los países de la región, las características de su espectro, utilizarlas de modo eficiente. No obstante la utilización de los segmentos espectrales para redes 5G no deberán limitarse a bandas de frecuencias definitivas, con una licitación bien proyectada con detalles que se tomen con visión a futuro, se conseguirá una base equilibrada y complementaria, consiguiendo eficiencia y eficacia en la infraestructura, costos de inversión y generando un beneficio de retorno, cumpliendo con parte o la

totalidad de las expectativas de los usuarios y la comunidad. Las nuevas necesidades de grandes cantidades de datos para ciertas funciones a distancias más largas serán parte del criterio y bases de los diseños de infraestructura (siendo una característica de las bandas bajas).

La quinta generación (5G) de la red móvil, será la siguiente generación de tecnología celular. Se introducirá durante estos años y aún más allá. Vendrá con mayor velocidad, cobertura y capacidad de respuesta. En el mundo actual que no podemos vivir sin tecnologías inalámbricas que hacen nuestras vidas más fáciles y acogedoras. Existe una rápida evolución tanto en interiores y tecnologías inalámbricas para exteriores. Las tecnologías Inalámbricas para 2G, 3G y 4G están disponibles en todo el mundo. En nuestra vida diaria, Wi-Fi, Bluetooth y otra red de área personal basada en las tecnologías se han convertido en una parte predominantes.

Con las redes 5G, ahora es posible usar dispositivos móviles teléfonos con un ancho de banda mayor. 5G proporcionará un área de cobertura más amplia y proporcionará un mayor rendimiento. Estas son algunas de las cosas que 5G se utilizará: CDMA, BDMA, onda milimétrica, mejorado y codificación / modulación de datos avanzada técnicas y técnicas de antenas inteligentes para admitir una mayor tasa de datos y cobertura. Las redes 5G son más que sobrealimentar la conexión a los dispositivos móviles. Esta tecnología permitirá que los coches autónomos se comuniquen con cada uno de nosotros, además de permitir que las personas transmitan súper contenido de realidad virtual (VR) de alta definición, de forma inalámbrica, en sus auriculares.

Campos de la ciencia como la medicina, agricultura, también el comercio, el transporte y muchas áreas sean beneficiadas. Esta red va a ser muy grande. Los operadores como AT&T, Sprint y Verizon en Estados Unidos están con sus propias redes 5G desde unos pocos años. Más cerca desde 2019 y 2020, la disponibilidad será mayor después de 5G se comercialicen teléfonos compatibles y se actualizan los equipos de red.

Como indica el nombre 5G (quinta generación), cuanto más rápido, más tecnología de red inalámbrica será capaz que varias empresas desarrollen como parte de un proceso evolutivo. Durante muchos años, las redes de datos móviles están en cambios desde herramientas que podría utilizar ocasionalmente en una que se ha convertido una parte vital de la vida diaria, algunos procesos. Las redes inalámbricas 5G permitirán posibilidades mucho más allá de lo que la mayoría de la gente puede imaginar actualmente.

Con las capacidades en transmisión y recepción de las redes 5G, mejoran enormemente los procesos en varias cadenas de producción y de eventos vinculantes. También permitirá servir para muchos más propósitos de manera eficiente mientras ofrece el rendimiento para hacer cosas que parecen salidos desde la ciencia ficción.

2.1.2 El espectro radioeléctrico en 5G

Tener suficiente espectro siempre ha sido uno de los mayores desafíos en la industria inalámbrica. Un gran porcentaje de las frecuencias de banda baja y fácil de usar se asignaron a otros fines como radiodifusión, televisión y seguridad pública. Otra forma de pensar en el espectro es una autopista. La cantidad de espectro que tiene determina cuántos carriles tiene la carretera. Con más datos (coches en tu autopista), cuantos más carriles (espectro radioeléctrico), es mejor.

El ancho de banda que está disponible dentro de una banda de espectro, determina en gran medida cuánto rendimiento de red está disponible a los usuarios. En el espectro de banda baja, el ancho de banda es típicamente limitado, por lo que las velocidades de datos tienden a ser bajas. En banda media y banda alta espectro, el ancho de banda disponible puede ser muchas veces mayor que lo que está disponible en banda baja. Como resultado, las tarifas de los datos pueden ser más altas. El espectro radioeléctrico puede ser con o sin licencia.

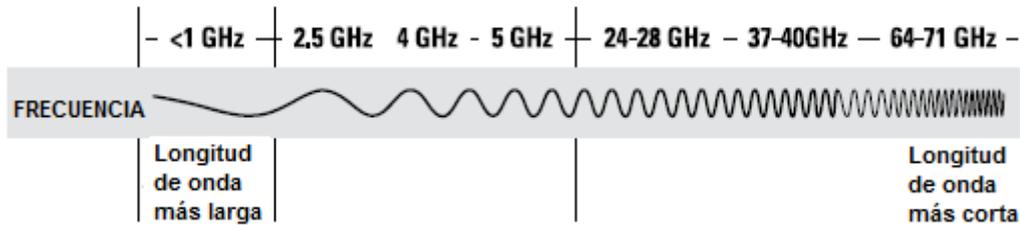
El espectro con licencia consta de una banda de frecuencias que un transportista ha recibido autorización de uso por una agencia de licencias del gobierno de un país, como la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC). Espectro con licencia suele estar reservado para el uso exclusivo de la licenciataria, y el derecho a licenciar una banda a menudo se compra en lo que se conoce como subasta de espectro. Una banda de frecuencias se puede dividir para que haya múltiples licenciataria, cada uno con su propio conjunto de frecuencias (Balseca L., 2019).

El espectro con licencia generalmente permite una mejor experiencia de usuario porque el operador puede gestionar mejor el uso del espectro y será menos probable que experimente interferencia. El espectro sin licencia contiene bandas de frecuencias que están disponibles para que cualquiera los utilice. Por ejemplo, las redes Wi-Fi, algunos mouses inalámbricos de computadoras y los hornos microondas operan en una banda de espectro en el rango de 2,4 GHz. Espectro sin licencia tiene la ventaja de ser de uso gratuito, pero porque nadie tiene derecho exclusivo al espectro, interferencia entre usuarios a veces puede ser un problema.

Para satisfacer las necesidades cambiantes, 5G está diseñado para utilizar un rango de espectro entre 600 MHz y 100 GHz. Por supuesto, es importante equiparar el espectro con la tarea prevista. En la figura 1 ilustra la relación entre frecuencia y longitud de onda. Esta relación tiene un efecto profundo en la idoneidad de esas frecuencias para los diferentes propósitos.

Figura 1

Relación frecuencia - longitud de onda



Nota: Tomado de (BRAND, 2018)

A continuación, en la figura 2 se puede observar las bandas de frecuencias que se están estudiando para la operación del 5G.

Figura 2

Frecuencias de estudio para 5G



Nota: Tomado de (SUTTON, 2017)

Banda baja (menor a 2,5 GHz)

El espectro de banda baja consta de frecuencias por debajo de los 2,5 GHz. Esta parte del espectro ofrece la ventaja de una cobertura de área amplia y también la capacidad de penetrar edificios para que los dispositivos puedan funcionar de forma fiable en muchas áreas interiores.

Desafortunadamente, el espectro de banda baja también tiene algunas desventajas, entre ellos destaca el limitado ancho de banda disponible, lo que conduce a velocidades de datos más bajas y congestión. Muchas de las frecuencias por debajo de 2,5 GHz ya se han asignado a otros usos, como transmisiones de televisión, otros dispositivos inalámbricos despliegues y seguridad pública.

Banda media (2,5-6 GHz)

El espectro entre los 2,5 GHz y 6 GHz ofrece mayor capacidad y velocidad que proporciona el espectro de banda baja. Además, este es el espectro que tiene menos congestión y tiene muchas más frecuencias disponibles para uso de las empresas portadoras. El espectro de banda media tiene un rango algo más corto y es más fácilmente bloqueada por estructuras sólidas (muros, paredes, etc), por lo que las torres de celdas deben ser espaciados más juntos para proporcionar una cobertura de área amplia. La cobertura en interiores a menudo requiere algún tipo de mejora para solucionar la cobertura.

Banda alta (mayor a 6 GHz)

En algunas soluciones 5G, el rango de frecuencias por encima de 6 GHz se vuelve más útil. Este espectro de banda alta ofrece extrema capacidad y velocidad. El espectro de banda alta tiene un rango extremadamente corto (quizás solo unos cientos de metros) y actualmente solo es práctico para los usos de movilidad muy limitados. Este espectro requiere masiva densificación debido a su corto alcance. La red 5G desafía parte de la nomenclatura que tradicionalmente utilizado para espectro. Banda baja, banda media y banda alta para 5G significa algo completamente diferente de lo que significa en las redes 3G / 4G actuales. Frecuencias consideradas de banda alta para 4G, como 2,5 GHz, en realidad son de banda media para 5G cuando considera que la mayoría de las nuevas bandas 5G usan mucho más frecuencias (San Martin J., 2020).

Aunque el espectro de banda media y banda alta se ha reducido rango, las frecuencias más altas implicadas significan que las antenas pueden ser de menor tamaño. Las tecnologías clave como MIMO masivo son extremadamente desafiantes para soportar con espectro por debajo de 1 GHz debido al tamaño de las antenas. Con frecuencias en la banda media y banda alta rango, las antenas se vuelven mucho más pequeñas, por lo que más antenas pueden contener en el mismo espacio que se utilizó para las bandas inferiores.

Esta característica juega un papel importante en MIMO masivo y el aumento múltiple de la capacidad que proporciona. Muchas frecuencias que se utilizan actualmente en las redes móviles pueden ser utilizadas para 5G (en un proceso llamado rearmado). Sprint tiene un plan utilizando MIMO masivo que utilizará los mismos 2,5 GHz de espectro para 4G LTE y 5G. A medida que los dispositivos 5G se vuelven más común, habrá menos demanda de servicios 3G y 4G, lo que permitirá que estas bandas eventualmente se dediquen para el uso de la red 5G. En la tabla 2 se muestra el detalle de la potencia irradiada según el segmento de cobertura

Tabla 2

Potencia irradiada según el segmento de cobertura

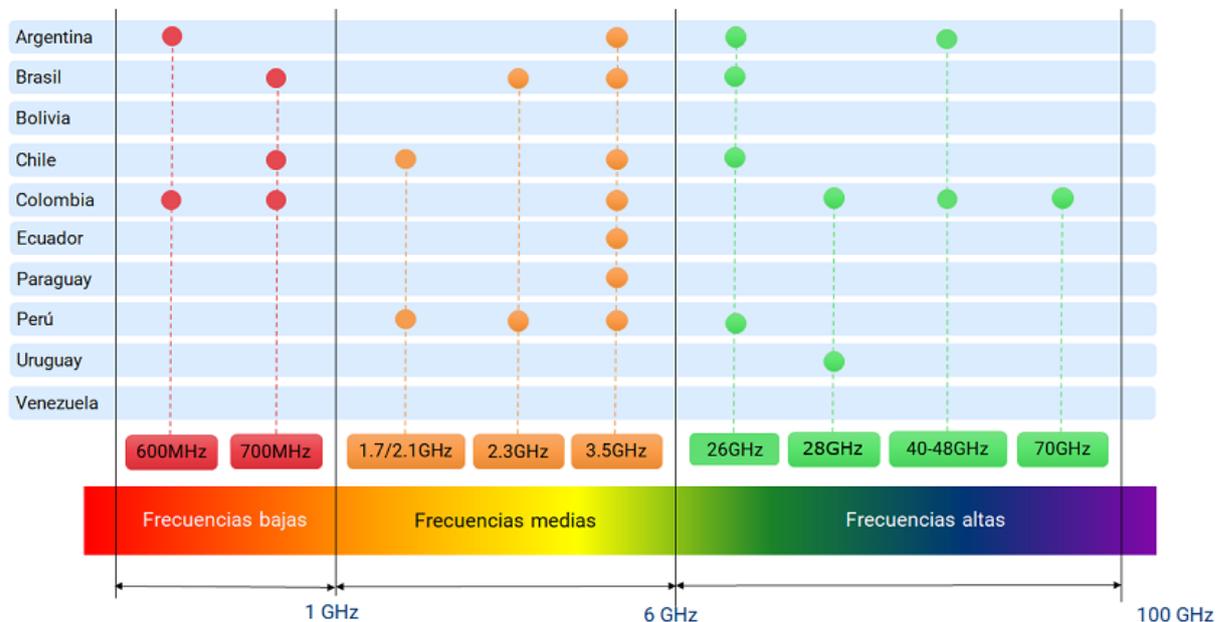
| Redes heterogéneas macro, micro y femto -celdas | | | | |
|---|------------------------|---------------------|------------|-------------------|
| Tipo de celda | Potencia de salida (W) | Radio de celda (Km) | Usuarios | ubicaciones |
| Femto-celda | 0.001 a 0.25 | 0.010 a 0.1 | 1 a 20 | Interior |
| Pico-celda | 0.2 a 1 | 0.1 a 0.2 | 30 a 100 | Interior/Exterior |
| Micro-celda | 1 a 10 | 0.2 a 2.0 | 100 a 2000 | Interior/Exterior |
| Macro-celda | 10 a >50 | 8 a 30 | >2000 | Exterior |

