

NOMBRE DEL TRABAJO

T088A_73244284_T.pdf

AUTOR

KARINA VANESSA HUAROC ZEVALLOS

RECUENTO DE PALABRAS

16059 Words

RECUENTO DE CARACTERES

87950 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

86 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.1MB

FECHA DE ENTREGA

Feb 22, 2023 10:02 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Feb 22, 2023 10:07 AM GMT-5**● 9% de similitud general**

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

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y

TELECOMUNICACIONES



**“IMPLEMENTACIÓN DE LTE ADVANCE CON
PORTADORA AGREGADA EN EL SITE LTE
TRUJILLO1 PARA LA PLAZA DE ARMAS DE
TRUJILLO LA LIBERTAD, PERÚ.”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

KARINA VANESSA HUAROC ZEVALLOS

ASESOR

ABILIO BERNARDINO CUZCANO RIVAS

Villa El Salvador

2018

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios por darme las fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades. A mi familia quienes por ellos soy lo que soy. Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos. A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar.

AGRADECIMIENTO

El resultado de este proyecto, está dedicado a todas aquellas personas que de alguna forma me apoyaron para su culminación en especial a Christian Leiva Rosales. A mi familia porque siempre me brindó su apoyo, tanto sentimental, como económico. A las personas que compartieron sus conocimientos y tiempo para que este proyecto sea satisfactorio.

INDICE

INTRODUCCION	ix
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Descripción de la Realidad Problemática	1
1.2 Justificación del Problema	2
1.3 Delimitación del Proyecto	3
1.3.1 Teórica.....	3
1.3.2 Temporal.....	3
1.3.3 Espacial	3
1.4 Formulación del Problema	3
1.4.1 Problema General.....	4
1.4.2 Problemas específicos	4
1.5 Objetivos.....	5
1.5.1 Objetivo General	5
1.5.2 Objetivos Específicos.....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Antecedentes de la Investigación	6
2.2 Bases Teóricas.....	9
2.2.1 LTE	9
2.2.1.1 Sistema de Paquetes Evolucionado	10
2.2.1.2 Equipo de usuario	11
2.2.1.3 E-UTRAN y eNodoB	12
2.2.1.4 Multituidity Entidad de Gestión y Home suscripción del servidor	12
2.2.1.5 Esquemas de acceso múltiple.....	14
2.2.1.6 MIMO	15
2.2.1.7 Esquemas de modulación	16
2.2.2 LTE-Advanced	17
2.2.2.1 Comunicados Caracteristicas	18
2.2.2.2 Agregación De Portadoras CA.	19
2.2.2.3 Fundamentos de la agregación de portadoras	19
2.2.2.4 Escenarios de agregación de portadoras	20
2.2.2.5 Modos de agregación de portadoras	21
2.2.2.6 Escenarios de implementación agregación de portadoras	23
2.2.2.7 Combinaciones de bandas.....	25
2.2.2.8 Canal de Banda ancha.....	27
2.2.2.9 Anchos de banda del canal por banda operativa.....	28
2.2.2.10 Celular y la gestión de la movilidad	28
2.2.2.11 Capacidades del UE y las expectativas teóricas	29
2.2.2.12 Mejoras y el desarrollo futuro	31

2.2.3 Definición de términos básicos.....	31
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL OBJETIVO DE TRABAJO DE SUFICIENCIA	33
3.1. Implementacion física.....	34
3.2 implementacion lógica.....	37
3.2.1 Arquitectura de pila de protocolo.....	37
3.2.2 Eventos relacionados a emplearse.....	38
3.2.3 Features CA empleados.....	39
3.2.4 Combinaciones de banda definidas.....	40
3.2.5 PROCEDIMIENTOS IMPLICADOS.....	41
3.2.5.1 Habilidad de portadora a gregada en el enodeb.....	41
3.2.5.2 Anclaje PCC.....	42
3.2.5.3 CONFIGURACIÓN, CAMBIO, ACTIVACIÓN, DESACTIVACIÓN Y ELIMINACIÓN DE SCELL.....	43
3.2.6 Configuración basada en CA-grupo.....	44
3.2.7 Configuración adaptable.....	44
3.2.8 Anclaje PCC para UE RRC_CONNECTED.....	46
3.2.9 Anclaje de PCC basado en grupos CA.....	46
3.2.10 Anclaje de PCC adaptable.....	48
3.2.11 Configuración de frecuencia del PCC (LST PCCFREQCFG).....	51
3.2.12 Configuración de frecuencia SCC (LST SCCFREQCFG).....	53
3.2.13 Señalización Del Movil.....	56
3.3 Pruebas.....	57
3.3.1 Pruebas antes de la implementación de Portadora Agregada.....	57
3.3.2 Pruebas después de la implementación de Portadora Agregada.....	59
3.4 Análisis de resultados.....	61
3.4.1 Tabla de datos.....	62
3.4.2 Análisis de las gráficas con las pruebas realizadas.....	63
3.4.2.1 Gráficas de análisis comparativo de los resultados de descarga de datos.	63
3.4.2.2 Gráficas de análisis comparativo de los resultados de cobertura.	65
3.4.2.3 Gráficas de análisis comparativo de los resultados de cantidad de usuarios.....	66
3.4.2.4 Comparación y análisis entre Implementación de lte advance con portadora agregada en el site LTE Trujillo1 para la plaza de armas de Trujillo la Libertad, Perú y artículo técnico Los avances en portadora agregada y MU-MIM para LTE-A proyecto Samurai.....	68
Conclusiones.....	70
Recomendaciones.....	71
Bibliografía.....	72
ANEXOS.....	76

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Conexiones LTE del 2017 -2021.....	8
FIGURA 2. EPS arquitectura básica del sistema en LTE (3GPP, 2014)	10
FIGURA 3. Frecuencia de enlace descendente y de enlace ascendente en las tecnologías de acceso LTE.....	14
FIGURA 4. Multiplexación espacial MIMO 2x2.....	15
FIGURA 5. Esquemas de modulación utilizados en LTE.	16
FIGURA 6. Ediciones de LTE y algunas de las características ilustradas en una línea de tiempo.....	18
FIGURA 7. Ediciones de LTE y algunas de las características ilustradas en una línea de tiempo.....	20
FIGURA 8. Modos de agregación de portadoras. Contigua intra-banda, intra-banda no contigua e inter-banda no contigua.	22
FIGURA 9. Escenarios de implementación de CA. La agregación es posible entre la superposición células Frecuencia 1 y Frecuencia 2.	24
FIGURA 10. Definición del ancho de banda del canal y la configuración del ancho de banda de transmisión para uno Portador de E-UTRA.	27
FIGURA 11. Diagrama de Gantt para el proyecto	33
FIGURA 12. Plaza de armas de Trujillo	34
FIGURA 13. Antena huawei modelo ASI4517R1.	35
FIGURA 14. Posición de de RRUs.....	35
FIGURA 15. Nueva RRU implementada para banda baja.....	36
FIGURA 16. Recorrido del cableado de las RRUS.	36
FIGURA 17. Barra de tierra para RRU's.	37
FIGURA 18. Configuración de portadora agregada en el enodeB.	42
FIGURA 19. Transiciones de estado de SCell.	43
FIGURA 20. Configuración basada en el grupo CA.	44
FIGURA 21. Configuración adaptativa.	44
FIGURA 22. Configuración de un grupo de CA.	45
FIGURA 23. Muestra el procedimiento de anclaje de PCC adaptativo.	49
FIGURA 24. configuración de frecuencia del PCC.	52
FIGURA 25. configuración de frecuencia del SCC.	54
FIGURA 26. Señalización Del Movil.....	56
FIGURA 27. Bandas que soporta el móvil como la banda 2 y banda 7.	56
FIGURA 28. Combinaciones que soporta el móvil intra banda 7 y inter banda 28.	57
FIGURA 29. Prueba de descarga antes de la implementación de la Portadora Agregada.	57
FIGURA 30. Cantidad de usuarios antes de la implementación de la Portadora Agregada.	58
FIGURA 31. Prueba de descarga antes de la implementación de la Portadora Agregada.	58

FIGURA 32. Cobertura de la plaza de Armas de Trujillo antes de la implementación de la Portadora Agregada.	59
FIGURA 33. Descarga después de la implementación de la Portadora Agregada.	59
FIGURA 34. Cantidad de usuarios después de la implementación de la Portadora Agregada.	60
FIGURA 35. Prueba de descarga después de la implementación de la portadora agregada.	60
FIGURA 36. Cobertura de la plaza de Armas de Trujillo con CA después de la implementación de la portadora agregada.	61
FIGURA 37. Gráfica de Prueba de descarga comparativa.	64
FIGURA 38. Gráfica de prueba de descarga porcentual.	65
FIGURA 39. Gráfica de prueba de cobertura.	65
FIGURA 40. Gráfica de prueba porcentual de cobertura.	66
FIGURA 41. Gráfica de prueba de cantidad de usuarios.	67
FIGURA 42. Gráfica de prueba porcentual de usuarios.	67
FIGURA 43. Gráfica comparativa de la prueba de velocidad de descarga antes de la implementación.	68
FIGURA 44. Gráfica comparativa de la prueba de velocidad de descarga después de la implementación.	69

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Intra banda bandas de funcionamiento CA contiguas [31].	25
Tabla 2. Relación entre el ancho de banda del canal (canal BWC) y el ancho de banda de la transmisión.	27
Tabla 3. UE categorías y capacidades definidas por el 3GPP.	29
Tabla 4. Feature LAOFD-001002 y LAOFD-080207.	39
Tabla 5. Parámetros empleados con el comando CA Group (LST CAGROUP).	45
Tabla 6. Descripción de salida.	46
Tabla 7. Parámetros del comando LST PCCFREQCFG.	51
Tabla 8. Descripción de salida del comando LST PCCFREQCFG.	52
Tabla 9. Parámetros del comando LST SCCFREQCFG.	53
Tabla 10. Descripción de salida del comando LST SCCFREQCFG.	54
Tabla 11. Descarga de datos, cobertura y cantidad de usuarios en la implementación con la configuración LTE ADVANCE con Portadra Agregada.	62
Tabla 12. Descarga de datos de antes y después de la implementación con la configuración LTE ADVANCE con Portadra Agregada y el Proyecto SAMURAY avances en portadora agregada y MU-MIM para LTE-A proyecto Samurai.	63

INTRODUCCION

Durante los últimos 15 años, la tecnología móvil ha aumentado enormemente en todo el mundo, actualmente, cada vez más dispositivos móviles están conectados a Internet y por lo tanto el tráfico de datos móviles se ha expandido enormemente. Además se espera que entre 2015 y 2021 el tráfico móvil global se multiplique por once y que aproximadamente el 90% del tráfico de datos móviles será desde teléfonos inteligentes al final del 2021.

Debido a que la banda ancha en el Perú móvil se ha convertido en una necesidad cotidiana ya que los usuarios finales han encontrado uso para la banda ancha móvil con servicios como Spotify, Netflix y WhatsApp.

El consumo de datos cada vez mayor por suscriptor y el número de suscripciones a teléfonos inteligentes ha creado una demanda de redes más rápidas, y para muchos operadores, las redes Release 8 y 9 de Evolución a Largo Plazo (LTE) vienen siendo la solución hasta ahora. Con el pronóstico de un crecimiento de once veces y las necesidades del cliente cada vez más exigente, se necesitan tecnologías más avanzadas.

Una de las respuestas a los altos y crecientes requisitos de las redes de radio en el futuro es el LTE-Avanzado (LTE-A) con la Agregación de portadora (CA). El LTE-A es una mejora para LTE e incluye características tales como la Agregación de portadora. Esta técnica combina múltiples proveedores de componentes y permite ancho de banda general más amplia, cobertura de enlace descendente mejorado y mayor rendimiento en comparación a la Versión 8 LTE. Esto hace que CA sea una de las tecnologías más prometedoras componentes en el LTE-A.

Esta tesis se basa en la implementación de LTE – Avanzado con portadora agregada en una Ret LTE existente para la plaza de armas de Trujillo específicamente en el sitio TRUJILLO1 el cual brinda cobertura a la plaza.

La técnica se centra en 2 componentes de frecuencia. Agregación de portadora (2CC CA). El objetivo principal de esta tesis es demostrar las mejoras con 2CC CA y examinar el rendimiento en cuanto cobertura y ancho de banda, para las pruebas en términos de rendimiento emplearemos dos móviles de distintos modelos los cuales serán monitoreados empleando un gestor para redes móviles y una aplicación que mida los picos de descarga. Además el objetivo también es comparar la cobertura y ancho de banda con LTE-A 2CC CA y sin ella.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

Las comunicaciones actualmente son una necesidad fundamental presente en nuestra sociedad, las cuales están teniendo un amplio crecimiento y evolucionando constantemente según un artículo publicado por 5G Americas, la asociación de la industria y la voz de 5G y LTE en las Américas

(Americas, 2017) LTE continúa su increíble ímpetu en América del Norte, América Latina y el resto del mundo en el cuarto trimestre de 2016, según datos de Ovum (firma de consultoría y análisis que se especializa en la cobertura global de las industrias de telecomunicaciones) las conexiones a LTE a nivel mundial alcanzaban los 1,9 mil millones y superaban los 2 mil millones a febrero de 2017. Mundialmente, se proyecta que LTE continuará su ímpetu alcanzando los 3 mil millones de conexiones en 2018

Las redes LTE proporcionan una velocidad de datos de enlace descendente que ya no son suficientes trayendo consigo la necesidad de ofrecer a los usuarios actuales y futuros mayor ancho de banda junto con una mejor calidad de servicio

. Debido a la cantidad de usuarios en aumento y las demandas de servicio que esta conlleva al ancho de banda limitado de un solo fragmento del espectro dejarían de ser suficiente para satisfacer a los usuarios, lo cual dificulta poder cumplir con las expectativas de los usuarios en cuanto a calidad de velocidad y cobertura. El avance en la tecnología de comunicación móvil ha llevado a un aumento en el uso de datos debido a aparatos electrónicos inteligentes. Además, a pesar de la mayor eficacia del espectro las velocidades de datos requeridas ya no pueden ser cubiertas por el sistema 4G LTE. Para alcanzar estas tasas de datos muy altas, se requiere aumentar los anchos de banda. Para hacer frente a esta situación se implementara el LTE ADVANCE con portadora agragada.