Nota: Adaptada de (AMERICAS 5G,2019)

A continuación se presenta un gráfico con los principales segmentos en estudios de asignación establecidos y en estudio para los países latinoamericanos:

Figura 3

Segmentos de espectro radioeléctrico aplicados en Sudamérica para 5G



Nota: Tomado de (AMERICAS 5G, 2019)

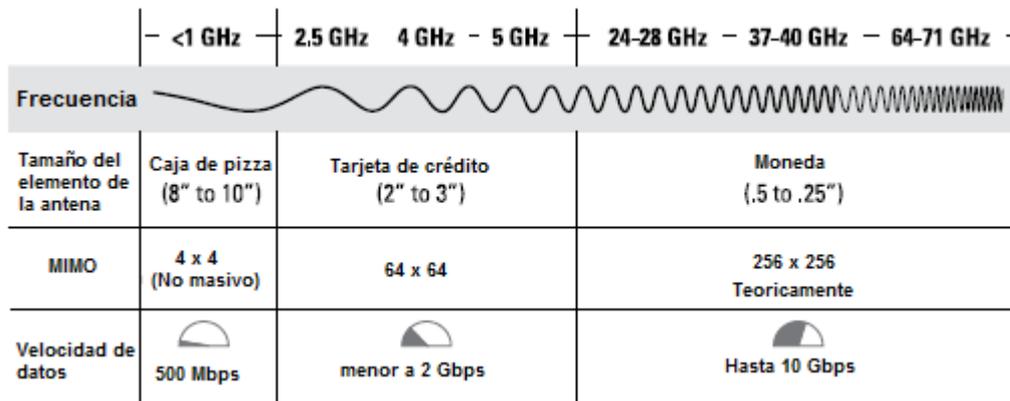
2.1.3 El espectro y su relación con la capacidad

Si se intenta transmitir o recibir una película en calidad 4K a través de una red de conexión inalámbrica, probablemente encontrará una pantalla con mensaje que indique que la película se estaba almacenando en búfer y luego hacia algún un dispositivo de memoria. A menudo las redes inalámbricas existentes luchan con capacidad insuficiente para manejar demandas modernas tales como transmisión de contenido (HD, 4K, 8K) debido a la falta de un buen espectro. En parte, esto la falta de capacidad se debe a las frecuencias relativamente bajas utilizado por las redes existentes (Otero j., 2019).

Con las redes 5G se utilizará frecuencias más altas y tecnologías como MIMO, agregación de portadores de orden superior y modulación de amplitud en cuadratura 256 QAM, para permitir streaming del contenido de ultra alta definición. En la figura 3 se indica cómo con espectro de longitud de onda más corta en alta frecuencia, se utiliza para aumentar la capacidad.

Figura 4

Frecuencias y capacidad de transmisión



Nota: Tomado de (BRAND, 2018)

2.1.4 MIMO (Multiple Inputs – Multiple Outputs)

Además de utilizar una gama de frecuencias mucho más amplia, la capacidad se puede aumentar utilizando más radios a frecuencias más altas, donde los tamaños de antena son mucho más pequeños. Como comparación, un ejemplo de espectro que es el ancho de una carretera, piense de MIMO como la capacidad de agregar capas a su autopista. Imagine una autopista de dos o tres pisos con MIMO, e incluso más con MIMO masivo. Con el espectro adecuado, inalámbrico los proveedores de red pueden agregar muchas capas, aumentando así la capacidad de la red se multiplica. Los sistemas de comunicación se clasifican en función de cuántos transmisores y receptores poseen.

Figura 5

MIMO LTE y 5G



Nota: Tomado de (BRAND, 2018)

Teniendo en cuenta tal ganancia potencial, podemos esperar que la mayoría de los sectores en áreas urbanas / urbanas densas, logre con 5G 3.5GHz TDD con una relación 50:50 DL / UL al menos la misma cobertura UL que LTE 1800 2T2R. Dependiendo de la optimización actual de LTE, 5G 3.5GHz TDD con una relación 80:20 DL / UL podría estar cerca de LTE 1800 2T2R o 5G TDD de 3,5 GHz con una relación DL / UL de 50:50 podría estar cerca de LTE 1800 2T4R o LTE 1800 4T4R. Con la planificación por radio, tal impacto solo se puede observar con bases de datos geográficas 2.5D o 3D.

Los valores de inclinación de LTE en áreas urbanas / urbanas densas están en promedio entre 4° y 8°. Dicha inclinación es obligatoria para la interferencia DL reducción de LTE. En el borde de la celda pertenece el edificio después del obstáculo principal: el ángulo de incidencia es casi horizontal y tal inclinación genera un patrón atenuación entre 5dB y 15dB dependiendo del tipo de antena y la inclinación aplicada en TDD 5G de 3,5 GHz con el producto MIMO tal atenuación de patrón no existirá ya que el haz óptimo se dirige a la dirección del UE. Podemos esperar entonces una ganancia significativa de 5G TDD 3.5GHz para aplicar en la tabla anterior para redes urbanas / urbanas densas donde el sitio La optimización de la densidad y la inclinación depende principalmente de la capacidad (Arriagada M., 2019).

Los sistemas de comunicación se clasifican en función de cuántos transmisores y receptores que tienen:

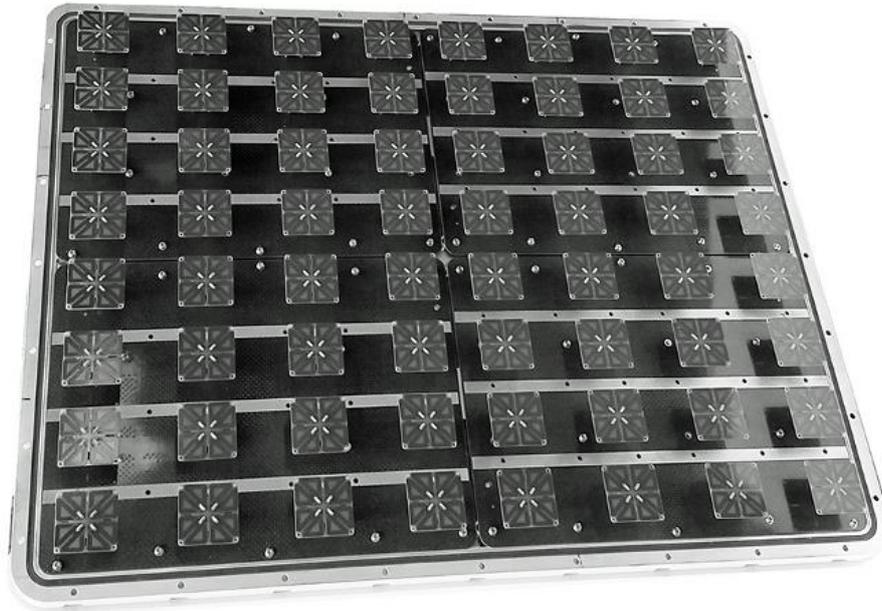
- Los sistemas SISO *single input single output* (entrada única salida única) tienen una transmitir y recibir una rama (1T1R).
- Los sistemas MIMO *multiple input multiple output* (múltiples entradas y salidas) más de una rama de transmisión y más de una recibir rama (2T2R, 2T4R, 4T4R, 8T8R, etc.).
- Los sistemas MIMO masivos de dimensión completa tienen decenas o cientos de ramas de transmisión y recepción (64T64R, 128T128R, etc.). Estos elementos de antena adicionales aumentar en gran medida la capacidad y proporcionar a los transportistas la capacidad para apuntar la señal en tres dimensiones.

Las capacidades de un sistema MIMO masivo están determinadas por la frecuencia de funcionamiento. El tamaño del elemento de una antena es dictado por la longitud de onda de la señal la antena y están construidas para transmitir o recibir. Las bandas de frecuencia más alta, tienen longitudes de onda más pequeña y viceversa. Por esto, una gran cantidad de elementos de antena son necesarios para la construcción de las antenas para obtener un alto rendimiento.

Los sistemas MIMO masivos, bandas de frecuencia más altas (desde los 3.0 GHz o superior) son más adecuados para esa tarea. La figura x-x muestra un sistema de antena MIMO masivo con 64T64R de que está implementando la empresa Sprint en los Estados Unidos.

Figura 6

ANTENA MIMO MASIVO 64T64R



Nota: Tomado de (CROWN, 2020)

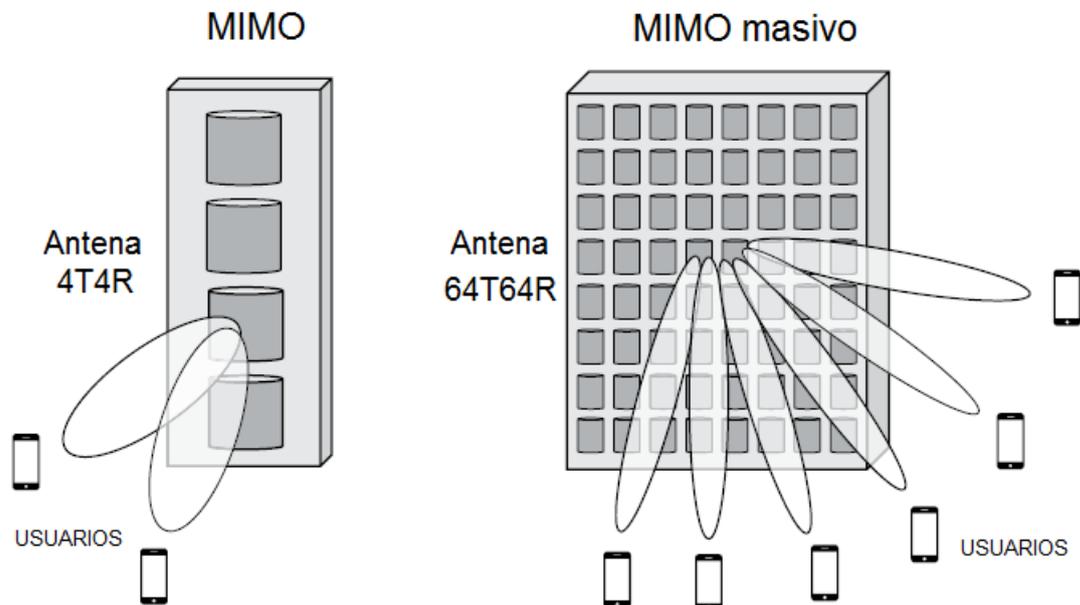
Una capa MIMO se puede considerar como un flujo de datos dedicado. Más capas MIMO dan como resultado un mayor rendimiento. Los sistemas LTE actuales admiten de 8 capas de sistema MIMO. Los sistemas MIMO masivos pueden admitir de 8 o 16 capas actualmente y admitirá una mayor número de capas (24 o más) en el futuro.

También hay diferentes tipos de MIMO:

- MIMO de un solo usuario (SU-MIMO) es donde existen múltiples flujos utilizando múltiples antenas se dirigen a un solo dispositivo.
- MIMO multiusuario (MU-MIMO) es donde múltiples hay varios flujos el uso de múltiples antenas está dirigido a muchos dispositivos.

Figura 7

MIMO MASIVO PROVEERÁN GANANCIAS DE GRAN CAPACIDAD



Nota: Tomado de (CROWN, 2020)

Con su gran cantidad de flujos, la capacidad de beamforming, soporta las capas MIMO superiores y MIMO multiusuario, los sistemas MIMO masivos mejoran tanto la cobertura y capacidad de formas que no tenía ninguna función LTE anterior. Una longitud de onda más pequeña significa menos energía capturada en una antena. Así se necesitará una mayor cantidad de elementos de antena en la red de antenas para lograr la ganancia de red requerida. Dado que muchas implementaciones de 5G se realizarán en bandas más altas, se espera que las radios bases 5G sean sistemas en MIMO masivos.

2.1.5 Beamforming

Beamforming es la técnica de enfocar la señal al destinatario asignado mientras se minimiza el ruido (como las señales destinado a otros usuarios). Las técnicas de formación de haces varían desde la técnica analógica de haces simples (donde se orienta todo el área de cobertura donde se necesita) a la técnica digital más sofisticada de haces donde se pueden crear haces específicos hacia algún dispositivo final.

Las primeras implementaciones incluían solo el plano horizontal formación de haces. Las implementaciones avanzadas posteriores utilizan una relación 3D de haces: empleando tanto

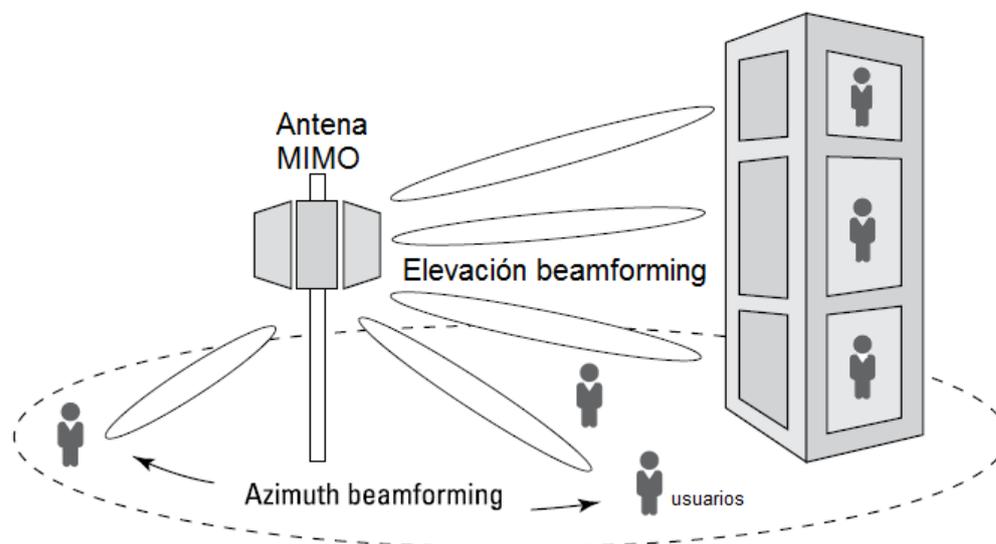
elevación (vertical) como horizontal (azimut): para ayudar a dirigir los haces específicos del usuario precisamente en el espacio 3D. Esta técnica es útil cuando los usuarios están al nivel del suelo y también como en el interior de edificios en diferentes niveles.

Los beneficios claves del *beamforming* son una cobertura mejorada para usuarios del borde de la celda y la reducción de la interferencia general. En más implementaciones avanzadas, el beneficio adicional de reutilizar el mismos recursos de frecuencia de tiempo entre diferentes espacios separados. También se pueden ver los usuarios (MIMO multiusuario).

Sistemas de antenas con gran cantidad de elementos son adaptables y las matrices son necesarias para la creación efectiva específica del haz para el usuario. La formación de haces 3D está habilitada por tecnologías de radio avanzadas como MIMO masivo.

Figura 8.1

Utilización de beamforming para señales directas



Nota: Tomado de (CROWN, 2020)

2.1.5 Marco regulatorio para la aplicación de 5G en Ecuador

En la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2015 (CMR-15) iniciaron a relacionarse los temas sobre el espectro electromagnético hacia el IMT-2020. En este aspecto, se propuso:

- Identificar las bandas 1.435–1.518 MHz y 3.400–3.600 MHz para las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT).
- No identificar las bandas de 2.700–2.900 MHz; 3.600–4.200 MHz; 4.500–4.800 MHz hacia IMT.
- Contener temas en relación para la CMR-19 con estudios sobre:
 - a) identificar las frecuencias altas para las IMT entre 10 y 76 GHz en determinadas bandas.
 - b) el sistema de seguridad aeronáutica mundial.

5G es una red diseñada para cumplir con IMT-2020 y sus requerimientos impuestos por la normativa M.2083 en la ITU-R. Las redes 5G otorgará más facilidades y características más desarrolladas que las redes 4G- LTE-Advanced.

Figura 9

Detalles de las redes 4G Advanced y redes 5G

| | IMT-Advanced | IMT-2020 (5G) | 5G veces superior |
|------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| Tasa datos límite (peak) | DL: 1Gbps UL: 0,05 Gbps | DL: 20Gbps UL: 10Gbps | DL: 10x UL: 200x |
| Tasa experiencia usuario | 10Mbps | 100Mbps | 10x |
| Eficiencia espectral límite | DL: 10bps / Hz UL: 6,75bps / Hz | DL: 30bps / Hz UL: 15bps / Hz | DL: 3x UL: 2,2x |
| Latencia plano usuario | > 10 ms | 1ms | < 10x |
| Densidad de conexión | ~1000 dispositivos / km2 | 1 millón dispositivos / km2 | 1000x |
| Eficiencia energética de red | 1 - Normalizado | X100 sobre IMT-Advanced | 100x |
| Capacidad de tráfico de área | 0,1Mbps/m2 | 10Mbps/m2 (hot spots) | 100x |
| Ancho de banda | Hasta 20MHz / canal | Hasta 1 GHz / canal | 50,000x |

Nota: Tomado de (PEÑA, 2019)

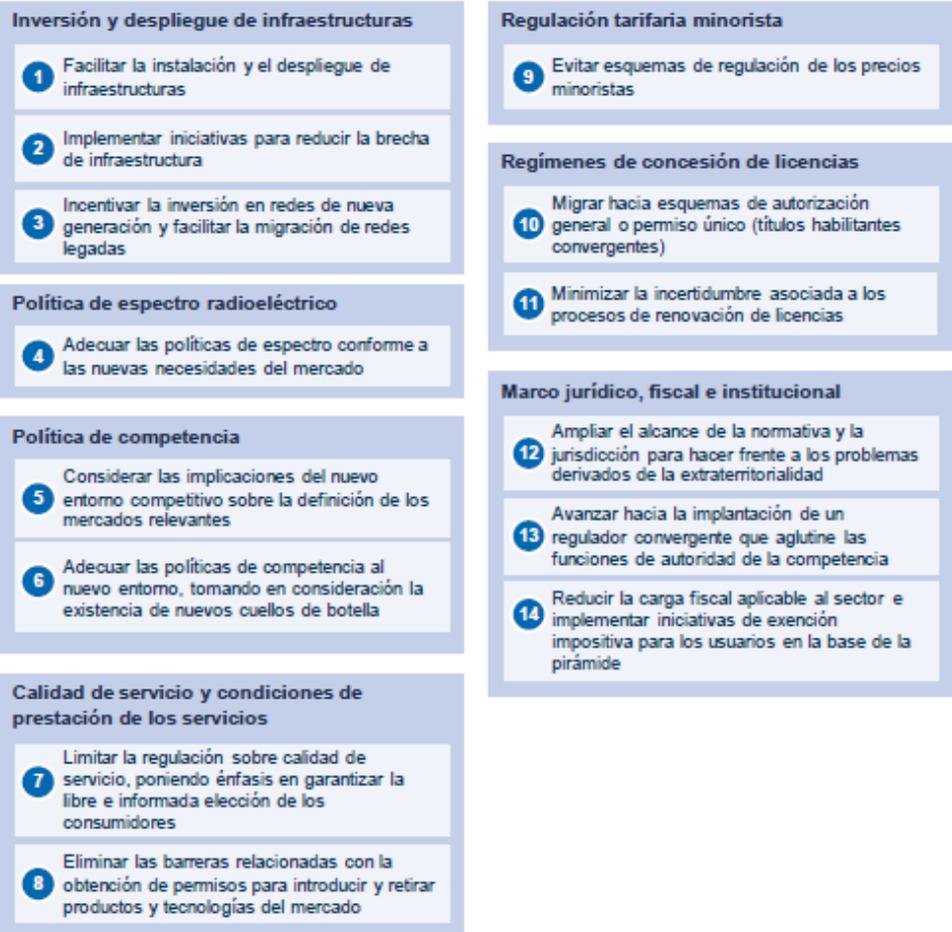
Para el caso del Ecuador se propuso dar seguimiento a los siguientes temas en relación a las redes 5G.

1. Normalización de la nueva infraestructura.
2. Asignación del nuevo espectro radioeléctrico requerido para la operación (banda de 3,5 GHz).
3. Las RBS de telefonía móvil, deben sumar el nuevo estándar para 5G.
4. Los usuarios deben tener nuevos dispositivos terminales compatibles con 5G.
5. El ARCOTEL deberá hacer nuevas pruebas experimentales previas a la presentación comercial.

El Ministerio de Telecomunicaciones de Ecuador publicó un plan que contempla el despliegue de servicios 5G en 2021-2022, y anticipó planes para asignar espectro 3,5 GHz durante el 2020. Pero estos plazos no se han cumplido debido a la emergencia nacional por relación a la pandemia por COVID-19. Los principales ejes del plan se muestran en la figura 6 (Sutton A., 2017).

Figura 10

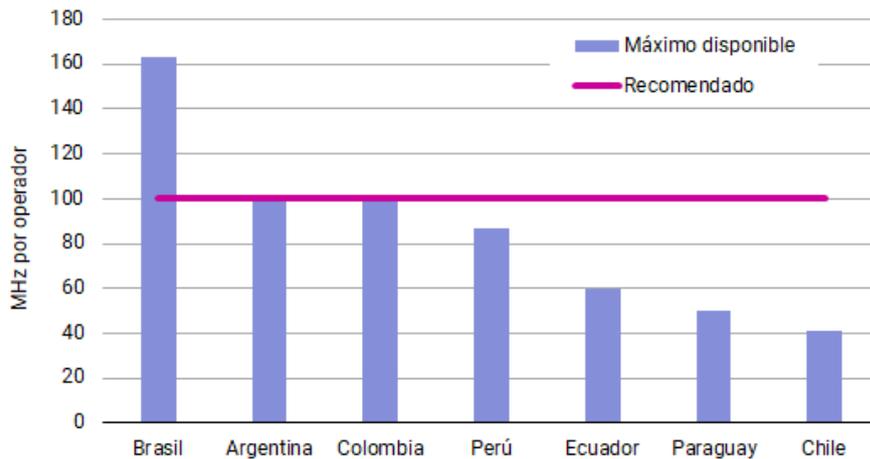
Recomendaciones del nuevo marco regulatorio



Nota: Tomado de (AMERICAS 5G, 2019)

Figura 11

Espectro electromagnético para asignar a los operadores móviles



Nota: Tomado de (BALSECA, 2019)

2.2. Descripción de la propuesta

La investigación será con las siguientes técnicas e instrumentos para lograr cumplir con los objetivos específicos de la misma. Revisión bibliográfica de libros, investigación documental, artículos y otros documentos relacionados al proyecto, donde se vendrá a considerar trabajos actualizados sobre el diseño y análisis del diseño de la Red 5-G.