La técnica empleada de portadora agregada (CA) brindara la solución a este problema ya que nos permite agregar dos o más portadoras de componentes (CC). Estos canales o portadoras pueden ser componentes contiguos del espectro, o pueden estar en diferentes bandas dando como resultado CA contigua dentro de banda, CA no contigua dentro de banda y CA entre bandas.

1.2 Justificación del Problema

El ancho de banda es lo que sigue a la conectividad. Es un fin en sí mismo, es una necesidad y es lo que hace que los usuarios quieran o no usar la red. Por lo cual cuando una red no cumple con las expectativas en cuento a velocidad de descarga a

medida que esta lo requiera en poco tiempo dicha red se volverá obsoleta, ya que el ancho de banda nos abre las puertas para seguir evolucionando en las telecomunicaciones. Trujillo es la capital del departamento peruano de La Libertad, es la tercera ciudad del Perú por población, alcanzando el año 2015 los 799 550 habitantes según proyecciones del INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). La plaza de Armas de Trujillo o plaza Mayor de Trujillo, es la plaza donde se realizó la fundación española de la ciudad de Trujillo por ende un lugar turístico muy concurrido ya sea por su misma población o por los turistas que esta recibe, por tal motivo al ser un lugar concurrido mueve mayor cantidad de tráfico y es un escenario ideal para implementar la técnica de agregación de portadora CA.

1.3 Delimitación del Proyecto

1.3.1 Teórica

Los conceptos que delimitarán este proyecto serán:

- LTE, LTE-A, Portadora Agregada, Ancho de banda, velocidad de descarga de datos, cobertura.

1.3.2 Temporal

La plaza de Armas de Trujillo se ubica en la ciudad de Trujillo capital de la región de La Libertad, Perú

1.3.3 Espacial

El proyecto se realizará en el mes de febrero del año 2018.

1.4 Formulación del Problema

Para poder mejorar la calidad de servicio en cuanto a ancho de banda se refiere en la La plaza de Armas de Trujillo zona turitica con alta demanda de tráfico en la capital de la región de La Libertad, Perú, para brindar solución a este problema se debe emplear la técnica de Portadora Agregada (CA) lo cual nos permite agregar dos o más portadoras de componentes (CC). Y así lograr anchos de banda más amplios por ende mayor capacidad de descarga.

¿Es posible poder adecuar de manera efectiva la tecnología LTE ADVANCE con portadora agregada en La plaza de Armas de Trujillo zona turitica con alta demanda de tráfico en la capital de la región de La Libertad, Perú, en el mes de febrero del año 2018?

1.4.1 Problema General

¿De qué manera influye la implementación con la configuración LTE Advance con portadora agregada en la calidad de servicio móvil 4G de los usuarios en La plaza de Armas de Trujillo para el 2018?

1.4.2 Problemas específicos

1 ¿De qué manera influye la implementación con la configuración LTE Advance con portadora agregada en la velocidad de descarga de los usuarios en La plaza de Armas de Trujillo para el 2018?

2 ¿De qué manera influye la implementación con la configuración LTE Advance con portadora agregada en la cobertura de los usuarios en La plaza de Armas de Trujillo para el 2018?

3 ¿De qué manera influye la implementación con la configuración LTE Advance con portadora agregada en la cantidad de los usuarios en La plaza de Armas de Trujillo para el 2018?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Determinar la influencia de la implementación con la configuración LTE ADVANCE con Portadora Agregada en la calidad de servicio móvil 4G de los usuarios en La plaza de Armas de Trujillo para el 2018.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Mejorar la velocidad de descarga de los usuarios en La plaza de Armas de Trujillo para el 2018 con la implementación con la configuración LTE Advance con portadora agregada.
- Mejorar la cobertura para los usuarios en La plaza de Armas de Trujillo para el 2018 con la implementación con la configuración LTE Advance con portadora agregada.
- Aumentar la cantidad de usuarios en La plaza de Armas de Trujillo para el 2018 con la implementación con la configuración LTE Advance con portadora agregada.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

Los operadores móviles siguen buscando soluciones eficientes y rentables para apoyar a la gran demanda de datos y servicios de la próxima generación. El espectro sigue siendo un factor limitante. La mayoría de los operadores tienen asignaciones de espectro de menos de 20 MHz de espectro contiguo, múltiples bandas o bloques de espectro no contiguos. Como solución, los operadores de todo el mundo están adoptando la técnica de CA, que es una de las principales características de LTE- Avanzada en Rel-10, CA permitirá a los operadores poder cumplir con los requisitos del mercado de telecomunicaciones conforme este vaya evolucionando.

A pesar de que es una tecnología relativamente nueva, CA ya tiene antecedentes significativos en el mercado. Algunos ejemplos:

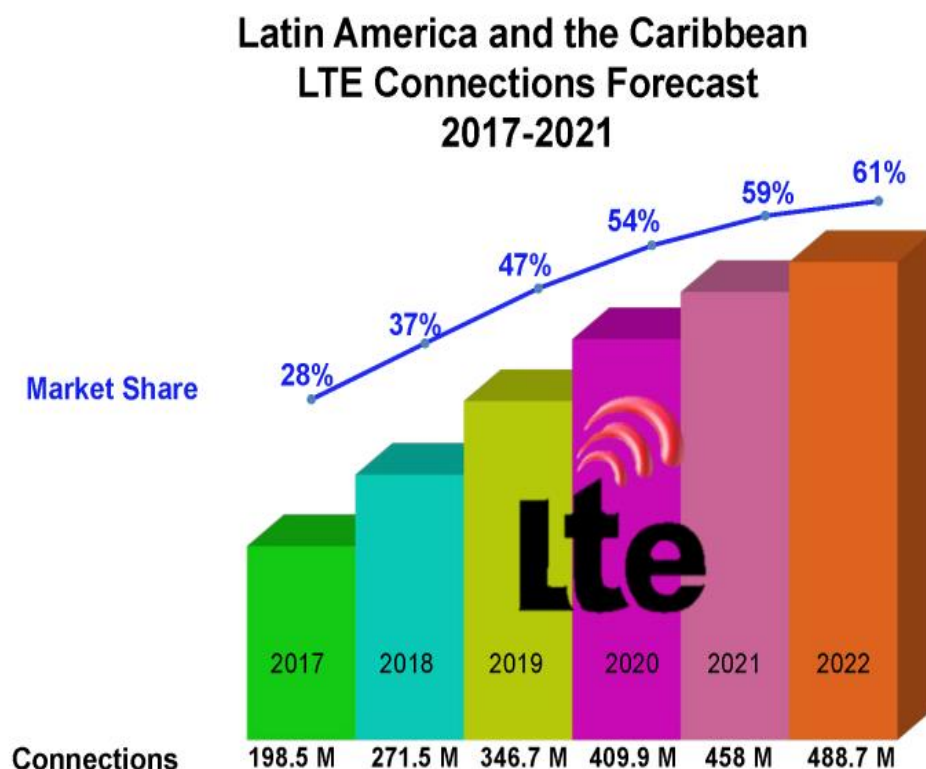
- (Eurecom, 2012) “Los avances en la agregación de portadoras y multiusuario MIMO para LTE-Advanced”

El estudio presentado en este documento revela las cuestiones

Principales de la prueba y medición del punto de vista, a saber, en la zona de generación de señal de banda ancha y el análisis de espectro. Los resultados de rendimiento revelan que usando enlace descendente CA prácticamente duplica el rendimiento del UE en caso de condiciones de carga modestos.

- (Parker, 2013) “Primera implementación de LTE Advanced con agregación de portadora” SK Telecom, utilizo CA para combinar dos portadoras de 10 MHz para soportar velocidades de datos de enlace descendente de hasta 150 Mbps DL. – Korea del Sur
- (Europe, 2013) “EE pone en marcha red LTE-A de 300Mbps utilizando la agregación de portadoras” La red ofrecio velocidades de hasta 300 Mbps utilizando la agregación de portadora LTE-Advanced combinando dos portadoras de 20MHz en el espectro de 1800 MHz y 20MHz de espectro de 2.6 GHz. 40 MHz - Reino Unido
- (Goldstein, 2014) “AT&T anuncia la agregación de portadora de LTE Advanced en Chicago”, CA en Chicago y los planes para otros mercados en la agregación de portadora de 2100 MHz y 700 MHz de espectro para entregar 150 MHz de espectro DL - América del Norte
- (Gestión, 2015) La compañía Telefónica ha presentado hoy una prueba de LTE-Advanced con agregación de portadoras de 3 bandas (3 CA) sobre una red real y en funcionamiento utilizando equipamiento de Ericsson. La

tecnología Carrier Aggregation es clave para la evolución del LTE, ya que mejora la capacidad de la red, simplifica la gestión del tráfico y amplía la cobertura. Telefónica utiliza todo su espectro disponible para combinar tres portadoras (20MHz en 2600 + 20 MHz en 1800 + 10 MHz en 800) y mostrando velocidades de hasta 375 Mbps DL. Los resultados se mostraron en el Samsung Galaxy Note 4, uno de los primeros dispositivos de categoría 9, capaz de soportar LTE-Advanced con Carrier Aggregation a tres bandas



Source:  September 2017 Forecast includes M2M



FIGURA 1. Conexiones LTE del 2017 -2021

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 LTE

(3GPP, 2009) Desde 2004, el Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3GPP) comenzó a definir objetivos para LTE. Era obvio que una nueva y evolucionada tecnología de radio debe ser estandarizada para el huso de banda ancha móvil y el aumento de las necesidades del usuario final cada vez más exigentes. El estándar LTE fue aprobado en 2007.

El alcance del artículo Estudio 3GPP para la evolución a largo plazo de la tecnología de acceso por radio era para asegurar la competitividad para los próximos diez años. Los requisitos para el 3GPP LTE son de alta eficiencia espectral, altas velocidades de datos pico, mejora el tiempo de configuración de acceso LTE, alto nivel de movilidad y la seguridad, la eficiencia terminal de potencia optimizada y flexibilidad en la frecuencia y ancho de banda. velocidades de datos pico se definen a superar los 100 Mbps en el enlace descendente (DL) y 50 Mbps en el enlace ascendente (UL). El tiempo de ida y vuelta se define a ser inferior a 10 ms, lo que mejora el tiempo de configuración de acceso.

En comparación con el High Speed Packet Access (HSPA) Versión 6, el rendimiento para el usuario pico de la LTE Rel. 8 es diez veces mayor y de latencia dos o tres veces más pequeño. La latencia se redujo en LTE mediante la reducción de la cantidad de elementos de red. Para poder alcanzar estos requisitos, tanto de

la arquitectura de red de radio y la tecnología de acceso por radio necesario para evolucionar.

(3GPP, 2014) En el 3GPP release 6, protocolos de radio, gestión de la movilidad, la compresión de cabecera y retransmisiones de paquetes se manejan en Radio Network Controller (RNC), pero en LTE, éstos se encuentran en el nodo B evolucionado (eNodeB). Por lo tanto, el acceso a la red LTE se simplifica y no se necesita ningún controlador inteligente separado. ENodoB están conectados entre sí utilizando el X2-interfaz, y hacia el núcleo de paquetes evolucionado (EPC) con el S1-interfaz.

2.2.1.1 Sistema de Paquetes Evolucionado

La arquitectura del sistema de paquetes evolucionado (EPS) consta de tres componentes principales, que son el equipo de usuario (UE), la Red de Acceso Radio Terrestre Universal Evolucionado (E-UTRAN) y el EPC.