A continuación, se detallan las diferentes etapas y partes en las que consiste la propuesta:

- 1) Se realizará una investigación de las frecuencias disponibles para asignación para el espectro electromagnético en la tecnología 5-G para definir los elementos que más se ajuste a los requerimientos básicos del proyecto.
- 2) Análisis de los sitios donde se necesiten proporcionar adecuada cobertura, repartidos y necesarios para toda la terminal aérea.
- 3) Dimensionar el volumen de carga útil y carga de reserva de los enlaces (cantidad de información manejada) cuando estén operativos para los usuarios finales con sus respectivas proyecciones en crecimiento de los usuarios y escalabilidad de infraestructura.
- 4) Realizar una comparación de los parámetros y características del espectro electromagnético por elemento o etapa del sitio en análisis.

Debido a que el proceso de investigación y estudios de las nuevas tecnologías propuestas para las redes 5-G, los requisitos y estandarización se formalizarán en estos siguientes años y a partir de ese momento se continuará con la tecnología 5G como producto y se espera que esté terminada para 2022, posteriormente se procederá a su comercialización.

2.2.1 Consideraciones de una terminal aeroportuaria

Para la elaboración del diseño de la red 5G se debe tomar en cuenta la distribución geográfica (ubicación) de las áreas operativas en la terminal aeroportuaria. Por asunto de permisos y auspicios de parte de la empresa Quiport que tiene la concesión del aeropuerto internacional Mariscal Sucre en el distrito metropolitano de la ciudad de Quito, se tomó la decisión de levantar información con los conocimientos previos que se tiene de la misma. Los elementos a considerar en una terminal aérea con finalidad de este estudio son:

- | | |
|--|---------------------------------|
| • Capacidad anual de manejo de pasajeros | Menor a 2 millones de pasajeros |
| • Capacidad anual en manejo de carga | Más 400 mil toneladas métricas |
| • Número de dependencias operacionales | Mínimo 12 áreas operativas |
| • Área de extensión para el estudio: | 30 km ² |

2.2.1.1 Áreas operativas en una terminal aeroportuaria

1. Hangares.
2. Salas protocolares.
3. Torre de control.
4. Zonas francas.
5. Zonas de carga.
6. Zonas de abastecimiento.
7. Zona de embarque.
8. Salas VIP.
9. Zona de desembarque.
10. Servicios de emergencia.
11. Fuerzas armadas.
12. Policía Nacional.
13. Interpol.
14. Migración.
15. Aduana.
16. Aerolíneas (tickets).

17. Patio de comidas.
18. Operaciones en tierra.
19. Estacionamientos.
20. Sistemas de control de equipaje.
21. Dirección de Aviación Civil

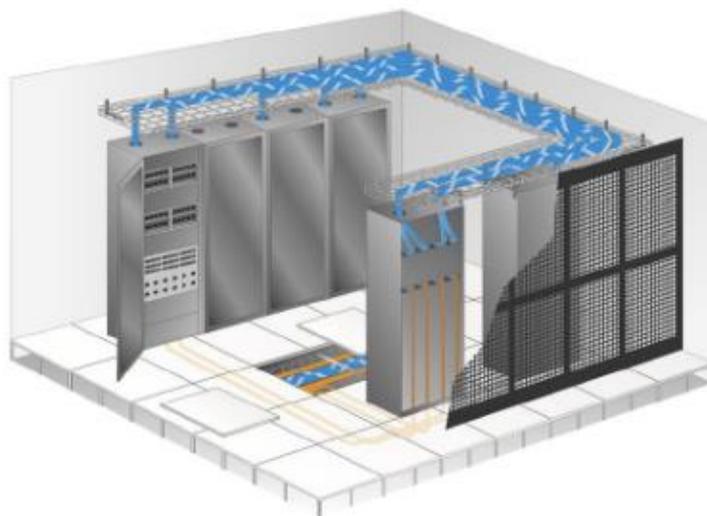
En cada una de estas áreas se ha considerado la instalación de 5 a 8 celdas (estándar o femtoceldas) para proveer de la adecuada señal de cobertura según las estimaciones con una proyección de crecimiento del 15% anual hasta 5 años. Así se establecerá la escalabilidad de 6G y su expansión en la terminal aeroportuaria y sus distintas áreas operativas.

2.2.2 Características nodo principal CNT (backhaul)

El Nodo Principal de la empresa proveedora sería la CNT EP, cuenta con características estándar tipo Tier III y Tier IV (según norma TIA 942), en donde tendremos una interrupción anualmente máxima de 0.4 a 1.6 horas.

Figura 12

Esquema Nodo principal CNT



Nota: Desarrollado por el autor

Tabla 3

Características de los estándar TIER

| TIER | % Disponibilidad | % Parada | Tiempo anual sin funcionar |
|-----------------|-------------------------|-----------------|-----------------------------------|
| TIER I | 99,66% | 0,33% | 28,83 horas |
| TIER II | 99,73% | 0,25% | 22,70 horas |
| TIER III | 99,965 % | 0,02% | 1,56 horas |
| TIER IV | 100,00% | 0,01% | 52,55 minutos |

Nota: Desarrollado por el autor

Características del nodo de la empresa prestadora del servicio:

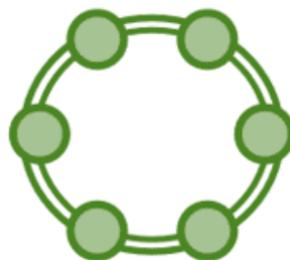
- Construcción sismo resistente, losa 1.200 kg/m²
- Bajos niveles de ruido y vibración
- Control para impactos Ambientales
- Sistema eléctrico Sistema de aire acondicionado
- Sistema contra incendios
- Sistema de seguridad

2.2.3 Topología del nodo principal CNT (backhaul)

La topología de la red implementada consiste en un doble anillo que nos permite que la información que los datos se envíen en ambas direcciones, lo que nos crea una redundancia y evita colisiones. Uno de las redundancias llega desde la Central CNT de Quito y el otro enlace llega desde Nodo Tababela.

Figura 13

Topología tipo anillo



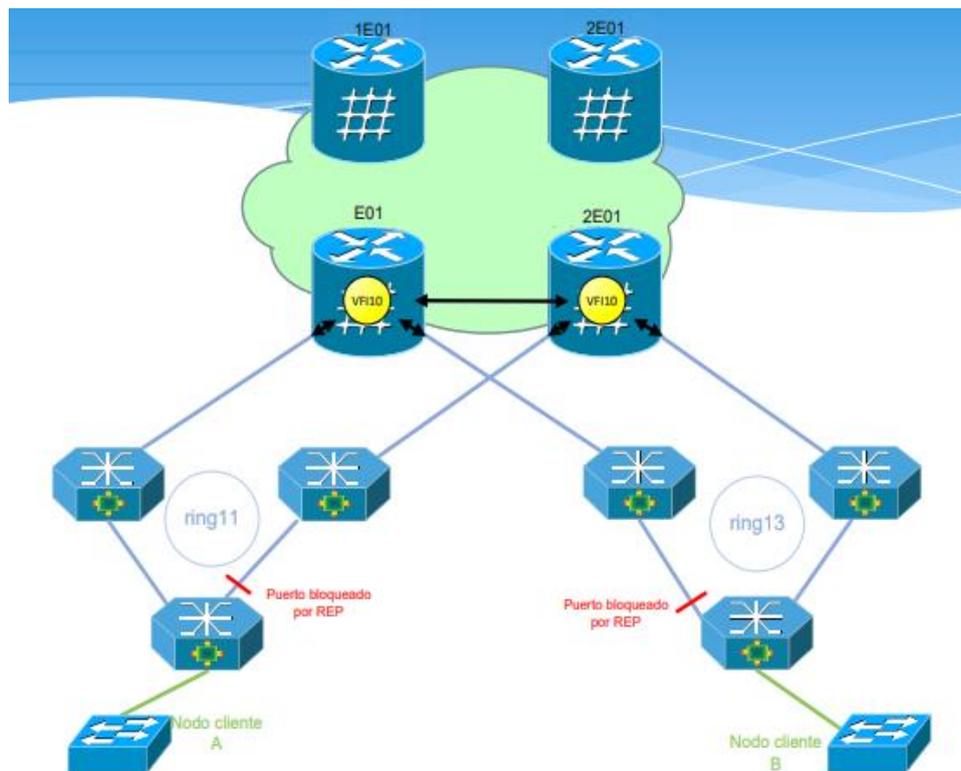
Nota: Desarrollado por el autor

- El sistema provee un acceso equitativo para todas las computadoras.
- El rendimiento no decae cuando muchos usuarios utilizan la red.
- Arquitectura muy sólida

Cada uno de los Cuartos de Telecomunicaciones se encuentran conformando un anillo, se utiliza REPAG (hace la detención de la falla, reemplazando inmediatamente al primer anillo) como mecanismo de capa 2 para detección de fallas a nivel de PE y REP como protocolo de capa dos a nivel de los equipos ME3600.

Figura 14

Equipos principales y de respaldo en Nodo



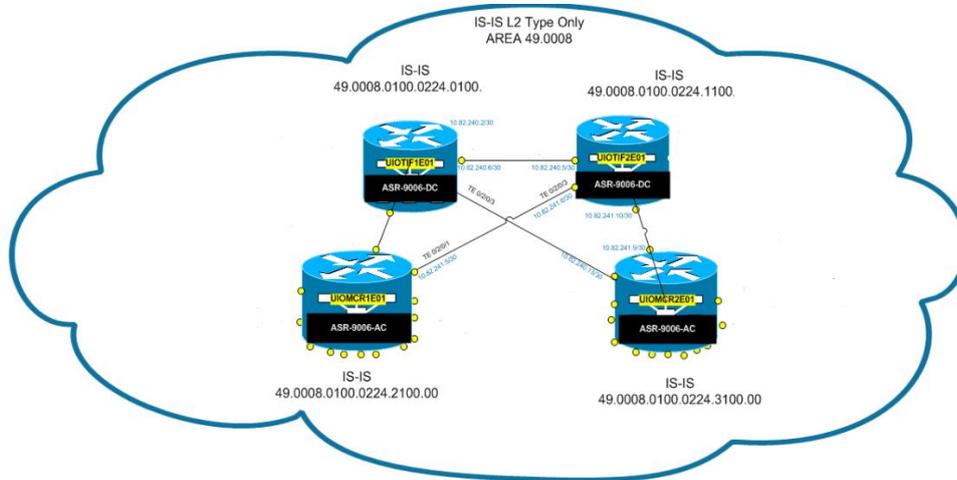
Nota: Desarrollado por el autor

2.2.4 Conectividad

El protocolo de enrutamiento utilizado para la conectividad de los equipos es un enrutamiento dinámico IS-IS contra el BGP (que se utiliza en las otras redes de la empresa), donde el tiempo de convergencia y recuperación para las rutas es rápido. Todo esto se basa en la disponibilidad en caso de incidentes. Con esto la recuperación del enlace será en menos de 3 minutos por la experiencia previa en eventos anteriormente soportados, con estos protocolos IS-IS en los equipos de la marca CISCO.

Figura 15

Infraestructura equipos existentes



Nota: Desarrollado por el autor

2.2.4 Equipos existentes

Actualmente en el nodo principal de CNT se tiene instalado tres equipos modelo ASR9000, los cuales son de alta gama de la marca propietaria Cisco Systems, el cual soporta diversas aplicaciones en donde se requiera un gran ancho de banda de streaming de bajada y de subida.

Figura 16

Equipo Cisco ASR9000



Nota: Tomado de <https://www.cisco.com/c/en/us/products>

El equipo Cisco ASR9000 cuenta con el sistema operativo IOS-XR, dicho sistema tiene todas las funciones, desarrolladas por Cisco y utiliza un Sistema de Convergencia de Red (NCS), lo que nos permite un alto rendimiento y tener escalabilidad en toda nuestra red.

Figura 17

Características del Equipo ASR9000

```
RP/0/RSP0/CPU0: E01#sh ver
Fri Sep 10 18:27:39.828 GMT

Cisco IOS XR Software, Version 4.3.1[Default]
Copyright (c) 2013 by Cisco Systems, Inc.

ROM: System Bootstrap, Version 1.06(20120210:003513) [ASR9K ROMMON],

E01 uptime is 2 years, 31 weeks, 7 hours, 38 minutes
System image file is "bootflash:disk0/asr9k-os-mpi-4.3.1/0x100000/mbiasr9k-rp.vm"

cisco ASR9K Series (MPC8641D) processor with 8388608K bytes of memory.
MPC8641D processor at 1333MHz, Revision 2.2
ASR-9006 DC Chassis

2 Management Ethernet
18 DWDM controller(s)
18 WANPHY controller(s)
18 TenGigE
20 GigabitEthernet
219k bytes of non-volatile configuration memory.
1000M bytes of compact flash card.
67988M bytes of hard disk.
1572848k bytes of disk0: (Sector size 512 bytes).
1572848k bytes of disk1: (Sector size 512 bytes).
```

Nota: Captura de pantalla del sistema operativo

Figura 18

Verificación de los tres equipos instala dos ASR9000

```
RP/0/RSP0/CPU0 E01#sh cdp neighbors
Fri Sep 10 22:57:21.673 GMT
Capability Codes: R - Router, T - Trans Bridge, B - Source Route Bridge
S - Switch, H - Host, I - IGMP, r - Repeater

Device ID Local Intrfce Holdtme Capability Platform Port ID
01.cnt.c Te0/0/0/0 171 R ASR9K Ser Te0/2/0/5
1E01.cnt. Te0/0/0/1 142 R ASR9K Ser Te0/0/0/0
2E01.cnt. Te0/0/0/2 176 R ASR9K Ser Te0/0/0/2
2E01.cnt. Te0/0/0/5 170 R ASR9K Ser Te0/0/0/1
```

Nota: Captura de pantalla del sistema operativo

2.2.5 Cableado

La comunicación entre el Nodo Principal (TIF) hacia cada uno de los Nodos Secundarios (MOX), se la realiza a través de fibra óptica y cableado estructurado, cabe mencionar que en cada Nodo Secundario se cuenta con un equipo de Acceso hacia la Red MPLS con su correspondiente backup.

Para la implementación de la Red 5G se utilizará la red existente de fibra óptica, para lograr un ahorro en la instalación de ductos y fibra óptica, la infraestructura con la que se cuenta cumple con las normas y estándares UIT-T G.709 – utilizado para redes ópticas de transporte por encima de 100 Gbit/s.

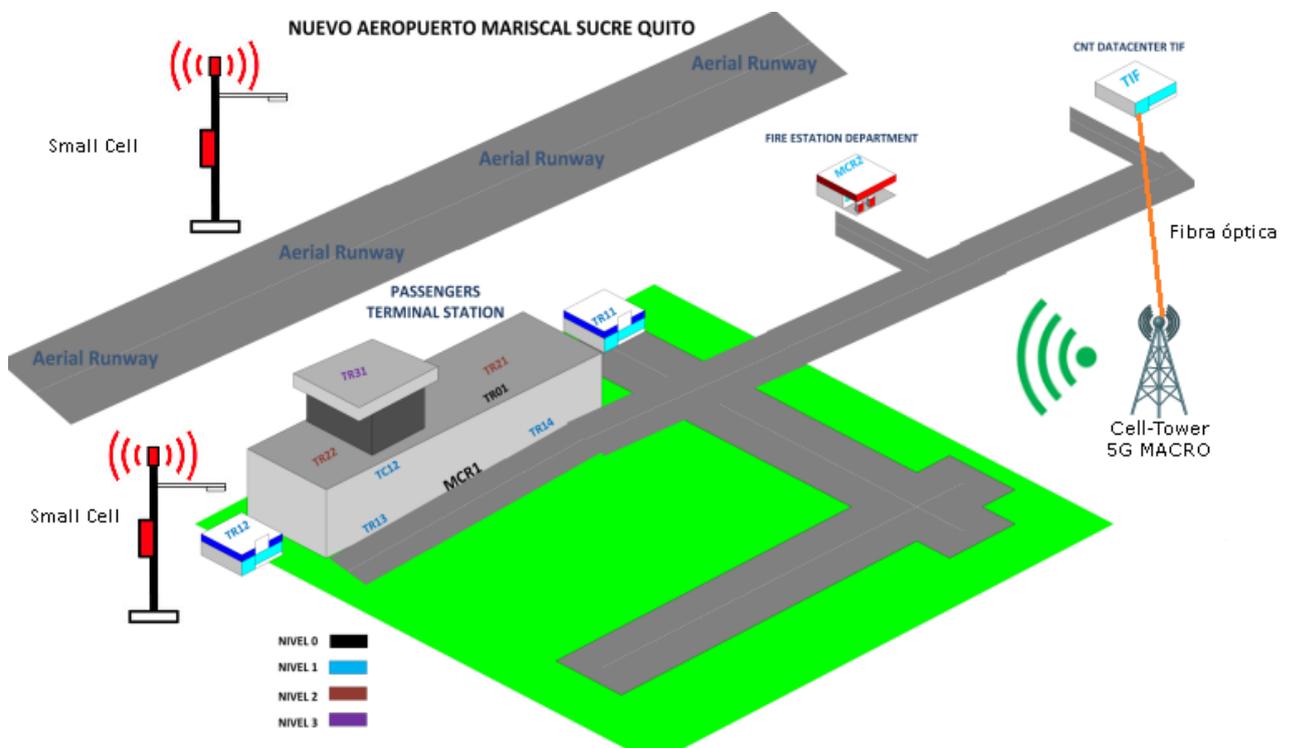
Otro motivo para utilizar la red mencionada es por la convergencia entre un sistema fijo y móvil bajo cualquier configuración, escenario, y se tiene una independencia de la tecnología de acceso fijo y nos permite escalabilidad en la red 5G, para futuras actualizaciones y requerimientos.

2.2.6 Distribución recursos red 5G

La comunicación entre cada Radio Base y el nodo Principal se realizará por fibra óptica punto a punto, sin la necesidad de utilizar equipos intermedios, en donde los equipos activos serán el puerto asignado en el equipo MPLS y el puerto de la Radio Base, con la finalidad de así garantizar la disponibilidad y evitar cualquier punto de falla, se adiciona equipos de borde (más routers)

Figura 19

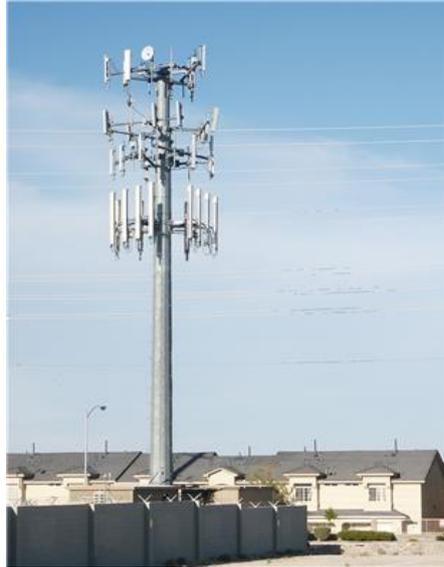
Distribución básica de equipos en la terminal aérea



Nota: Desarrollado por el autor

Figura 20

Fotografía de una antena radio base



Nota: Tomado desde <http://cubica.com.ec/radio-bases.html>

Cada una de las Small Cell será colocada en sitio estratégicos en el Aeropuerto para mejorar la capacidad y cobertura de la red 5G, se utilizarán Small Cell Indoor y Outdoor. Adicional se considerará la colocación de *small cell indoor*, para garantizar una mejor experiencia en el uso del Internet al Usuario, y se pueda aprovechar las aplicaciones al máximo.

2.2.7 Femtoceldas

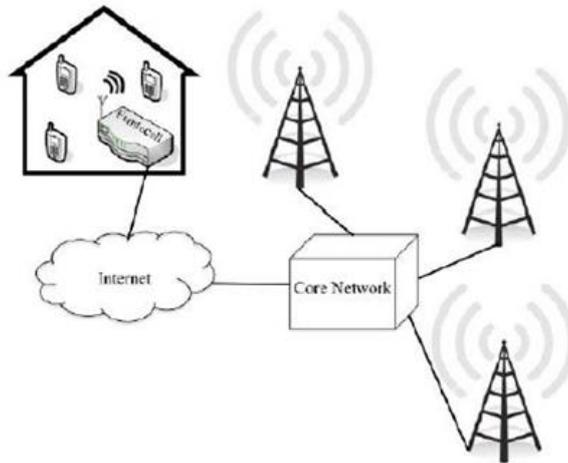
Las femtoceldas son células más pequeñas instaladas en interiores mientras se conectan a la red mediante el backhaul, aumenta así el rendimiento del usuario desde rangos más cortos, aumenta la capacidad del sistema a través de la reutilización espacial, mejora la cobertura de los operadores y la calidad del servicio con un bajo costo y equilibrio de carga mediante la descarga de tráfico de macroceldas a femtoceldas. Para lograr todos los beneficios, las femtoceldas deben utilizar la misma tecnología que las macroceldas y también deben mitigar las interferencias intermedias. Pero, por otro lado, usar el mismo espectro provoca interferencias entre ellos. Se propone FFR (reutilización fraccionada de frecuencia), que es un mecanismo dinámico de asignación de frecuencia, para mitigar la interferencia. La clave para equilibrar las femtoceldas y las macroceldas son la movilidad, la carga y la potencia.

Algunas consideraciones de diseño se deben aplicar para el despliegue de femtoceldas. La premisa de implementación, aplicaciones y patrones de uso, asignación de recursos, detección de

interferencias y el dispositivo que interfiere con ella, y un buen plan para negociar recursos para superar la interferencia son algunas de las consideraciones de diseño propuestas para femtoceldas.