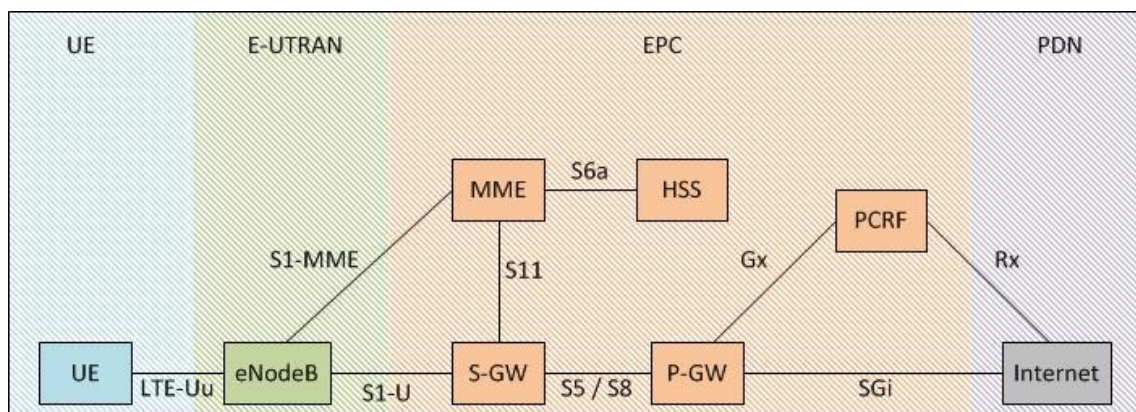


FIGURA 2. EPS arquitectura básica del sistema en LTE (3GPP, 2014)

(3GPP, 2014) El EPC contiene los siguientes elementos de red: Movilidad Entidad de Gestión (MME), pasarela de servicio (S-GW) y de paquetes de datos de red de puerta de enlace (P-GW). El número de elementos de red en la EPC se reduce en comparación con las arquitecturas de la generación anterior, y la funcionalidad de Red de Acceso Radio (RAN) también es proporcionada por un solo nodo. A diferencia de los sistemas de la generación anterior, no hay necesidad de conexión directa con los servicios de conmutación de circuitos (CS) en LTE, ya que es un (PS) sólo la tecnología de conmutación de paquetes y optimizado para la conectividad basada en IP. El portador EPS se introduce en EPS, que define dónde se encamina el tráfico IP entre el la red de datos de paquetes UE y.

cuyo caso el móvil se transfiere a una red de generación de legado y de ese modo se conecta al dominio CS. Otra forma es utilizar IP Multimedia Subsystem (IMS), que es una red externa

Las llamadas de voz son todavía posibles en LTE usando CS de reserva, en y proporciona servicios en la parte superior de la IP - en este caso, Voz sobre IP (VoIP). Los componentes de EPS se introducen y algunas de las principales funciones descritas a continuación.

2.2.1.2 Equipo de usuario

El equipo de usuario es típicamente un teléfono inteligente, tableta o un ordenador portátil que contiene una tarjeta universal de circuito integrado (UICC), también conocida como la tarjeta SIM. La UICC se ejecuta una aplicación llamada universal Módulo de Identidad del Suscriptor (SIM), que contiene información específica del usuario, tales como el número de teléfono, la identidad de la red doméstica y claves de seguridad. UE es instruido por la red para realizar operaciones de gestión de la

movilidad, como los trasposos y las actualizaciones de ubicación. UE se agrupan por la Categoría del UE, que cubre las tasas máximas de datos que el móvil puede transmitir y recibir; por ejemplo, la Categoría 12 UE puede alcanzar velocidades de datos de 600 Mbps en el DL y 100 Mbps en el UL.

2.2.1.3 E-UTRAN y eNodoB

Las comunicaciones por radio entre el CPE y el equipo de usuario se manejan en E-UTRAN por su único componente, el eNodoB. LTE RAN consta de eNodoB, que están conectados entre sí utilizando el X2-interfaz. En pocas palabras, el eNodoB es una estación base que envía la transmisión de radio en la lista de lesionados y recibe la transmisión en el UL desde los UE que sirve.

Con base en las mediciones de nivel de señal de radio, que mide la UE y los informes del eNodoB también instruye al UE para realizar operaciones tales como los trasposos. Gestión de recursos de radio, que incluye dar prioridad al tráfico y concesión de recursos, también es manejado por el eNodoB.

2.2.1.4 Multituality Entidad de Gestión y Home suscripción del servidor

El MME es el elemento de plano de control en EPC y con el UE que proporciona una conexión directa conocido como el Stratum Ninguno de acceso (NAS). Señalización NAS incluye la autenticación cuando el UE se conecta a la red. Las funciones incluyen MME gestión de la movilidad, la autenticación y seguridad para el acceso de E-UTRAN. MME es responsable de la creación y la liberación de los recursos de los cambios de modo de actividad del UE y participa en los trasposos entre los eNodoB, S-GW y la MME.

MME realiza un seguimiento de los UE ubicación en el área de servicio de actualizaciones de ubicación periódicas de la UE o cuando el UE se mueve a otra zona de seguimiento (TA). MME también recupera y almacena información de los abonados perfil para el tiempo que se está sirviendo el UE y el perfil determina qué paquete de red de datos (PDN) conexiones se asignan para el UE. Cada UE solamente está conectado a un solo MME, pero una MME típicamente sirve a múltiples eNodoB al mismo tiempo. [4, p. 27-35.] El Home suscripción Server (HSS) es una base de datos que contiene datos de usuario y de suscripción relacionados y está conectado a la MME [9].

Como MME maneja el plano de control, puertas de enlace manejan el plano de usuario. El S-GW está conectado directamente a la E-UTRAN. Las rutas S-GW y reenvía los UE paquetes de datos y actúa como un ancla de la movilidad durante los trasposos eNodoB y otras tecnologías 3GPP por retransmitir el tráfico entre los sistemas 2G y 3G.

El P-GW conecta la EPC a las redes de datos por paquetes externas tales como Internet o el IMS y asigna la dirección IP al UE. El P-GW está conectado a Políticas y Tarificación Función de Recursos (PCRF), que se encarga de la política y el control de carga en el EPC, define la calidad de servicio (QoS) perfiles para el equipo de usuario, y proporciona la información a la P-GW

2.2.1.5 Esquemas de acceso múltiple

Al compartir los recursos de la interfaz de aire, técnicas de acceso múltiple permiten que las estaciones base para comunicarse con múltiples UE simultáneamente. OFDMA de acceso múltiple significa que el ancho de banda se divide en un subportadoras ortogonales sin interferir entre sí, y las subportadoras puede ser compartida entre los usuarios. Esto permite un uso eficiente del ancho de banda disponible. SC-FDMA genera la señal con características de portadora simple y la transmisión de datos permanece en serie, a diferencia de en el enlace descendente en el que es paralelo, uno por subportadora .Este se ilustra en la Figura3.

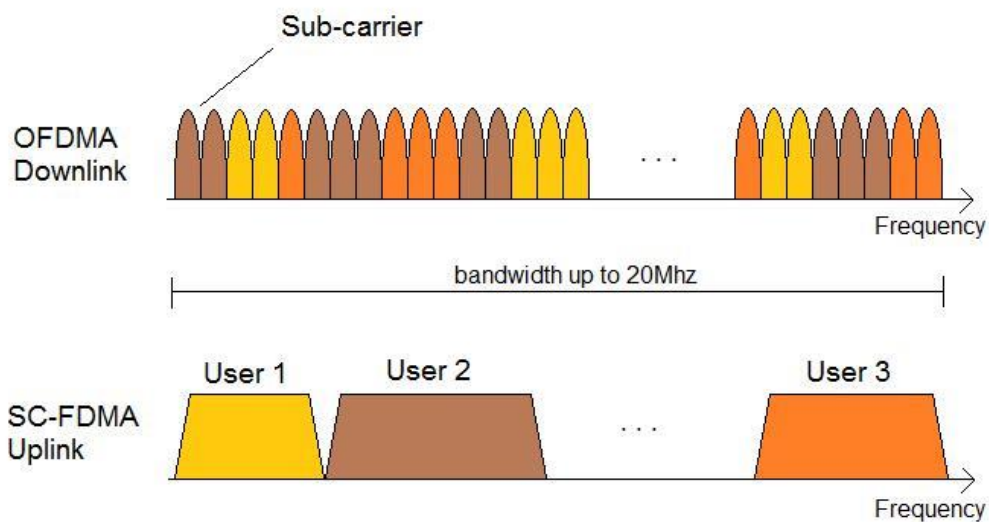


FIGURA 3. Frecuencia de enlace descendente y de enlace ascendente en las tecnologías de acceso LTE.

En OFDMA, el ancho de banda se divide en sub-portadoras de banda estrecha ortogonales como se ilustra en la Figura 3. El uso de OFDMA hace que el consumo de energía para aumentar, ya que requiere amplificadores de potencia. En eNodeB estos amplificadores de potencia son fáciles de implementar. Debido a estas capacidades se seleccionó SC-FDMA para el esquema de acceso por UL y OFDMA para el esquema de acceso DL. En la dirección UL, SC-FDMA genera una señal con características de portadora simple, que el UE puede administrar la energía de manera eficiente sin amplificadores caros.

2.2.1.6 MIMO

MIMO es una técnica de antena múltiple. En LTE, MIMO permite a la estación base y móvil para utilizar múltiples antenas para la transmisión y recepción de radio. A menudo se conoce como multiplexación espacial, lo que significa que las señales se transmiten desde múltiples antenas con diferentes flujos de datos a múltiples antenas receptoras. La multiplexación espacial no significa necesariamente que la transmisión más robusto, pero aumenta la velocidad de datos en comparación con el uso de antenas individuales para recibir o transmitir.

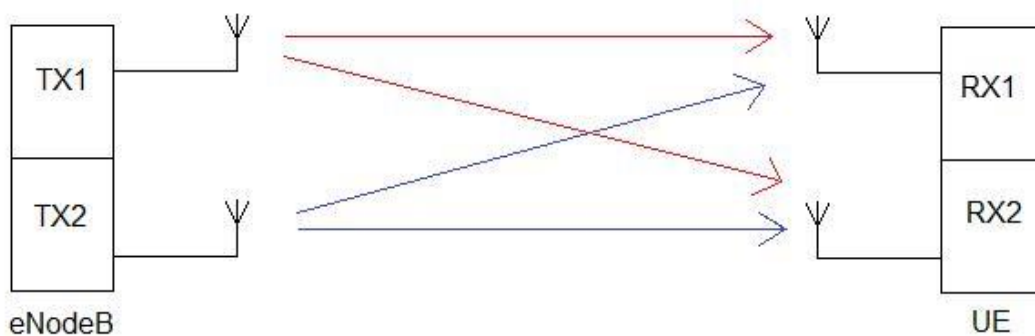


FIGURA 4. Multiplexación espacial MIMO 2x2.

En la Figura 4 anteriormente, se ilustra 2x2 espacial MIMO de multiplexado entre eNodeB y el UE. El eNodeB transmite dos flujos de datos individuales procedentes de dos antenas TX a la UE, que tiene dos antenas del receptor RX. Además, hay diferentes modos MIMO disponibles, siendo una de ellas la diversidad de transmisión. La diversidad de transmisión es un modo MIMO, donde la misma señal es enviada desde múltiples antenas en lugar de con diferentes flujos de datos, como en la multiplexación espacial.

2.2.1.7 Esquemas de modulación

Otro factor relacionado con mayores velocidades de datos es la modulación. Modulación proporciona mayores velocidades de datos dentro del ancho de banda de transmisión dada, ya que incluye alternativas de señalización adicionales. Sin embargo, una mayor utilización de ancho de banda usando la modulación reduce la robustez, que expone la señal a ruido y la interferencia. [11, p. 21-22.] El uso de esquemas de modulación superiores requieren excelente relación señal-ruido (SNR), que se consigue a menudo cuando el UE se encuentra cerca del eNodeB.

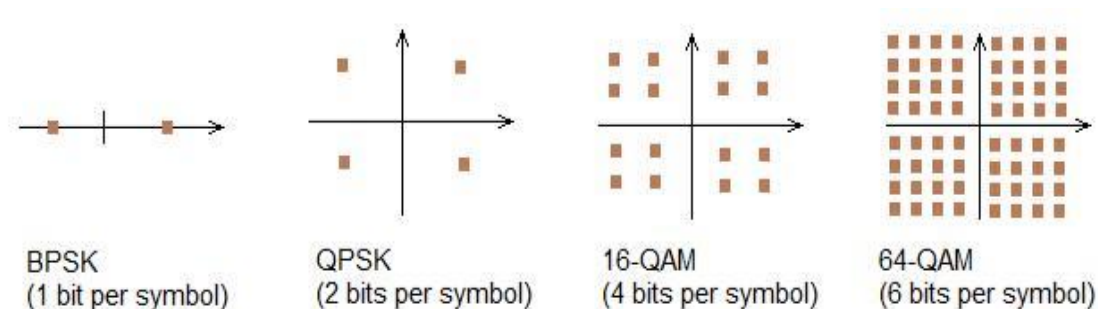


FIGURA 5. Esquemas de modulación utilizados en LTE.

En la modulación de LTE, la amplitud y los parámetros de fase iniciales se ajustan para permitir que más bits sean enviados por símbolo de modulación. LTE utiliza cuatro esquemas de modulación diferentes, la más eficiente de ser 64 Quadrature Amplitude Modulation (64-QAM). Se envía seis bits a la vez usando 64 símbolos que

tienen diferentes amplitudes y fases. En comparación con el binario por desplazamiento de fase de claves (BPSK), que envía un bit a la vez, 64-QAM tiene una velocidad de datos seis veces mayor. Esto se ilustra en la Figura 5 que indica lo que se está transmitiendo. Hay dos tipos de canales lógicos: los canales de control, que transfieren la información del plano de control y los canales de tráfico, que transfieren la información del plano de usuario. Los canales de transporte definen cómo y con qué características se están transmitiendo datos. Como un ejemplo, los canales de transporte manejan la protección de los datos contra errores en la transmisión. Los canales físicos son las implementaciones reales de los canales de transporte, donde los datos están siendo transmitidos a través de la interfaz aérea.

2.2.2 LTE-Advanced

En comparación con las tecnologías de la generación anterior, LTE Release 8 introdujo varias mejoras, por ejemplo OFDMA / tecnología de interfaz aérea SC-FDMA, el apoyo de 20 MHz de ancho de banda, MIMO y modulación avanzada. Sin embargo, se necesitan más mejoras como el tráfico de banda ancha móvil continuó creciendo.

Con la intención de ofrecer mayores tasas de bits y completamente cumplir con los requisitos para las telecomunicaciones móviles internacionales avanzadas (IMT- Avanzadas) establecidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), LTE se desarrolló hacia LTE-Advanced con LTE Release 10 en 2011. LTE-A introducido nuevas características en la parte superior de las tecnologías LTE existentes y es totalmente compatible con los comunicados de LTE antes. Esto significa que los dispositivos heredados son capaces de operar en las redes LTE-A, pero no podrán beneficiarse de todas las nuevas características. Las primeras redes comerciales LTE-A se pusieron en marcha en Corea durante el verano de 2013.

2.2.2.1 Comunicados Características

El LTE Release 10 mejora aún más las capacidades de LTE Release 8 y 9, y se ha desarrollado para coincidir con los requisitos de la UIT para IMT-Advanced. LTE Release 10 es más comúnmente conocida como LTE-Advanced. Release 10 incluye características tales como la agregación de portadoras, avanzada MIMO y relé nodos. Una de las características más importantes de LTE-A es agregación de portadoras, lo que permite a los operadores desplegar las bandas más grandes de 20 MHz.

El LTE Release 11 incluye mejoras agregación de portadoras, la transmisión de compensación y de recepción, y las implementaciones heterogéneas mejoradas. El LTE Release 12 introdujo el uso de LTE para los servicios de emergencia y seguridad, mejoras de células pequeñas y esquema de modulación.

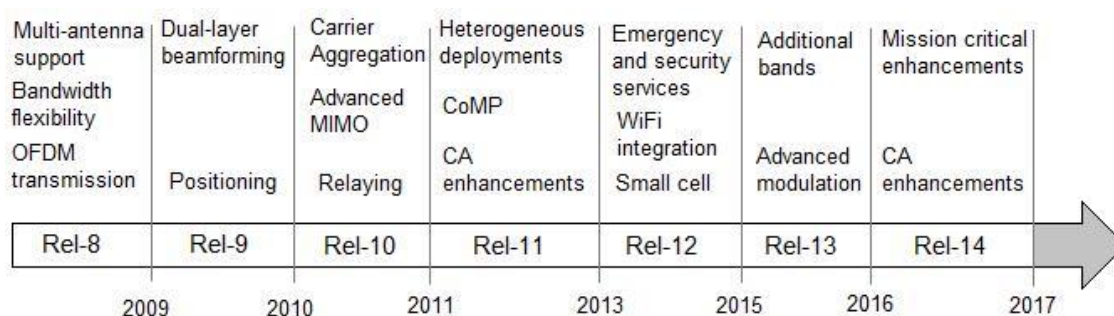


FIGURA 6. Ediciones de LTE y algunas de las características ilustradas en una línea de tiempo.

La figura 6 ilustra la línea de tiempo de liberación y algunas de las características más importantes y mejoras de la LTE Ediciones 8 a 14.

2.2.2.2 Agregación De Portadoras CA.

Agregación de portadoras se introdujo en LTE Release 10 y se ha mejorado en las versiones posteriores. CA se considera que es la característica más importante de LTE-A, ya que ofrece mayores velocidades de datos, mejora la cobertura de DL y permite a los operadores con espectro fragmentado para utilizar los recursos del espectro de manera más eficaz. El primer comercial LTE Rel. 10 red se lanzó en Corea en 2013 y desde entonces el despliegue ha sido constante en todo el mundo. En septiembre de 2015, TeliaSonera logra velocidades de datos de 375 Mbps en la red LTE en vivo en Helsinki el uso de tres bandas CA tecnología . Tres bandas tecnología de agregación de portadoras se habilita en LTE Release 12.

2.2.2.3 Fundamentos de la agregación de portadoras

LTE Rel. 8 portador utiliza un ancho de banda máximo de 20 MHz y con Spatial Multiplexing es teóricamente capaz de alcanzar velocidades de datos pico de 300 Mbps en el DL y 75 Mbps en el UL. Con el fin de aumentar las velocidades de datos, mayor ancho de banda de 20 MHz debe estar habilitado. La solución a esto es agregación de portadoras.

Agregación de portadoras permite la combinación de los portadores de LTE y permite que el ancho de banda máximo de 100 MHz. portador agregado se denomina como un soporte de componente (CC) y un CC puede tener un ancho de banda de canal de 1,4,, 3, 5, 10, 15 o 20 MHz. Por ejemplo, si cinco 20 MHz CCs son agregada, el máximo ancho de banda agregada es de 100 MHz. Cada CC.

Pueden ser de diferentes anchos de banda, pero un máximo de cinco CCs pueden ser agregados, y todo el conjunto de portadoras agregados se puede considerar como una sola portadora.

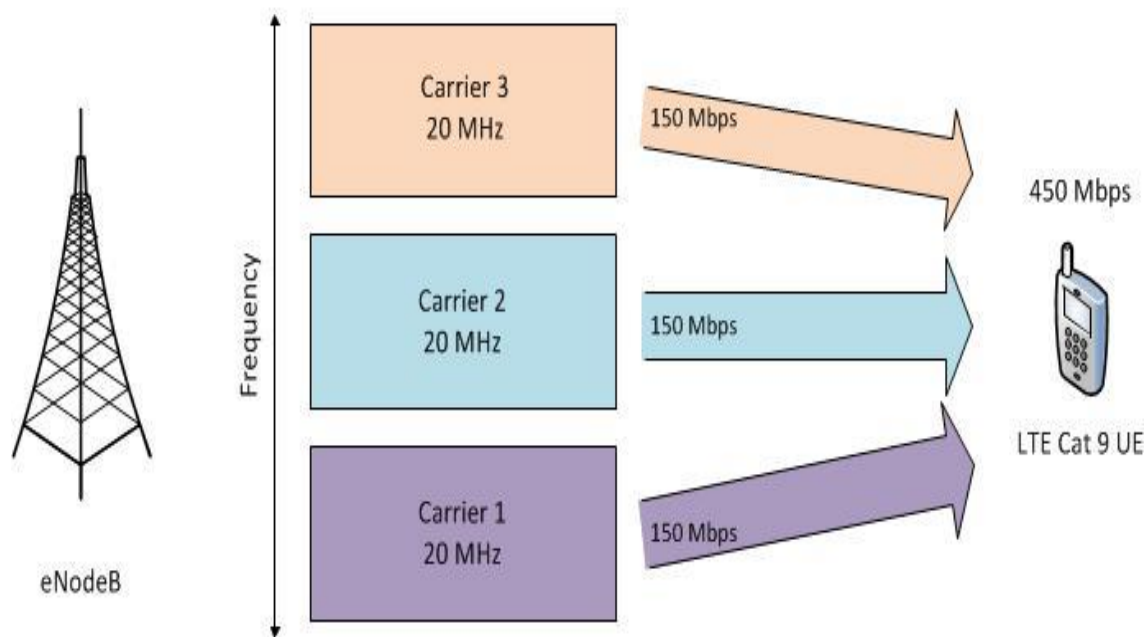


FIGURA 7. Ediciones de LTE y algunas de las características ilustradas en una línea de tiempo.

Las primeras implementaciones de agregación de portadoras permitieron el uso de dos CC, permitiendo así que el máximo ancho de banda agregado de 40 MHz. LTE Rel. 12 permitió el uso de tres portadores agregados y ancho de banda total de 60 MHz. La Figura 7 ilustra la CA. tres portadoras El eNodoB agregados de tres 20 portadores MHz usando CA y Categoría 9 UE es capaz de alcanzar la velocidad de datos máxima de 450 Mbps en el DL.

2.2.2.4 Escenarios de agregación de portadoras

En general, hay tres modos de agregación de portadora. Los operadores son capaces de explotar las asignaciones de espectro fragmentadas porque en CA, portadoras de componentes no tienen que ser contiguos en frecuencia. Modos de agregación de portadoras se ilustran en la Figura 8. La agregación de portadoras pueden

ser desplegadas de manera diferente a la red; por ejemplo, para mejorar el rendimiento de borde de la celda o para aumentar el rendimiento en los puntos calientes. Los ejemplos de escenarios de despliegue posible CA se ilustra en la Figura 10. Los operadores europeos generalmente tienen un espectro de diferentes bandas, y 3GPP ha especificado diferentes combinaciones de bandas para apoyar agregación de portadoras. La Tabla 1 presenta bandas de trabajo E-UTRA utilizados por los operadores finlandeses. La Tabla 2 presenta las bandas que operan CA E-UTRA y combinaciones que pueden ser utilizados por los operadores finlandeses.

2.2.2.5 Modos de agregación de portadoras

En agregación de portadoras, el usuario tiene varias células de servicio. Las células pueden tener diferentes áreas de cobertura o el tamaño de celda puede variar debido a diferentes bandas de frecuencia o debido a que las células se encuentran en diferentes estaciones base. El equipo de usuario está conectado a una célula primaria (Pcell), que maneja los parámetros de conexión y de seguridad de RRC, por ejemplo. Pcell sólo se modifique en el procedimiento de traspaso. Pcell es servida por el componente de soporte primaria (PCC), tanto en UL y en el DL. Las otras células que sirven se denominan como células secundarias (células S), que se sirven por secundarias de componentes portadores (CCE). Los SCC se utilizan principalmente para la expansión de ancho de banda y se pueden añadir o eliminadas por la red, por ejemplo para que coincida con la demanda de tráfico del UE. La figura 8 ilustra diferentes modos de CA.

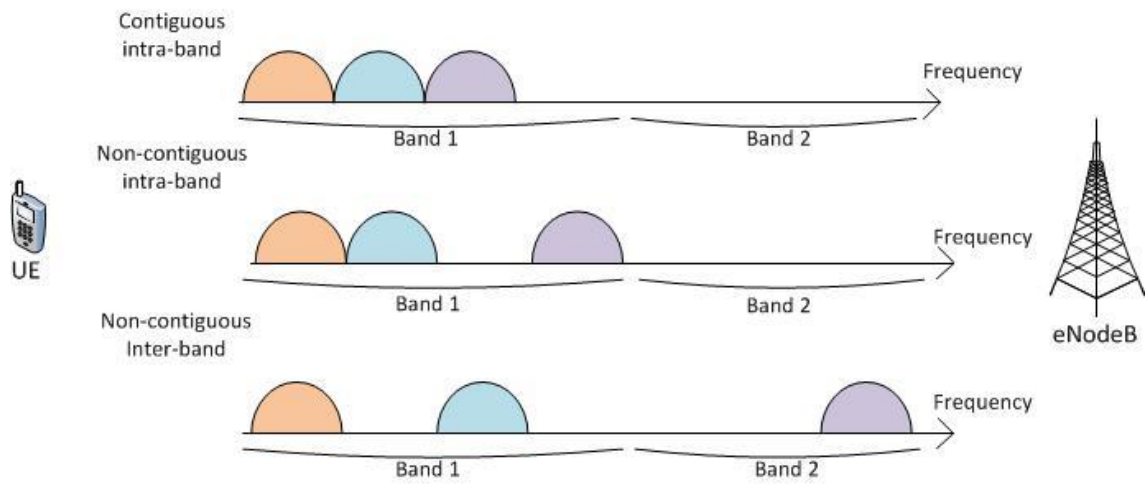


FIGURA 8. Modos de agregación de portadoras. Contigua intra-banda, intra-banda no contigua e inter-banda no contigua.

Contigua agregación Intra-banda es un modo de CA, en el que los portadores son adyacentes entre sí y están situados en la misma banda de frecuencia. Los portadores están separados por un múltiplo de 300 kHz de modo que las subportadoras son ortogonales entre sí y no interfieren. Esta es la forma más simple de CA en LTE para poner en práctica, y es útil si el operador tiene más de 20 MHz de ancho de banda disponible de la misma banda de frecuencia. [11, p. 441-442.]

Otro modo de CA es no contigua agregación intra-banda, lo que significa que los portadores se encuentran en la misma banda de frecuencia, pero no son adyacentes. espectro fragmentado puede ser explotada por los operadores con ancho de banda total de ancho, pero con la asignación del espectro de banda ancha limitado solo. En este escenario, el equipo de usuario tiene que utilizar transceptores independientes para cada portadora.

El tercer modo de CA es la agregación inter-banda, donde se encuentran los CCs en diferentes bandas de frecuencia, tal como 1800 MHz y 2600 MHz. Este escenario es útil para los operadores, pero desafiante para el UE, ya que es necesario incluir un transceptor para cada portadora y para asegurar el uso eficaz de diferentes bandas de frecuencia simultáneamente. [11, p. 441-442.]

2.2.2.6 Escenarios de implementación agregación de portadoras

Agregación de portadoras puede ser desplegado a la red de varias maneras diferentes, y la Figura 9 ilustra algunos de los posibles escenarios de despliegue CA. Los casos A y B son actualmente los escenarios de implementación más comunes en la red del operador. Además, es probable que cuando pequeñas células y nodos de retransmisión sido usados más comúnmente, otros escenarios de despliegue se desarrollarán en un futuro próximo.