Figura 21

Femtocelda para interiores

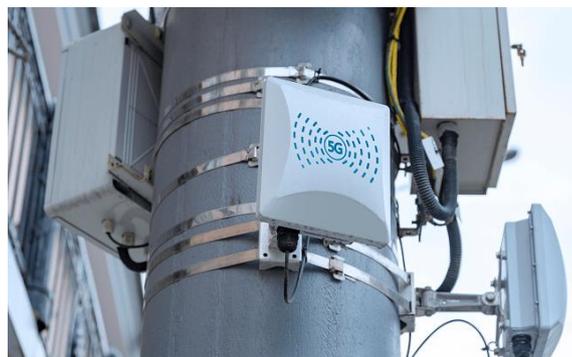


Nota: Tomado de (Jiménez, 2017)

Una Femtocelda es una estación base económica que tiene funciones de ahorro de energía y fácil despliegue con un alcance de algunas decenas de metros. Está diseñado para poder optimizarse y configurarse dinámicamente con la facilidad de implementación *Plug-and-Play*. Por otro lado, los dispositivos deben buscar femtoceldas automáticamente

Figura 22

Celda básica para exteriores



Nota: Tomado desde <http://cubica.com.ec/radio-bases.html>

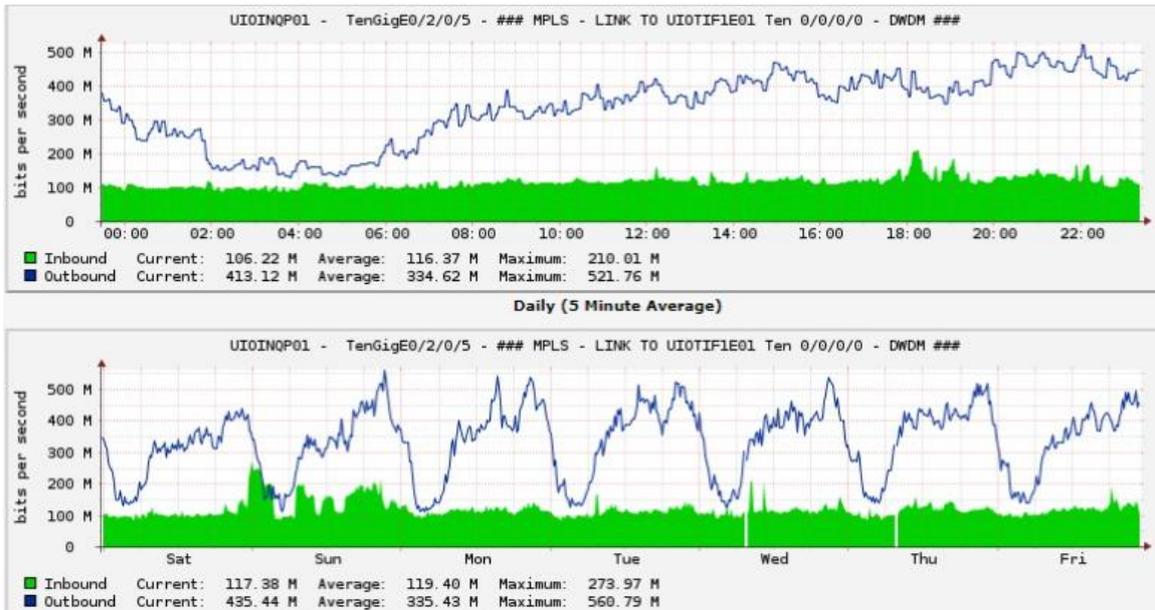
2.2.7 Capacidad de transmisión

Para la implementación de la red 5G, se debe considerar la capacidad actual con la que se cuenta, existen 4 Transmisiones repartidas de la siguiente manera:

- Dos transmisiones de 500 Mbps
- Dos transmisiones de 300 Mbps

Figura 23

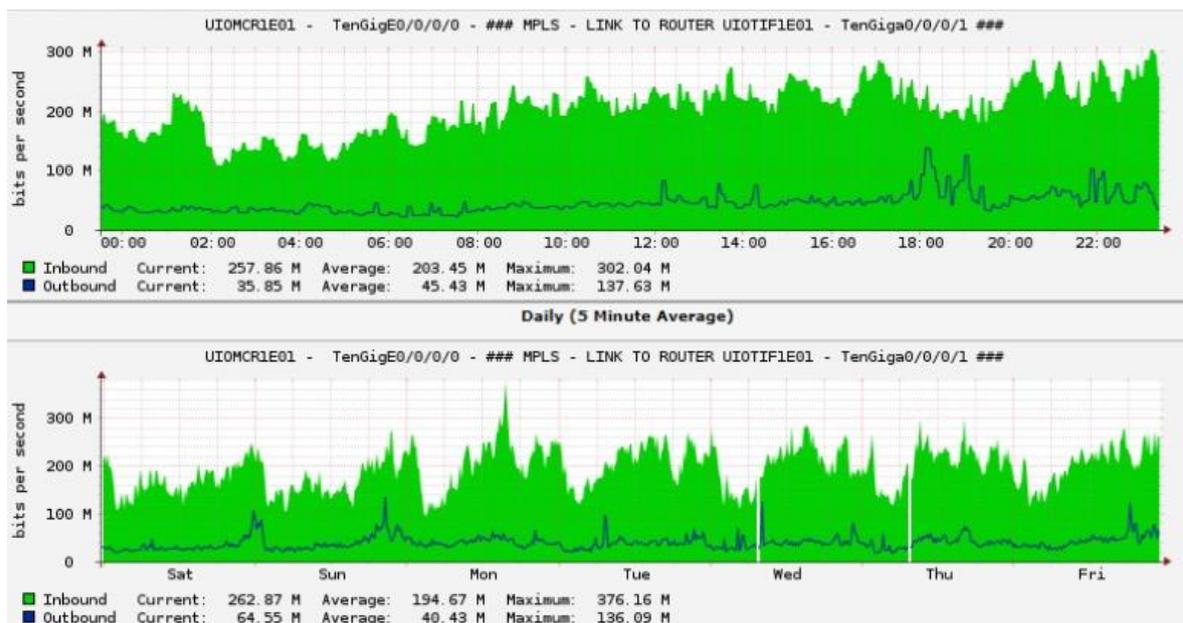
Captura del historial de equipo MPLS de 500 Mbps con puertos TenGiga



Nota: Presentación del tráfico por cada uno de los enlaces

Figura 24

Captura del historial de equipo MPLS de 300 Mbps con puertos TenGiga



Nota: Presentación del tráfico por cada uno de los enlaces

Dichas transmisiones no presentan saturación, sin embargo, se necesita realizar un aumento en la capacidad de transmisión para abastecer a cada una de las radio bases principales. El aumento del Ancho de Banda será hasta los 1000 Gb, para cada uno de los 4 Uplink, que se tiene actualmente, con lo que se busca garantizar la velocidad de 10 Gbps, respetando el estándar para la tecnología 5G.

2.2.8 Áreas de cobertura del servicio

Figura 25

Principales áreas en la terminal aeroportuaria



Nota: Desarrollado por el autor

2.2.8 Simulación de algunos parámetros

Para el presente trabajo se aplicó un simulador de código abierto denominado NYUSIM, el cual ha sido desarrollado en función de las mediciones reales de canales de propagación de banda en múltiples frecuencias, en diferentes entornos, como exteriores de microcélulas urbanas (UMi), macrocélulas urbanas (UMa) y macrocélulas rurales (RMa). NYUSIM muestra una representación precisa de las respuestas impulsivas reales del canal tanto en el tiempo como en el espacio, así como niveles de medición real, y es aplicable para una amplia gama de frecuencias portadoras de 500 MHz a 100 GHz, y anchos de banda de RF de 0 a 800 MHz. El código que utiliza el simulador está realizado en MATLAB (Sun, Mc Carney, & Rapoport, 2017).

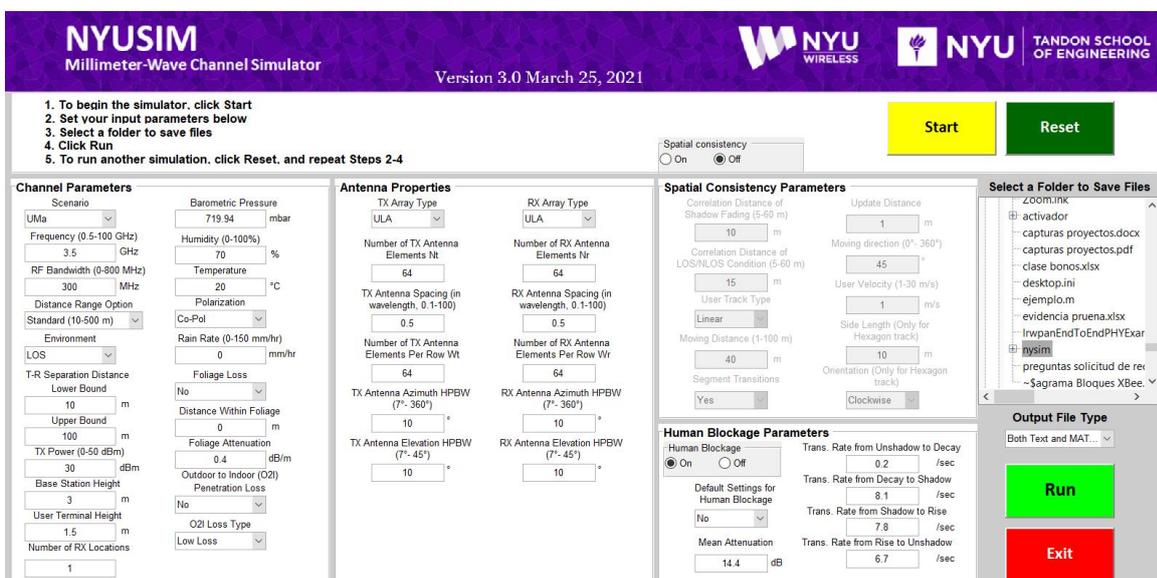
Cuando se ejecuta la simulación se genera y almacena cinco figuras, con una adicional de gráfico de dispersión de pérdidas de trayectoria después de que se completen N ($N \geq 1$) ejecuciones de simulación continuas con los mismos parámetros de entrada. Independientemente del número de ejecuciones de simulación (ubicaciones RX), las cinco figuras generadas a partir de la primera ejecución

de simulación, así como la última figura generada para N ejecuciones de simulación continua, aparecerán en la pantalla con fines visuales.

Las seis figuras de salida son: espectro de potencia AOD tridimensional (3D), espectro de potencia AOA 3D, un perfil de retardo de potencia (PDP) omnidireccional de muestra, un PDP direccional de muestra con la potencia más fuerte, una serie de PDP sobre diferentes elementos de antena de recepción y un gráfico de dispersión de pérdidas de trayecto.

Figura 26

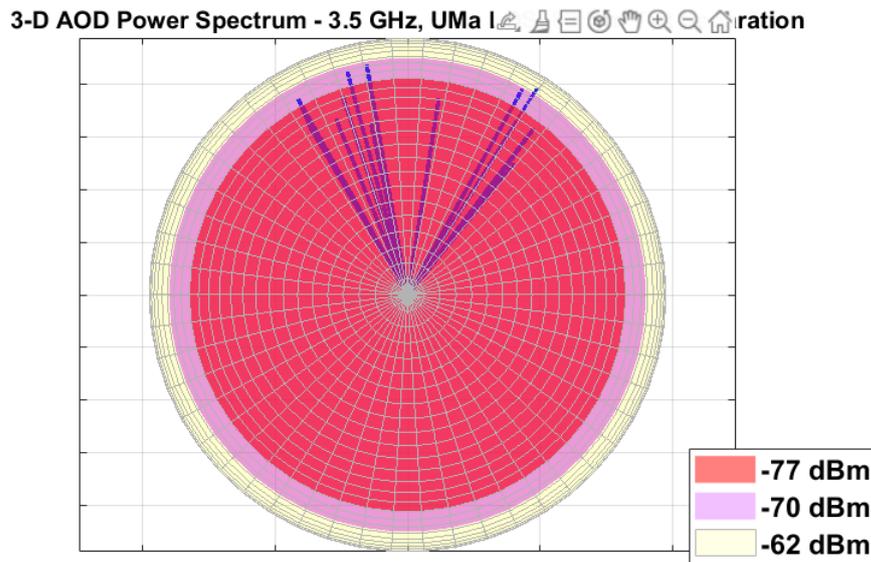
Parámetros básicos con el simulador NYUSIM