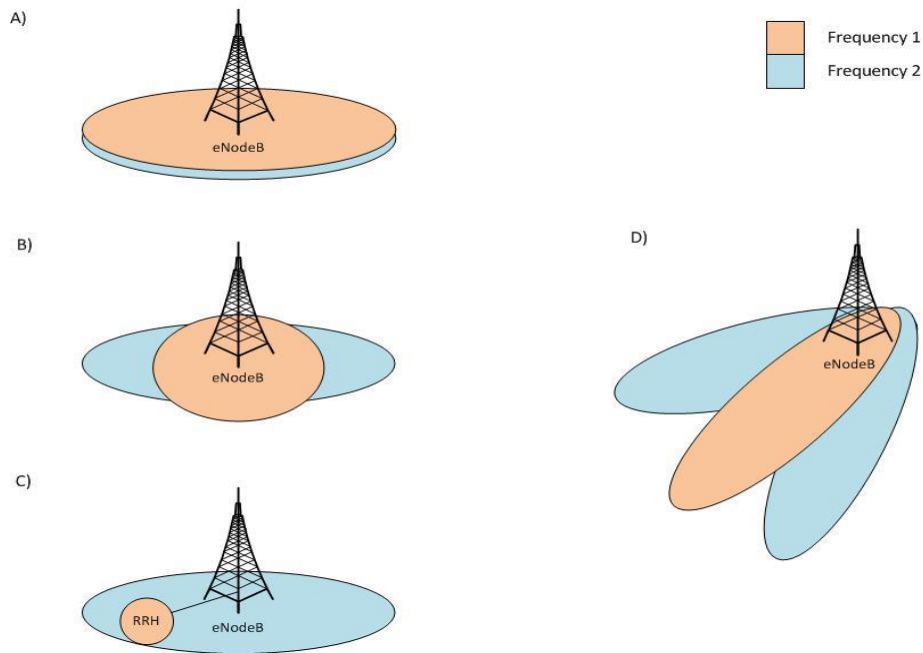


FIGURA 9. Escenarios de implementación de CA. La agregación es posible entre la superposición células Frecuencia 1 y Frecuencia 2.

Los portadores agregados pueden co-localizados y con casi las mismas áreas de cobertura como en el caso A. Es probable que la banda es el mismo para los portadores en el caso de A. Las áreas de cobertura también pueden diferir debido a una frecuencia diferente como en el caso B o por ejemplo uso de Radio Head remoto (RRH) como en el caso C.

En el caso B, la frecuencia de 1 podría ser 800 MHz y la frecuencia 2 podría ser 2600 MHz. Caso C proporciona cobertura celular macro en la zona y RRHS se utilizan en los puntos calientes para aumentar el rendimiento. El área de cobertura también puede diferir debido a patrones de antena o la antena se inclina como en el caso D, donde la antena de frecuencia 2 está dirigida a mejorar la cobertura cerca de los bordes celulares

de frecuencia 1. CA que es posible en las áreas de cobertura que se solapan y aumentará la de datos de pico tasa y mejorar la velocidad de datos cerca del borde de la célula.

2.2.2.7 Combinaciones de bandas

E-UTRA está diseñado para operar en ciertas bandas especificadas por 3GPP, y se han definido casi 50 bandas que operan E-UTRA. LTE Release 12 ofertas 3 combinaciones de bandas agregación de portadoras a utilizar. Las combinaciones de bandas se especifican por 3GPP y típicamente para una región específica. Clases de ancho de banda CA también se definen por el 3GPP. clases de ancho de banda especifican el máximo ancho de banda de transmisión y el número máximo de CC. Por ejemplo, CA clase de ancho de banda D permite el ancho de banda de 60 MHz y el número máximo de tres CCs, mientras que la clase A ancho de banda agregado está limitado a 20 MHz y sólo para un CC.

Tabla 1. Intra banda bandas de funcionamiento CA contiguas [31].

E-UTRA banda de CA	E-UTRA Operando banda	UL banda operativo	DL banda operativo
CA_3	3	1710 MHz - 1785 MHz	1805 MHz - 1880 MHz
CA_7	7	1500 MHz - 2570 MHz	2620 MHz - 2690 MHz
CA_3-7	3	1710 MHz - 1785 MHz	1805 MHz - 1880 MHz
	7	1500 MHz - 2570 MHz	2620 MHz - 2690 MHz
CA_3-20	3	1710 MHz - 1785 MHz	1805 MHz - 1880 MHz
	20	832 MHz - 862 MHz	791 MHz - 821 MHz
CA_7-20	7	1500 MHz - 2570 MHz	2620 MHz - 2690 MHz
	20	832 MHz - 862 MHz	791 MHz - 821 MHz
CA_3-7-20	3	1710 MHz - 1785 MHz	1805 MHz - 1880 MHz
	7	1500 MHz - 2570 MHz	2620 MHz - 2690 MHz
	20	832 MHz - 862 MHz	791 MHz - 821 MHz

Agregación de portadoras se ha especificado en varias bandas de trabajo E-UTRA, pero no a todos ellos. Tabla se presentan algunos de los intra-bandas contiguas bandas de funcionamiento CA como CA_3 e inter-banda de CA que operan bandas como CA_3-7-20. Por ejemplo, CA_3 se define para la banda de trabajo E-UTRA 3, y permite el uso de intra-banda contigua agregación de portadoras entre 1805 MHz y 1880 MHz. TeliaSonera Finland Oyj posee 1.805,100-1.829,900 MHz en la banda de operación de E-UTRA 3 [30], y por lo tanto es capaz de utilizar un total de 24,8 MHz de ancho de banda agregado, utilizando intra-banda contigua agregación de portadoras en E-UTRA CA banda 3. -banda entre otras bandas de funcionamiento CA se especifican y se combinan de forma individual para cada combinación de bandas que operan.

Una cantidad limitada de tres combinaciones de bandas se especifican por 3GPP en Releases 12 y 13, y se espera que hay más a ser especificados. E-UTRA CA banda CA_3-7-20 se especifica en el Release 12, que permite la agregación inter-banda de bandas de trabajo 3, 7 y 20, y la agregación máxima de 60 MHz utilizando tres CCs. En Finlandia, esta combinación es muy útil para los operadores porque cada uno de los operadores finlandeses tienen espectro fragmentado y con la agregación inter-banda que puede ser utilizado de manera eficiente. Cuatro banda combinaciones inter-banda de CA y más de 50 tres CC combinaciones inter-banda de CA se especifican en Release 13.

2.2.2.8 Canal de Banda ancha

Especificación para los anchos de banda del canal enumerados.

Tabla 2. Relación entre el ancho de banda del canal (canal BWC) y el ancho de banda de la transmisión.

Channel bandwidth BW_{Channel} [MHz]	1.4	3	5	10	15	20
Transmission bandwidth configuration N_{RB}	6	15	25	50	75	100

La tabla 02 muestra la relación entre el ancho de banda del canal (canal BWC) y el ancho de banda de la transmisión. configuración (NRB). Los bordes del canal se definen como las frecuencias más bajas y más altas de la portadora separadas por el ancho de banda del canal, es decir, en $FC \pm BW_{\text{Channel}} / 2$.

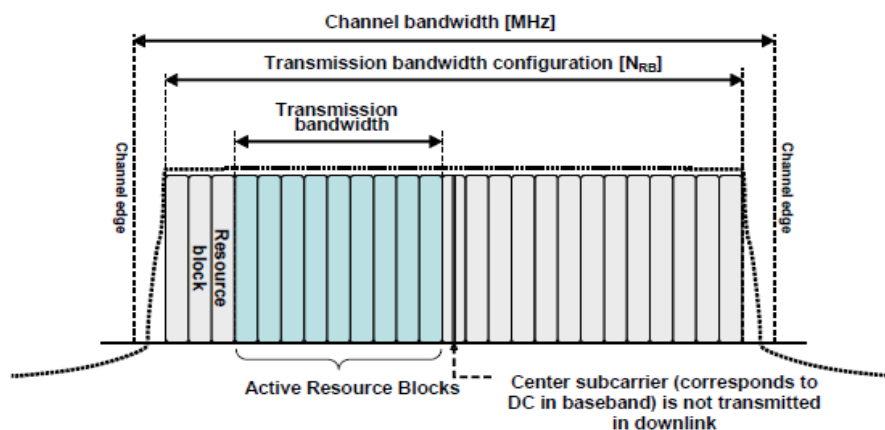


FIGURA 10. Definición del ancho de banda del canal y la configuración del ancho de banda de transmisión para un Portador de E-UTRA.

2.2.2.9 Anchos de banda del canal por banda operativa

Los requisitos en esta especificación se aplican a la combinación de anchos de banda de canal y bandas de operación .

La configuración del ancho de banda de transmisión deberá ser compatible con cada uno de los anchos de banda del canal. El mismo ancho de banda de canal (simétrico) se especifica para la ruta TX y RX.

2.2.2.10 Celular y la gestión de la movilidad

CCs correspondientes a la Pcell y células S se hace referencia como PCC y SCC. CA capaces UE tiene una DL y UL PCC y al menos un SCC tanto en DL y UL. Pcell se configura inicialmente durante el establecimiento de la conexión y es responsable de proporcionar información sobre la movilidad NAS, mantenimiento de la conexión RRC y la entrada de la seguridad. Un único UE sólo tiene una conexión RRC, independientemente del número de portadores están siendo agregadas. Pcell se puede cambiar para el UE por el procedimiento de traspaso, lo que permite la Pcell fuente a entregar toda la información necesaria a la Pcell objetivo. [29, p. 34.] El traspaso se realiza si la UE se mueve lejos de la zona de cobertura eNodoB de servicio.

Mediciones de movilidad se basan en el Pcell, y el eNodoB señalarán a la celda de la entrega entrante. Después del traspaso, células S se pueden añadir o reconfigurados con el Pcell objetivo. Las células S pueden eliminarse con el mensaje de traspaso si la celda de destino no admite CA. [29, p. 36.]

Debido a que sólo hay un Pcell para el UE, las otras portadoras agregadas se consideran como células S. Scell se configura después de la Pcell, principalmente para proporcionar ancho de banda y rendimiento más grande. El número de células S que se pueden configurar depende de las capacidades del UE. Si el equipo de usuario está

inactivo y no hay actividad de datos en el Scell, se desactivará.

2.2.2.11 Capacidades del UE y las expectativas teóricas

3GPP ha especificado categorías de la UE, que definen y segmentar el UE a una determinada categoría. Categorías de la UE aseguran que el eNodeB es eficiente capaz de comunicarse con el equipo de usuario. La LTE de estreno inicial introdujo categorías 1 - 5 y Release 10 Categorías introducidas 6, 7 y 8. Release 13 Categorías introducidas hasta Cat. 12. Las categorías definen las capacidades de los UE DL y UL y el rendimiento general, por ejemplo, el apoyo MIMO y las tasas de bits máxima. [32.] La Tabla 03 presenta las categorías de UE definidos en las tasas de 3GPP LTE Release 13. Máxima DL y UL se presenta en Megabits por segundo. Radio Frecuencia de ancho de banda (RF) se presenta en MHz. Por ejemplo, el pico de velocidad de datos DL para la Categoría 5 UE es casi el 300 Mbps y 75 Mbps en el UL. Categoría 5 UE es capaz de utilizar MIMO 4x4 en el DL y modulación 64-QAM en el UL.

Tabla 3. UE categorías y capacidades definidas por el 3GPP.

UE Categoría	Máximo datos DL Tarifa	Espacial multiplexación capas en DL	máxima UL velocidad de datos	64-QAM apoyo en la UL	RF ancho de banda
Categoría 1	10	1	5	No	20
Categoría 2	51	2	25	No	20
Categoría 3	102	2	51	No	20
Categoría 4	150	2	51	No	20
Categoría 5	299	4	75	Sí	20
Categoría 6	301	2 o 4	51	No	40
Categoría 7	301	2 o 4	102	No	40
Categoría 8	2998	8	1497	Sí	100
Categoría 9	452	2 o 4	51	No	60
Categoría 10	452	2 o 4	102	No	60
Categoría 11	603	2 o 4	51	No	80

Las velocidades de datos pico máximas teóricas dependen de varios factores, pero el foco en esta tesis está en 3CC agregación de portadoras. Agregación de portadoras tiene un impacto directo sobre las tasas máximas de datos y en función de la carga de la red, las velocidades de datos promedio también pueden aumentar.

Categoría 3 y 4 dispositivos admiten velocidades de datos DL de 100 y 150 con la asignación de espectro de 20 MHz continua y MIMO 2x2. 2CC agregación de portadoras y Categoría 6 dispositivos de soporte 300 Mbps con 20 + 20 MHz y MIMO 2x2. Categoría 9 dispositivos soportan 450 Mbps con 3CC CA agregación de 60 MHz y MIMO 2x2. La agregación de 20 + 20 + 10 MHz con 3CC CA un rendimiento de 375 Mbps se puede lograr. En el futuro, se espera que los dispositivos comerciales apoyarán 1 Gbps con un ancho de banda total de 100 MHz. Actualmente velocidades de datos están limitados por la cantidad de espectro que puede ser asignada para la conexión, y los operadores que tienen más recursos de espectro disponibles tienen la ventaja de ofrecer velocidades de datos más altas.

En Finlandia, los operadores suelen tener espectro en 1800 y 2600 MHz, pero sólo 10 MHz con 800 MHz. En tal caso, el operador es capaz de utilizar un total de 50 MHz de espectro, lo que resulta a una velocidad de datos máxima de 375 Mbps en el DL utilizando 3CC CA UE capaz. Como se discutió previamente, a 450 Mbps teóricamente podrían lograrse utilizando las 3CC CA con 60 MHz.

2.2.2.12 Mejoras y el desarrollo futuro

Se espera que la agregación de portadoras continuará desarrollándose en el futuro 3GPP libera el siguiente paso, está agregando cuatro y cinco portadores y utilizar un total de 80 y 100 MHz de espectro. Los UE están en constante desarrollo y con el uso de modulación de 256-QAM, la tasa de datos máxima para un único portador de 20 MHz puede, en teoría alcanzar los 200 Mbps en el DL.

Velocidades de datos pico de 1 Gbps es teóricamente alcanzable, al agregar los cinco portadoras de componentes y un total de 100 MHz de espectro. Velocidades de datos pico pueden mejorarse aún más mediante la adición de más de 2 flujos MIMO. LTE de liberación 13 tiene como objetivo ampliar el número máximo de portadores agregados hasta 32, que en teoría permite velocidades de datos pico de 6,4 Gbps con dos funcionamiento de la antena y aún más con ocho operación de la antena.

2.2.3 Definición de términos básicos

PCell

Una célula de servicio primaria (PCell) es una célula en la que CA UE acampa. En PCell, CA UE funciona de la misma manera que en una célula 3GPP Release 8 o Release 9. El canal de control de enlace ascendente físico (PUCCH) del UE existe solo en el PCell.

SCell

Una célula de servicio secundaria (SCell) es una célula que un eNodoB configura para un CA UE a través de un mensaje de reconfiguración de conexión RRC. Esta celda funciona a una frecuencia diferente a la de PCell y proporciona a CA UE más recursos de radio. En un SCell, solo puede haber transmisión de enlace descendente o transmisión de enlace descendente y de enlace ascendente.

CC

Los portadores de componentes (CC) son los portadores que se agregan para un CA UE.

PCC

El portador de componente primario (PCC) es el portador de PCell.

SCC

Un portador de componente secundario (SCC) es el portador de un SCell.

Anclaje PCC

Durante el anclaje PCC, el eNodoB selecciona una celda de alta prioridad como PCell para el UE.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL OBJETIVO DE TRABAJO DE SUFICIENCIA

Diagrama de Gantt para el proyecto

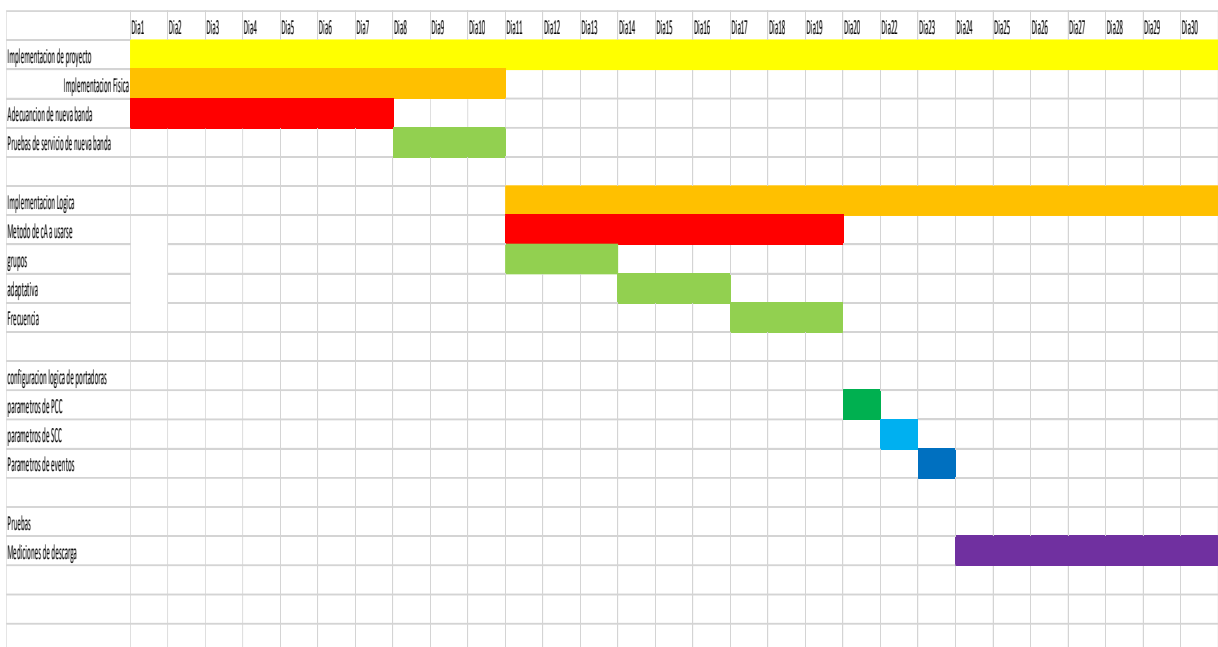


FIGURA 11. Diagrama de Gantt para el proyecto

3.1. Implementacion física

La antena que brinda cobertura a la Plaza de Armas de Trujillo site TRUJILLO_1 solo cuenta con banda alta LTE, para poder implementar la técnica de portadora agregada se requiere adecuar el sitio adicionando una banda baja la cual trae consigo la implementación de una RRU adicional.

Lugar geográfico

La implementación de LTE – A con portadora agregada se realizara en la Plaza de armas de Trujillo ubiada en la ciudad de Trujillo del departamento de La Libertad.



FIGURA 12. Plaza de armas de Trujillo

El modelo de antena que brinda cobertura a la plaza de armas de Trujillo es una antena ASI4517R1 de 12 puertos que soporta bandas altas y bajas.



FIGURA 13. Antena huawei modelo ASI4517R1.

Solución de implementación y adecuación en cuanto a la posición de de RRUs.

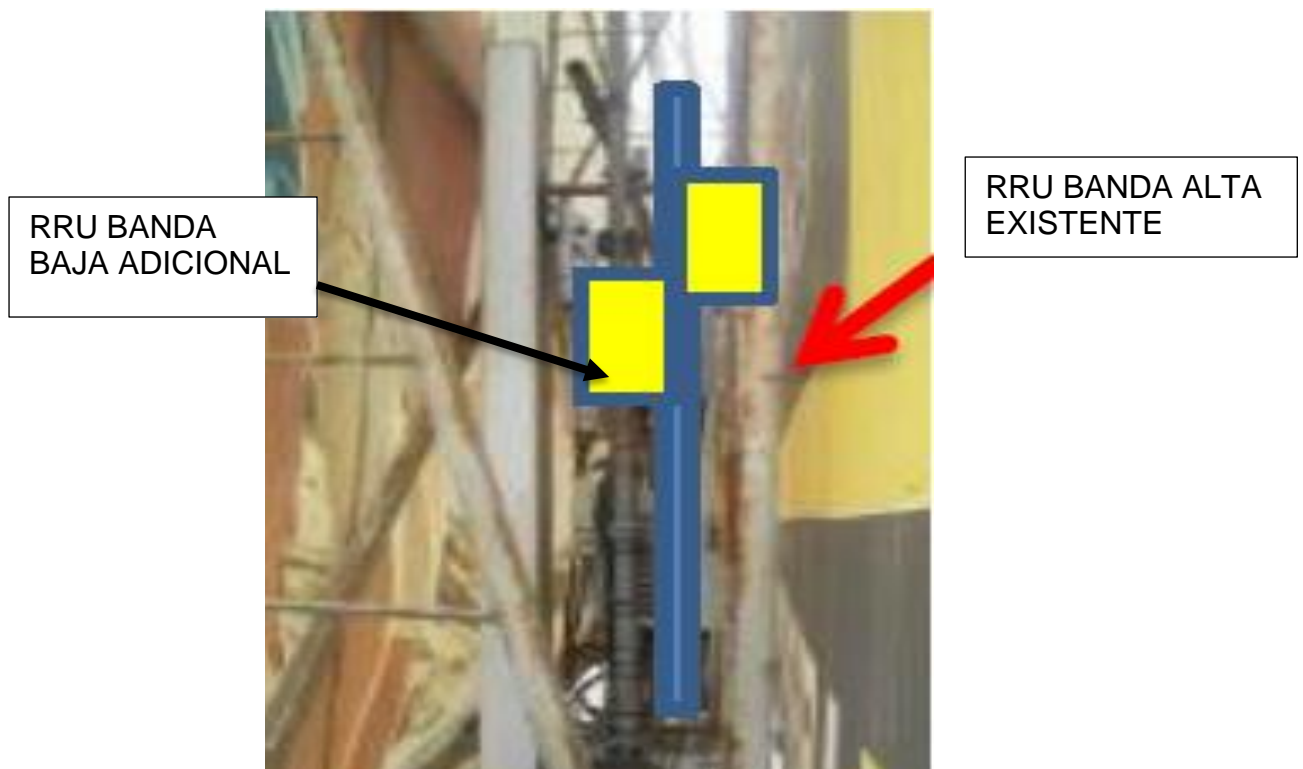


FIGURA 14. Posición de de RRUs.

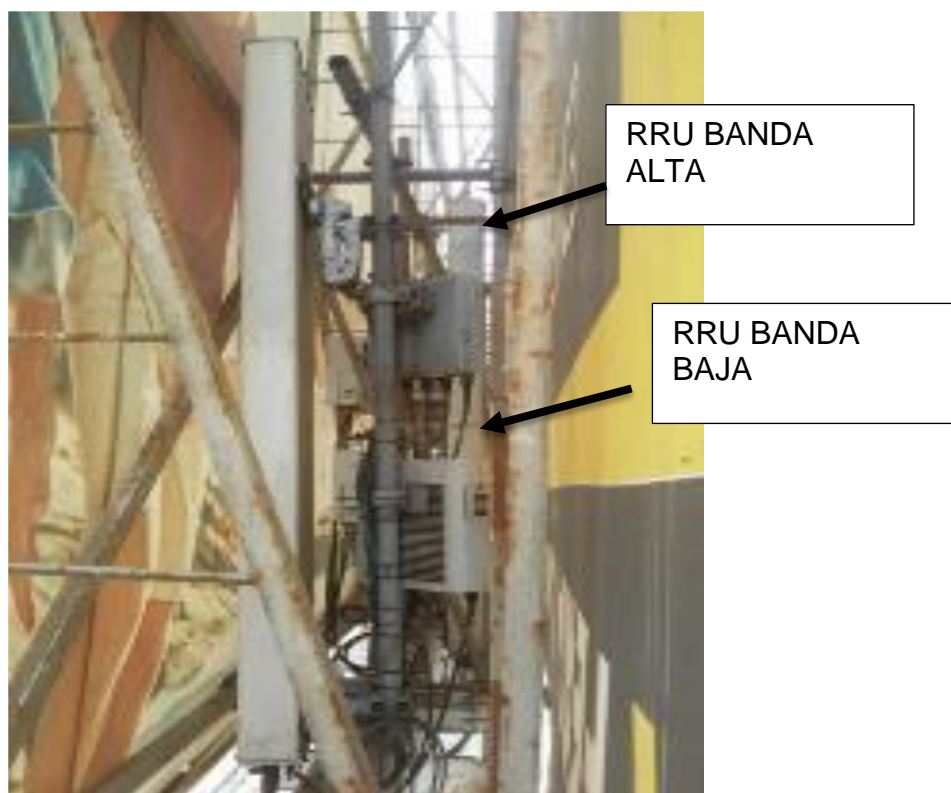


FIGURA 15. Nueva RRU implementada para banda baja.

- Cableado de RRUS

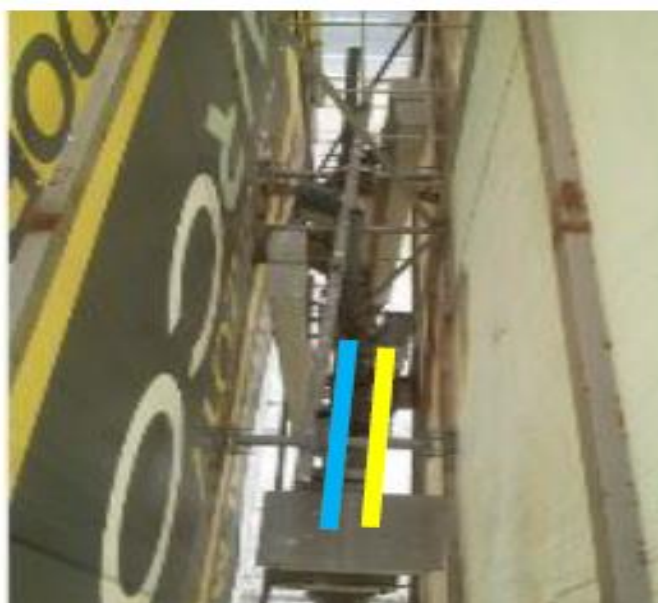


FIGURA 16. Recorrido del cableado de las RRUS.

Barra de Cobre para la RRUs



FIGURA 17. Barra de tierra para RRU's.

3.2 implementacion lógica

3.2.1 Arquitectura de pila de protocolo

Para implementar la técnica de portadora agregada se debe tomar en cuenta los protocolos de interfaz de aire de enlace descendente, CA habilitada tiene las siguientes características:

- Un solo portador de radio tiene una sola entidad de Protocolo de Convergencia de Datos de Paquete (PDCP) y una entidad de Control de Enlace de Radio (RLC). Además, el número de CC en la capa física es invisible desde la capa RLC.
- La programación de datos del plano de usuario en la capa de Control de acceso al medio (MAC) se realiza por separado para CC individuales.

- Cada CC tiene un conjunto independiente de canales de transporte de interfaz Uu, así como entidades de solicitud de repetición automática híbrida (HARQ) separadas y procesos de retransmisión.

3.2.2 Eventos relacionados a emplearce

Evento A2

La calidad de señal de la celda de servicio cae por debajo de un umbral específico.

Evento A4

La calidad de la señal de una celda vecina excede un umbral específico.

Evento A5

La calidad de la señal del PCell cae por debajo del umbral 1 y la calidad de la señal de una celda vecina excede el umbral 2.

Evento A6

La calidad de la señal de una celda vecina intra-frecuencia de SCell excede la de SCell.

Después de recibir un informe de evento A6, el eNodoB cambia el SCell a uno nuevo sin modificar el PCell.

La condición de entrada para el evento A6 es: $M_n + O_{cn} - H_{ys} > M_s + O_{cs} + Off$, donde:

M_n: es el resultado de la medición de potencia recibida de la señal de referencia (RSRP) de una celda vecina.