Nota: Captura de pantalla

Figura 27

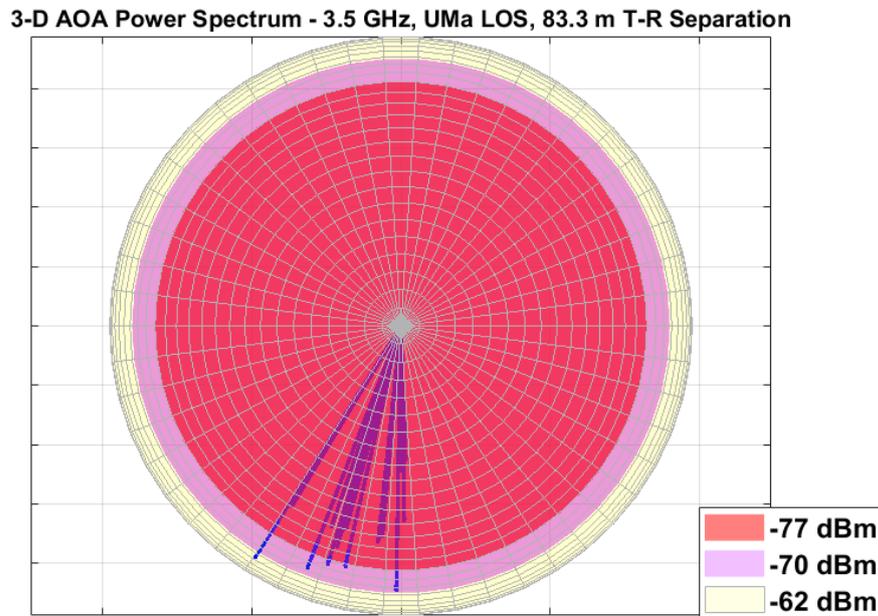
Parámetros de pérdida de potencia espectral el simulador



Nota: Captura de pantalla

Figura 28

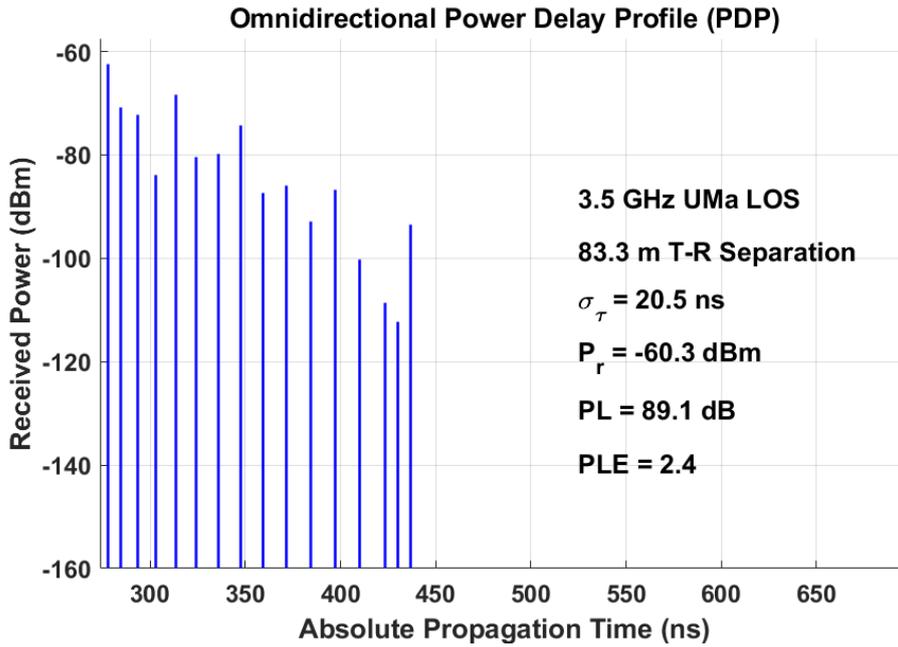
Parámetros de pérdida de potencia espectral el simulador



Nota: Captura de pantalla

Figura 29

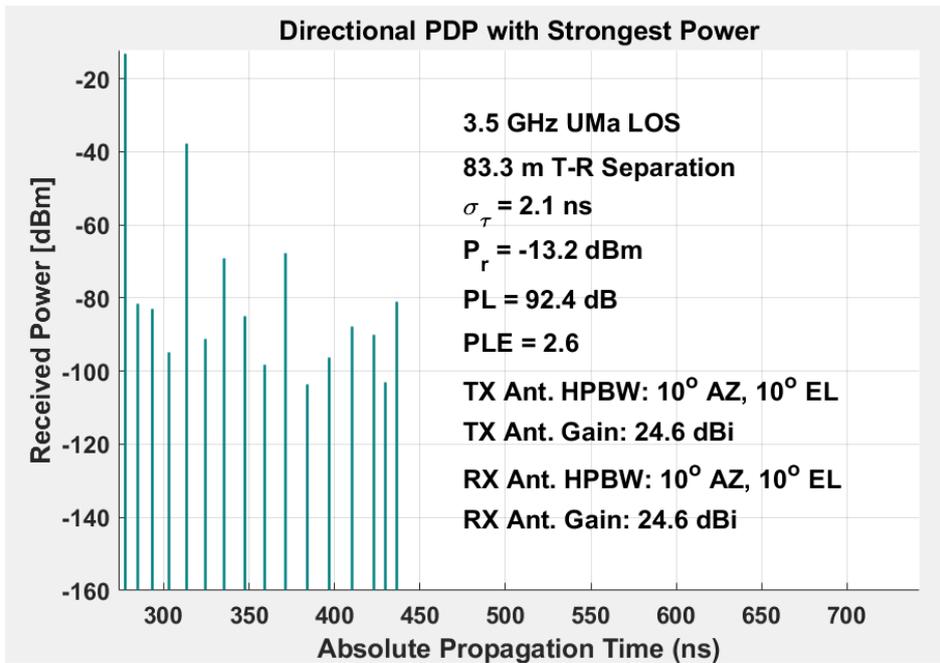
Parámetros de retraso del perfil omnidireccional de potencia (PDP)



Nota: Captura de pantalla

Figura 30

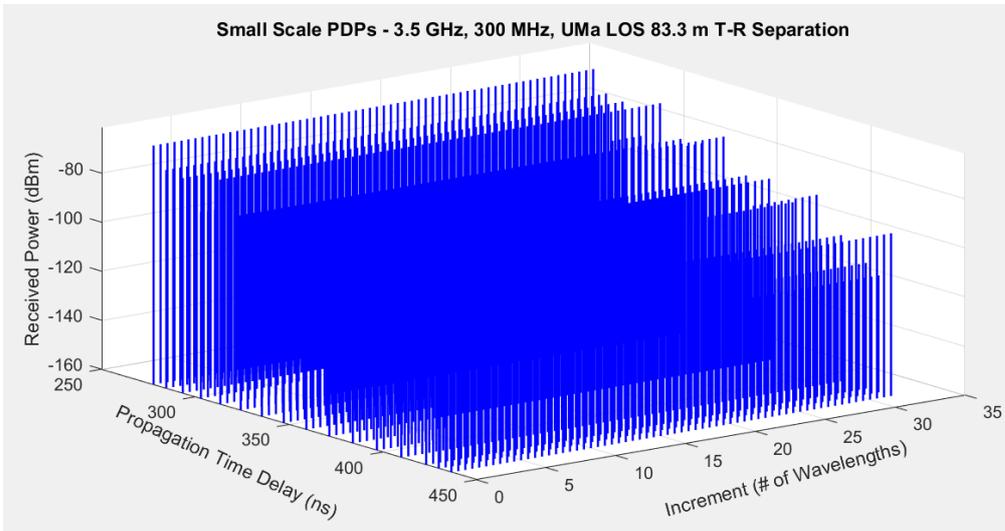
Parámetros de potencia direccional más fuerte PDP



Nota: Captura de pantalla

Figura 31

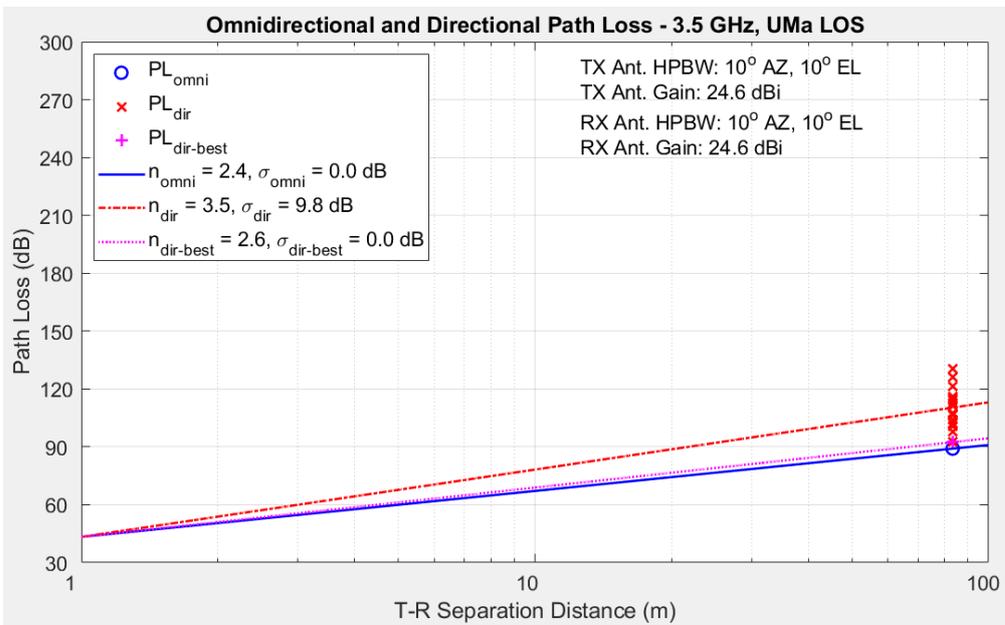
Parámetros de retardo de tiempo de propagación, potencia recibida e incremento de



Nota: Captura de pantalla

Figura 32

Parámetros de pérdida de potencia omnidireccional y directa



Nota: Captura de pantalla

2.3. Matriz de articulación

Con la presente matriz se resume la coyuntura de los resultados con los soportes teóricos, estratégicos-técnicos, metodológicos, y tecnológicos que se utilizarán.

| EJE / PARTES PRINCIPALES | APOYO TEÓRICO | APOYO METODOLÓGICO | ESTRATEGIA / TÉCNICAS | CUADRO DE RESULTADOS | CLASIFICACIÓN TIC |
|--|---------------------------------------|------------------------------------|--|--|-------------------|
| Diseño de sistemas y de elementos | Sistemas de radiofrecuencias | Revisión documental y experimental | Revisión de los tipos de frecuencias y características | Circuitos de acondicionamiento de señales e interfaces | |
| Procesamiento de las señales proveniente de los sensores. | Algoritmos y microcontroladores | Experimental | Pruebas de resultados obtenidos por los algoritmos de procesamiento. | Información que indica la situación de la medición | |
| Transmisión y recepción de la información. | Protocolos de Transmisión / Recepción | Experimental | Pruebas de envío y recepción de paquetes de datos. | Información que miden los sensores es la que se transmite y recepta. | |
| Almacenamiento y visualización de la información. | Interfaz IOT | Exploratoria | Análisis del funcionamiento de las plataformas IOT. | Base de datos e información cómoda de interpretar. | |
| Pruebas de validación. | Estándar de la variable q medirse | Exploratoria | Pruebas individuales | Simulador y comparación con nuevos estándares | |

NOTA: Elaboración propia

CONCLUSIONES

La banda seleccionada de los 3.5 GHz que se utilizará en la red G es la más adecuada para los fines prácticos, ya que se revisó las características de las frecuencias superiores e inferiores del espectro electromagnético que se emplearán en las futuras concesiones o licitaciones que el estado ecuatoriano saque a concurso para los operadores de comunicaciones móviles.

Las redes móviles serán el medio de comunicación más utilizado en un futuro próximo. De hecho, a excepción de las redes donde la infraestructura ya está configurada para un entorno informático de alta velocidad o basado en mainframe, los otros dispositivos de comunicación ya han comenzado a cambiar a redes móviles. Por ejemplo, las computadoras portátiles personales utilizan principalmente para conexiones inalámbricas a Internet.