O_{cn}: es el desplazamiento específico de celda para la celda vecina. El desplazamiento se especifica mediante el parámetro `EutranInterFreqNCell.CellIndividualOffset`.

Hys: es la histéresis para el evento A6. El valor de esta variable es siempre 1 dB.

Ms: es el resultado de la medición de RSRP de la celda de servicio.

Ocs: es el desplazamiento específico de celda para la celda de servicio. El desplazamiento se especifica mediante el parámetro Cell.CellSpecificOffset.

Off: es el desplazamiento para el evento A6. El desplazamiento se especifica mediante el parámetro CaMgtCfg.CarrAggrA6Offset.

3.2.3 Features CA empleados

Estos son features que se emplearon para poderimplementar la técnica de portadora agregada.

Tabla 4. Feature LAOFD-001002 y LAOFD-080207.

Feature	Max. Nº de CC de UL	Max. No. de DL CC	Max. Total BW	Descripción
LAOFD-001002 Agregación de portador para Downlink 2CC en 40MHz	1	2	40 MHz	Esta feature permite la agregación de enlace descendente 2CC a un ancho de banda máximo de 40 MHz.
LAOFD-080207 Agregación de portador para Downlink 3CC en 40MHz	1	3	40 MHz	Esta feature permite la agregación de tres CC de enlace descendente (denominados agregación 3CC de enlace descendente en este documento) a un ancho de banda máximo de 40 MHz

3.2.4 Combinaciones de banda definidas

El PrivateCaBandComb MO se utiliza para definir combinaciones de bandas para 2CC, 3CC Este MO contiene los siguientes parámetros:

- PrivateCaBandComb. PrivateCaCombId : identifica una combinación de banda CA definida por el operador. Esta identificación es única dentro de un eNodeB.
- PrivateCaBandComb. MaxAggregatedBw : especifica el ancho de banda agregado máximo que admite la combinación de bandas.
- PrivateCaBandComb. BwCombSetId : identifica una combinación de ancho de banda establecida para la combinación de banda. Una combinación de banda puede admitir conjuntos de combinaciones de ancho de banda múltiples.
- PrivateCaBandComb. CombBand1Id , PrivateCaBandComb . CombBand2Id , PrivateCaBandComb . CombBand3Id , PrivateCaBandComb . CombBand4Id y PrivateCaBandComb . CombBand5Id : identifica las bandas en la combinación de bandas. La configuración de los parámetros debe cumplir el siguiente requisito: $\text{PrivateCaBandComb. CombBand1Id} \leq \text{PrivateCaBandComb. CombBand2Id} \leq \text{PrivateCaBandComb. CombBand3Id} \leq \text{PrivateCaBandComb. CombBand4Id} \leq \text{PrivateCaBandComb. CombBand5Id}$.
- PrivateCaBandComb. CombBand1Bw , PrivateCaBandComb . CombBand2Bw , PrivateCaBandComb . CombBand3Bw , PrivateCaBandComb . CombBand4Bw y PrivateCaBandComb. CombBand5Bw : especifica el ancho de banda permitido en cada banda.

CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS:

ADD PRIVATECABANDCOMB:

PrivateCaCombId = 5, MaxAggregatedBw = 60, BwCombSetId = 0, CombBand1Id = 1, CombBand1Bw = Bandwidth_1_4M-1 y Bandwidth_3M-1 y Bandwidth_5M-1 y Bandwidth_10M-1 y Bandwidth_15M-1 y Bandwidth_20M-1, CombBand2Id = 3, CombBand2Bw = Bandwidth_1_4M-1 y Bandwidth_3M-1 y Bandwidth_5M-1 y Bandwidth_10M-1 y Bandwidth_15M-1 y Bandwidth_20M-1, CombBand3Id = 5, CombBand3Bw = Bandwidth_1_4M-1 y Bandwidth_3M-1 y Bandwidth_5M-1 y Bandwidth_10M-1 y Bandwidth_15M-1 y Bandwidth_20M-1, CombBand4Id = 7, CombBand4Bw = Bandwidth_1_4M-1 y Bandwidth_3M-1 y Bandwidth_5M-1 y Bandwidth_10M-1 y Bandwidth_15M-1 y Bandwidth_20M-1, CombBand5Id = 38, CombBand5Bw = Bandwidth_1_4M-1 & Bandwidth_3M-1 & Bandwidth_5M-1 & Bandwidth_10M-1 & Bandwidth_15M-1 & Bandwidth_20M-1;

- Combinación de banda definida por 3GPP.

3.2.5 PROCEDIMIENTOS IMPLICADOS

3.2.5.1 Habilitacion de portadora a gregada en el enodeb

Para habilitar la técnica portadora agregada en enodeb emplearemos el Parametro CA Algorithm Switch

Este parámetro incluye las siguientes opciones:

PdcchOverlapSrchSpSwitch: Indica si los UE de CA consideran los candidatos PDCCH superpuestos del espacio de búsqueda común y el espacio de búsqueda específica del UE, que son transmitidos por la celda de servicio primaria (PCell), como candidatos PDCCH del espacio de búsqueda común o UE específico. Al seleccionar esta opción, un CA UE determina que los candidatos PDCCH superpuestos pertenecen al espacio de búsqueda común, si el CA UE soporta la planificación de la conexión cruzada y se le asigna un campo indicador de operador (CIF); de lo contrario, el CA UE determina que los candidatos PDCCH superpuestos pertenecen al espacio de búsqueda específico del UE. Cuando se deselecciona esta opción, un CA UE siempre determina que los candidatos PDCCH superpuestos pertenecen al espacio de búsqueda común.

CaCapbFiltSwitch: nos Indica si el eNodeB realiza la configuración de SCell después de recibir las combinaciones de banda CA de los UE de la CA.

SccBlindCfgSwitch: Indica si se permite la configuración de SCell a ciegas. Esta opción solo tiene efecto en el modo de configuración basado en el grupo CA. Si se selecciona esta opción, eNodeB puede configurar SCells para UE de CA sin mediciones A4. Si se deselecciona esta opción, el eNodeB proporciona configuraciones de medición A4 a los UE CA antes de que pueda configurar SCells para los UE.

FreqCfgSwitch: Indica si el eNodeB realiza procedimientos de CA basados en frecuencias o grupos de CA. Seleccionamos esta opción, eNodeB realiza procedimientos de CA basados en frecuencias.

Configuración

```
LST ENODEBALGOSWITCH;;  
  
+++ 172.168.20.171  
O&M #806354951  
%%LST ENODEBALGOSWITCH;;%%  
RETCODE = 0 Operation succeeded.  
  
List eNodeB Algorithm Switch Settings  
  
CA Algorithm Switch = SccBlindCfgSwitch:On  
= CaCapbFiltSwitch:Off  
= PccAnchorSwitch:On  
= FreqCfgSwitch:On  
= SccAzRmVSwitch:On  
= CaTrafficTriggerSwitch:Off  
= HoWithSccCfgSwitch:Off  
= SccModA6Switch:Off  
= GbrAmbrJudgeSwitch:Off  
= MtaAlcSwitch:Off  
= AdpCaSwitch:Off  
= CaHoControlSwitch:Off  
  
--- END
```

FIGURA 18. Configuración de portadora a gregada en el enodeB.

3.2.5.2 Anclaje PCC

Durante el anclaje PCC, un eNodeB selecciona un PCell para un CA UE en función de las prioridades de PCell o PCC. Hay dos tipos de anclaje PCC:

El anclaje de PCC para los UE de modo conectado: se produce cuando los UE de CA acceden a las redes en el acceso inicial, los traspasos entrantes o los restablecimientos de la conexión de RRC. Anclaje PCC para UE RRC_CONNECTED

Anclaje de PCC para UE de modo inactivo: se produce cuando se liberan las conexiones de RRC de los UE de CA. Anclaje PCC para UE RRC_IDLE .

El PCell de un CA UE no puede ser desactivado o eliminado. Cambia solo durante los traspasos.

3.2.5.3 CONFIGURACIÓN, CAMBIO, ACTIVACIÓN, DESACTIVACIÓN Y ELIMINACIÓN DE SCELL

La configuración de SCell se desencadena cuando un CA UE inicia la configuración de la conexión RRC en cualquiera de los siguientes escenarios: Acceso inicial (cuando el anclaje del PCC ha finalizado), restablecimiento de la conexión RRC y entrega entrante para los procedimientos de configuración de SCell.

Configuración de SCell. (La configuración de SCell puede basarse en la carga, o no). Después de configurar un SCell, puede cambiarse, activarse, desactivarse o eliminarse. CA funciona solo cuando un SCell está configurado y activado para un CA UE.

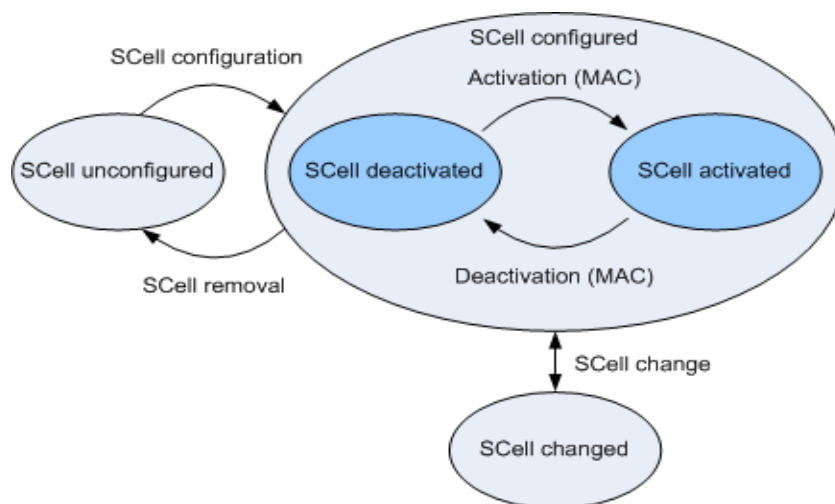


FIGURA 19. Transiciones de estado de SCell.

Modo de configuración

Existen modos de configuración que son definidos por cada operador:

Se analizaron los modos de configuración para al final decidir cual será la mejor configuración de CA.

3.2.6 Configuración basada en CA-grupo

Para habilitar este modo, se deselecciona la opción FreqCfgSwitch del ENodeBAlgoSwitch. Parámetro CaAlgoSwitch. Este modo requiere que las celdas se configuren en un grupo CA, Solo las celdas en el grupo pueden agregarse.

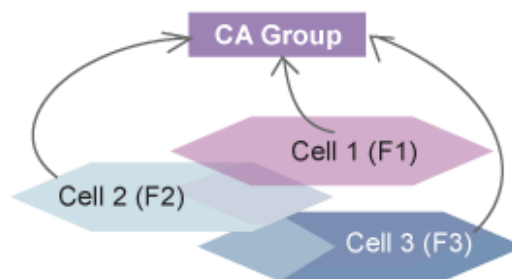


FIGURA 20. Configuración basada en el grupo CA.

3.2.7 Configuración adaptable

Para habilitar este modo, debemos seleccionar las opciones FreqCfgSwitch y AdpCaSwitch del ENodeBAlgoSwitch. Parámetro CaAlgoSwitch. Este modo se basa en configuraciones de frecuencia y admite la configuración ciega de SCell, Por lo tanto, el modo de adaptación requiere que CaGroupSCellCfg. SCellBlindCfgFlag se establece en TRUE (VERDADERO) para SCells candidatos.

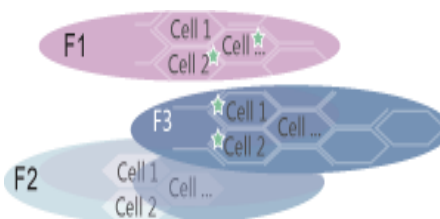


FIGURA 21. Configuración adaptable.

CA Group (LST CAGROUP)

Función:

Empleamos este comando para listar la configuración de un grupo de CA.

Tabla 5. Parámetros empleados con el comando CA Group (LST CAGROUP).

ID	Nombre	Descripción
CaGroupId	Identidad del grupo CA	Significado: Indica la identidad del grupo de CA. Identifica de manera única un grupo CA dentro de un eNodeB. Intervalo de valores de la GUI: 0 ~ 35 Unidad: ninguna Rango de valor real: 0 ~ 35 Valor predeterminado de MML: ninguno Valor recomendado: Ninguno Relación de parámetros: ninguna Servicio interrumpido después de la modificación: N / A Impacto en el rendimiento de la red de radio: ninguno Modo aplicable: L

Configuración:

```
LST CAGROUP: CaGroupId=0;

O&M #41
%%LST CAGROUP: CaGroupId=0;%%
RETCODE = 0 Operation succeeded.

List CA Group
-----
      CA Group Identity = 0
      CA Group Type Indication = FDD
(Number of results = 1)

--- END
```

FIGURA 22. Configuración de un grupo de CA.

Tabla 6. Descripción de salida.

Campo	Descripción
Identidad del grupo CA	Indica la identidad del grupo CA. Identifica de manera única un grupo CA dentro de un eNodeB.
Indicación de tipo de grupo CA	Indica el tipo del grupo de CA.

3.2.8 Anclaje PCC para UE RRC_CONNECTED

Para priorizar ciertas frecuencias como PCC, podemos encender el interruptor que controla el anclaje PCC para UE RRC_CONNECTED y establecer prioridades PCell o PCC altas para que el eNodeB seleccionamos la celda de prioridad más alta como el PCell para un CA UE.

Se ha configurado el parámetro PreferredPccPriority . Los dos parámetros especifican la prioridad PCell utilizada en el modo de configuración basado en el grupo CA y la prioridad PCC utilizada en el modo de configuración adaptativa, respectivamente.