Cada año se venden más de mil millones de dispositivos móviles, de los cuales la mayor parte es capaz de comunicarse por Internet. El acceso a Internet de alta velocidad mientras está en movimiento será la demanda normal de los usuarios, incluso desde el punto de vista tecnológico, estos son problemas sofisticados que deben manejarse con una combinación de tecnologías, algoritmos y protocolos. Esto apunta a una mejor QoS con menor interferencia. Los enfoques novedosos como las fotocélulas, las plataformas de gran altitud y la radio cognitiva pueden ser una combinación de recursos para la Internet móvil de próxima generación.

Pero hay que recordar que son algunas de las muchas técnicas que se pueden abordar seleccionar para satisfacer las demandas, así como para abordar eficazmente las limitaciones existentes. Los pasos para 5G acaban de comenzar y aún no se han estandarizado, pero las investigaciones tecnológicas han comenzado con entusiasmo con tecnologías tan prometedoras e innovadoras.

RECOMENDACIONES

Los operadores de red han comenzado a encontrar nuevas formas de soportar servicios heterogéneos. La segmentación de la red se está convirtiendo en un método posible, lo que permite a los operadores de red crear instancias de servicio de forma rápida y flexible, lo que permite que diferentes servicios tengan sus propias instancias de segmentación lógica en la infraestructura compartida. Este tipo de redes móviles, se convertirán en la clave para una arquitectura de red 5G orientada a servicios. El trabajo de grado actual es una revisión del trabajo futuro en tecnología móvil e investigación prospectiva. Como base para que los futuros estudiantes de posgrado sigan estudiando las redes de comunicación, utilicen otros métodos e implementen modelos comparativos que apoyen el análisis.

Como marco de referencia para empresas privadas y gubernamentales y futuras investigaciones e investigaciones sobre los pasos que se deben seguir para seleccionar mejor los criterios de las bandas medias del espectro electromagnético para la tecnología 5G en Ecuador, con visión a las tendencias y expectativas futuras, ya que serán variables importante en el proceso de aplicación tecnológica.

Las telecomunicaciones móviles en todo el mundo aumentarán a largo plazo, debido al crecimiento de la población y las nuevas tecnologías con lo cual, se recomienda utilizar altas frecuencias específicas en las bandas de frecuencia de 28 GHz, 38 GHz y 73 GHz en el campo de la telefonía móvil.

Bibliografía

- Arriagada M. (2019). *DISEÑO DE RED DE TRANSPORTE PARA SERVICIOS MOVILES '5G'*. Valparaiso.
- Balseca L. (2019). "*ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RECEPTOR DE ALTA FRECUENCIA PARA SU UTILIZACIÓN EN REDES INTEGRADAS DE QUINTA GENERACIÓN (5G)*". Riobamba.
- Otero j. (2019). *Comentarios de 5G Americas a Consulta Publica*. Comentario público, Bellevue.
Obtenido de www.5gamericas.org
- San Martin J. (2020). *Impacto en la productividad por el uso de tecnologías 5G en Ecuador*. Quito, Ecuador: UIT.
- Sun, S., Mc Carney, R., & Rapaport, T. (2017). A Novel Millimeter-Wave Channel Simulator and. *Communications*. Obtenido de <https://arxiv.org/pdf/1703.08232.pdf>
- Sutton A. (2017). 5G Network Architecture and Design. *BT Line*.

ANEXOS

Cisco ASR 9901 Router Data Sheet

Product overview

Part of the Cisco ASR 9000 Series, the Cisco ASR 9901 Router (Figure 1) is a compact high-capacity Provider Edge (PE) router that delivers 456 Gbps of nonblocking, full-duplex fabric capacity in a Two-Rack-Unit (2RU) form factor. Based on the same Cisco IOS XR software image as the other routers in the Cisco ASR 9000 Series, the Cisco ASR 9901 Router delivers the features and services found on the ASR 9000 Series platforms, allowing customers to standardize on the same Cisco IOS XR operating system. The Cisco ASR 9901 Router has an Integrated Route Switch Processor (RSP) and has 42 integrated ports that supports a combination of 1/10/100GE speeds, a GPS input for stratum-1 clocking, Building Integrated Timing Supply (BITS) ports, and management ports.



Figure 1.
Cisco ASR 9901 Router

Cisco ASR 9000 Series Aggregation Services Routers deliver exceptional scale, service flexibility, and high availability to Carrier Ethernet transport networks. The router is powered by widely deployed Cisco IOS XR 64 bit operating system, an innovative self-healing, distributed operating system designed for always-on operation. The ASR 9901 sets a new standard for Layer 2 and Layer 3 10GE/1GE service density and scale to support large-scale aggregation, Data Center Interconnect (DCI), and Satellite Network Virtualization (NV) System mode on the ASR 9000 Series Router. The ASR 9901 also supports industry leading MAC-SEC encryption on all its port speeds. These versatile capabilities help operators quality and stock one type of chassis that can be deployed in any combination of Layer 2, Layer 3, DCI, or aggregation applications, thereby reducing Capital Expenditures (CapEx) and Operating Expenses (OpEx), as well as reducing the time required to develop and deploy new services.

Cisco ASR 9000 Series Carrier Ethernet applications include business services such as Layer 2 and Layer 3 VPN (L2VPN and L3VPN, mobile backhaul transport networks, and Broadband Network Gateway (BNG). Features supported include Ethernet Services: L2VPN: IPv4, IPv6, and L3VPN; Layer 2 and Layer 3 multicast; Synchronous Ethernet (SyncE); Ethernet Operations, Administration, and Maintenance (EOAM) and MPLS OAM; Layer 2 and Layer 3 Access Control Lists (ACLs); Hierarchical Quality of Service (HQoS); MPLS Traffic

Engineering Fast Reroute (MPLS TE-FRR), Multichassis Link Aggregation (MC-LAG), Integrated Routing and Bridging (IRB), and Cisco Nonstop Forwarding (NSF) and Nonstop Routing (NSR). The System also supports the advanced features including Segment Routing, EVPN, Programmability and Telemetry and other enhancements in the IOS-XR 64 Bit Operating System.

Features and benefits of the Cisco ASR 9901 Router are listed in Table 1.

| Feature | Benefit |
|---|---|
| Highly Scalable fabric | Designed to support high 1/10/40/100 Gigabit densities in a 2RU form factor Provides built-in scalability for investment protection |
| Integrated ports | Provides 42 Integrated ports (16x1G, 24x1/10G (Dual rate), 2x100G ports) |
| Cisco Pluggable Interfaces | Provides the capacity to mix and match 1, 10, 40 and 100 Gigabit Ethernet interface types across the ASR 9901 chassis. For a complete list of supported pluggable interfaces, see the Cisco Optics Compatibility Matrix . |
| Integrated route processor with 32 GB RAM | Runs Cisco IOS XR 64 Bit, a carrier-class operating system with high memory capacity suitable for all multidimensional scale applications. |
| Distributed forwarding plane architecture | Allows ports to support independent forwarding for enhanced performance and scale |
| Hardware-based IEEE 1588 support | Delivers timing services over the packet network efficiently and reliably |
| Two independent clock source connections: BITS and Synchronization Supply Unit (SSU) with DOC SIS [®] Timing Interface (DTI) | Offers redundant, centralized network synchronization support |
| GPS | Provides option for Stratum-1 clocking |
| Processor | Integrated RSP has 4 cores, 2.4 GHz Intel CPU |
| Embedded USB memory (eUSB) port | Provides access to USB flash memory devices for software image loading and upgrades |

| Feature | Benefit |
|------------------|---|
| Front-panel LEDs | Provides visual indication of RSP status, power management, and activity on compact flash and Hard Disk Drive (HDD) |
| Management ports | Provides easy access to system console |
| Power supply | Redundant AC or DC power supplies |

Product specifications

Table 2 provides details about the Cisco ASR 9901 Router. The system is designed for high performance and high reliability. The Cisco ASR 9901 has an integrated RSP capable of supporting fabric bandwidth up to 456 Gbps.

Table 2. Specifications for Cisco ASR 9901 Router

| Category | Part Number or Specification |
|--------------------------|---|
| Chassis | ASR 9901 |
| Integrated interfaces | 16x1 GE, 24x 1/10 GE, 2x100 GE |
| Redundancy | Power supply and Fan redundancy |
| Power supply part number | <ul style="list-style-type: none"> • A9K-1600W-AC • A9K-1600W-DC |
| Physical specifications | <ul style="list-style-type: none"> • Height: 3.43 inches (8.7 cm) • Width: 17.32 inches (44 cm) • Depth: 23.62 inches (60 cm) • Weight of chassis: 47.62 lbs (21.6 kg) • Weight of fully configured (including 2 x power modules & 3x Fan trays) chassis 55.97 lbs (25.4 kg) |

GLOSARIO

Big data: hace referencia a una gran cantidad de información sin procesar. El uso moderno del término "big data" tiende a describir al análisis del comportamiento del cliente, usuario o consumidor, extrayendo valor de los datos almacenados, y formulando predicciones a través de los patrones observados.

OTT

Over The Top: servicios digitales que funcionan sobre internet por ejemplo: WhatsApp, Telegram.

Plataformas tecnológicas: conjunto de elementos de hardware y software que crean las compañías innovadoras de tecnologías, diseñando aplicaciones creativas, únicas y cada vez más accesibles al usuario.

Streaming: tecnología que permite ver y oír contenidos que se transmiten desde internet u otra red sin tener que descargar previamente los datos al dispositivo, desde el que se visualiza y escucha el contenido

Virtualización de red: la virtualización de red (NV) hace referencia a la desvinculación de los recursos de red que tradicionalmente se proporcionaban en forma de hardware para permitir al usuario el acceso y aprovisionamiento virtual de toda la red, a través de un sistema de gestión centralizado. La virtualización de red puede combinar varias redes físicas en una red virtual mediante software o dividir una red física en redes virtuales independientes y separadas

eMBB: enhanced Mobile Broadband

EPC: Evolved Packet Core
FDD: Frequency Division Duplexing
FWA: Fixed Wireless Access
GB: Gigabit
GHz: Gigahertz
GSA: Global Mobile Supplier Association
GSM: Groupe Speciale Mobile
GSMA: GSM Association
IA: Inteligencia Artificial

| | |
|------------|---|
| IMT: | International Mobile Telecommunications |
| IoT: | Internet of Things |
| UIT / ITU: | Union Internacional de Telecomunicaciones |
| LATAM: | Latinoamérica |
| LTE: | Long Term Evolution |
| Mbps: | Megabits por segundo |
| Gbps: | Gigabits por segundo |
| M2M: | Machine to Machine |
| MEC: | Mobile Edge Computing |
| MHz: | Megahertz |
| mMTC: | massive Machine-Type Communication |
| MNO: | Mobile Network Operator |
| NB IoT: | Narrowband Internet of Things |
| NR: | New Radio |
| NSA: | Non-Standalone |
| PC: | Personal Computer |
| RA / AR: | Realidad Aumentada |
| RATG: | Radio Access Technique Group |
| RBS: | Radio Base Station |
| RFID: | Radio Frequency Identification |
| RV / VR: | Realidad Virtual |
| SA: | Standalone |
| TDD: | Time Division Duplex |
| TI: | Tecnología de la Información |
| TIC: | Tecnologías de la información y la comunicación |
| URLL: | Ultra Reliable Low Latency |
| xDSL: | "x" (distintos tipos) Digital Subscriber Line |

DEDICADO CON

TODO MI CORAZÓN A:

MÍA VALENTINA

NANCY LUCIA

MARÍA LIBELIA

STÉFANY MARIBEL

ZELESTHE VALENTINA

“Todos nuestros sueños pueden convertirse en realidad, si tenemos la valentía de perseguirlos”

Walt Disney (1901-1966)

“No quiero creer, quiero saber.”

Carl Sagan (1934-1996)

2021