Si la celda objetivo para el acceso inicial, un restablecimiento de la conexión RRC o un traspaso entrante no tiene la prioridad PCell más alta o el transportista de la celda no tiene la prioridad PCC más alta, eNodeB entrega la configuración de medición A1 al CA UE.

El umbral de RSRP para el evento A1 es especificado por el CaMgtCfg. Parámetro EnhancedPccAnchorA1ThdRsrp . (La configuración de SCell puede ocurrir antes de que el UE informe el evento A1).

Después de recibir un informe de medición A1 desde el UE, el eNodeB verifica los identificadores de clase de QoS (QCI) de los portadores y el estado del servicio de difusión / multidifusión multimedia evolucionado (eMBMS) para el UE. Si no se ha establecido un portador con un QCI de 1 (que indica un servicio de voz sobre LTE [VoLTE] o una llamada de emergencia) o para un servicio eMBMS para el UE, el eNodeB inicia el procedimiento de anclaje del PCC.

3.2.9 Anclaje de PCC basado en grupos CA

Muestra el procedimiento de anclaje PCC basado en el grupo CA.

Anclaje de PCC basado en grupos CA

1. El eNodeB comprueba si la celda de servicio actual tiene la mayor prioridad de PCell (especificada por el parámetro `CaGroupCell . PreferredPCellPriority`) entre las celdas del grupo de CA.
 - Si la celda 1 tiene la mayor prioridad de PCell, el eNodeB conserva la celda 1 como PCell para el UE y no realiza más anclajes PCC.
 - Si la celda 1 no tiene la mayor prioridad de PCell, eNodeB trata las celdas que tienen prioridades de PCell más altas que la celda 1 en el grupo CA como PCells candidatos. El eNodeB luego organiza los candidatos en orden descendente de prioridad PCell y va al siguiente paso.
2. Si la capacidad del UE permite que la frecuencia portadora del PCell candidato de máxima prioridad (por ejemplo, la celda 2) actúe como el PCC, el eNodeB entrega la configuración de medición A4 o A5, indicando al UE que mida la celda 2. El A4 o A5 la configuración de medición varía según el `IntraRatHoComm`. Configuración del parámetro `InterFreqHoA4TrigQuan` . El umbral RSRP o calidad de señal recibida (RSRQ) para CA en la configuración de medición A5 es el mismo que en la configuración de medición A4. Si múltiples PCells candidatos tienen la misma prioridad de PCell, el eNodeB ordena al UE que mida todas las frecuencias portadoras de estas células. El eNodeB luego procesa solo el primer informe de medición A4 o A5 del UE e ignora los informes posteriores. El `IntraRatHoComm`. El parámetro `InterFreqHoA4TrigQuan` tiene los siguientes valores:
 - RSRP : la configuración de medición A4 o A5 incluye solo una configuración RSRP. El umbral de RSRP para CA lo especifica `CaGroupCell . Parámetro PCellA4RsrpThd` .
 - RSRQ : la configuración de medición A4 o A5 incluye solo una configuración RSRQ. El umbral RSRQ para CA está especificado por `CaGroupCell . Parámetro PCellA4RsrqThd` .

- **AMBAS** : La configuración de medición A4 o A5 incluye las configuraciones RSRP y RSRQ. El UE envía un informe de medición A4 o A5 al eNodeB cuando el RSRP o RSRQ medidos excede el umbral especificado para CA.

Si el UE es incapaz de trabajar en la frecuencia portadora de la célula 2, el eNodeB salta al PCell candidato de prioridad siguiente.

3. Después de recibir un informe de medición A4 o A5 que contiene la celda 2, el eNodeB pasa el UE a la celda 2.

Si el eNodeB no recibe dicho informe o si el traspaso a la celda 2 falla, el eNodeB borra la configuración de medición A4 o A5 y evalúa el PCell candidato de siguiente prioridad de la misma manera. Si no se puede seleccionar PCell candidato como PCell, el eNodeB termina el procedimiento de anclaje PCC y la celda 1 finalmente sirve al UE como su PCell.

3.2.10 Anclaje de PCC adaptable

A diferencia del anclaje de PCC basado en un grupo CA, el anclaje de PCC adaptativo implica PCC candidatos para los que solo se configura la información a nivel de frecuencia. Por lo tanto, el eNodeB puede determinar el PCell solo después de recibir informes de medición A4 o A5 del CA UE.

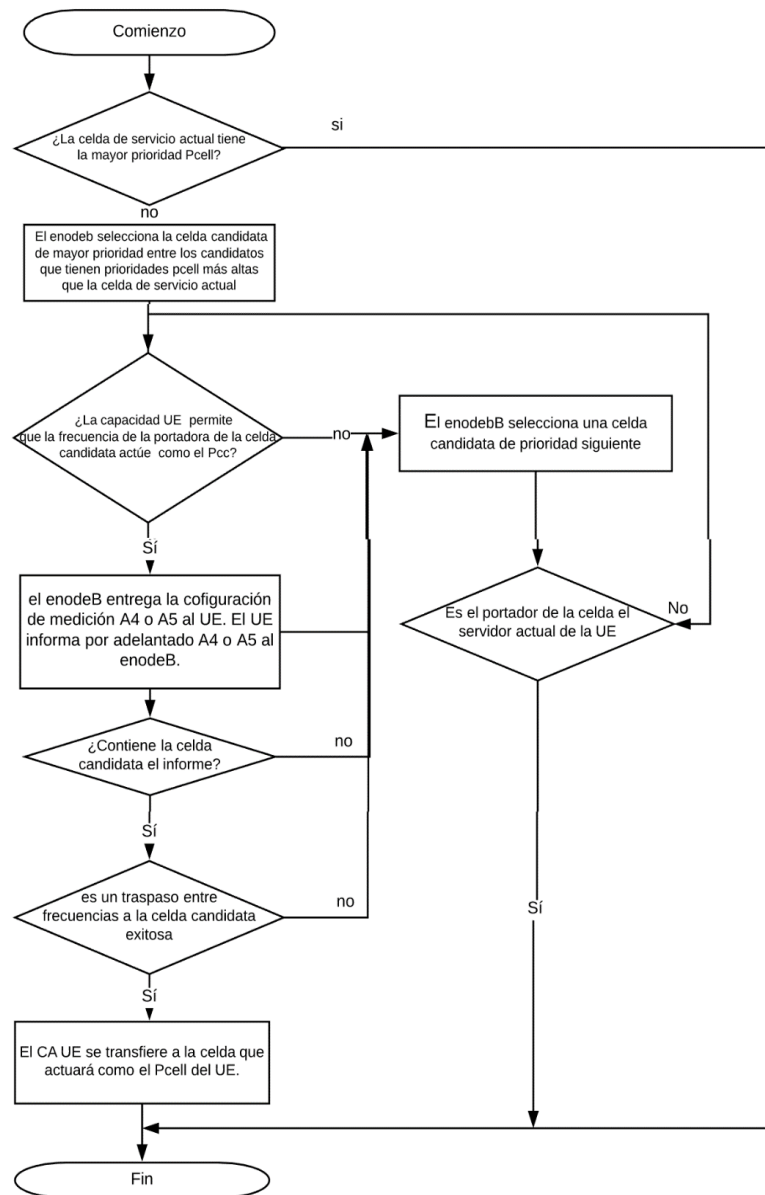


FIGURA 23. Muestra el procedimiento de anclaje de PCC adaptativo.

Anclaje de PCC adaptable

1. El eNodeB comprueba si la frecuencia tiene la mayor prioridad de PCC (especificada por el parámetro `PccFreqCfg.PreferredPccPriority`) entre las frecuencias identificadas por `PccDIEarfcn` en los objetos gestionados (MO) `PccFreqCfg`.
 - Si la frecuencia 1 tiene la mayor prioridad de PCC, el eNodeB retiene la celda en la frecuencia 1 como PCell para el UE y no realiza un mayor anclaje de PCC.
 - Si la frecuencia 1 no tiene la mayor prioridad de PCC, el eNodeB trata a las frecuencias de mayor prioridad como PCC candidatos para el UE, los organiza en orden descendente de prioridad de PCC y pasa al siguiente paso.
2. Si el UE puede trabajar en el PCC candidato de máxima prioridad (por ejemplo, la frecuencia 2), eNodeB entrega la configuración de medición A4 o A5, indicando al UE que mida la frecuencia 2. La configuración de medición A4 o A5 varía según el `IntraRatHoComm.Configuration` del parámetro `InterFreqHoA4TrigQuan`. Este parámetro tiene los siguientes valores:
 - RSRP : la configuración de medición A4 o A5 incluye solo una configuración RSRP. El umbral de RSRP para CA está especificado por `PccFreqCfg.Parámetro PccA4RsrpThd`.
 - RSRQ : la configuración de medición A4 o A5 incluye solo una configuración RSRQ. El umbral RSRQ para CA está especificado por `PccFreqCfg.Parámetro PccA4RsrqThd`.
 - AMBAS : La configuración de medición A4 o A5 incluye las configuraciones RSRP y RSRQ. El UE envía un informe de medición A4 o A5 al eNodeB cuando el RSRP o RSRQ medidos excede el umbral especificado para CA.

Si el UE no puede trabajar en la frecuencia 2, el eNodeB salta al PCC candidato de siguiente prioridad.

- Después de que eNodeB recibe un informe de medición A4 o A5 que contiene la celda en la frecuencia 2, el eNodeB pasa el UE a la celda.

Si el eNodeB no recibe dicho informe o si el traspaso a la celda falla, el eNodeB elimina la configuración de medición A4 o A5 y evalúa el PCC candidato de siguiente prioridad de la misma manera. Si no hay celdas en los PCC candidatos que cumplen las condiciones para desencadenar el evento A4 o A5 o no hay transferencia entre frecuencias, el eNodeB finaliza el procedimiento de anclaje PCC y la celda en la frecuencia 1 finalmente sirve al UE como su PCell.

3.2.11 Configuración de frecuencia del PCC (LST PCCFREQCFG)

LST PCCFREQCFG: Usaremos este comando para enumerar las configuraciones de portadora de componente principal (PCC).

Tabla 7. Parámetros del comando LST PCCFREQCFG.

ID	Nombre	Descripción
PccDIEarfcn	PCC Downlink EARFCN	<p>Significado: Indica el número de canal de frecuencia de radio E-UTRA de enlace descendente (EARFCN) del PCC candidato.</p> <p>Rango de valores de la GUI: 0 ~ 46589,54436 ~ 65535,66436 ~ 67335</p> <p>Unidad: ninguna</p> <p>Rango de valor real: 0 ~ 46589,54436 ~ 65535,66436 ~ 67335</p> <p>Valor predeterminado de MML: ninguno</p> <p>Valor recomendado: Ninguno</p> <p>Relación de parámetros:</p> <p>-Configuración de restricciones:</p> <p>PccDIEarfcn en un PccFreqCfg MO debe ser una frecuencia válida.</p> <p>Servicio interrumpido después de la modificación: N / A</p> <p>Impacto en el rendimiento de la red de radio: ninguno</p> <p>Modo aplicable: L</p>

Tabla 8. Descripción de salida del comando LST PCCFREQCFG.

Campo	Descripción
PCC Downlink EARFCN	Indica el número absoluto de canal de frecuencia de radio E-UTRA de enlace descendente (EARFCN) del PCC candidato.
Prioridad de PCC preferida	Especifica la prioridad con la que se selecciona el PCC candidato como PCC. El nivel de prioridad tiene una correlación positiva con el valor del parámetro. Este parámetro es válido solo si se selecciona la opción IdleModePccAnchorSwitch (IdleModePccAnchorSwitch), PccAnchorSwitch (PccAnchorSwitch) o EnhancedPccAnchorSwitch (EnhancedPccAnchorSwitch) del parámetro CaAlgoSwitch.
PCC A4 RSRP Umbral (dBm)	Indica el umbral de potencia recibida de la señal de referencia (RSRP) para desencadenar el evento A4 durante la evaluación de portadora de prioridad más alta para la selección de PCC.
PCC A4 RSRQ Umbral (0.5dB)	Indica el umbral de calidad de recepción de la señal de referencia (RSRQ) para desencadenar el evento A4 durante la evaluación de la portadora de mayor prioridad para la selección de PCC en escenarios donde CA se configura en función de las frecuencias. Si el RSRQ medido de una celda contigua entre frecuencias en el grupo CA es mayor que este valor de parámetro, el CA UE informa el evento A4.

Configuración

```
LST PCCFREQCFG;
O&M #5987
%%LST PCCFREQCFG;%%
RETCODE = 0 Operation succeeded.

List PCC frequency configuration
-----
PCC Downlink EARFCN Preferred PCC Priority PCC A4 RSRP Threshold(dbm) PCC A4
RSRQ Threshold(0.5db)

2950          2          -100          -20
3000          3          -105          -20
(Number of results = 2)
--- END
```

FIGURA 24. configuración de frecuencia del PCC.

3.2.12 Configuración de frecuencia SCC (LST SCCFREQCFG)

LST SCCFREQCFG: Usaremos este comando para enumerar las configuraciones de portadora de componente secundario (SCC).

Tabla 9. Parámetros del comando LST SCCFREQCFG.

ID	Nombre	Descripción
PccDIEarfcn	PCC Downlink EARFCN	<p>Significado: Indica el número de canal de frecuencia de radio E-UTRA de enlace descendente (EARFCN) del PCC.</p> <p>Rango de valores de la GUI: 0 ~ 46589,54436 ~ 65535,66436 ~ 67335</p> <p>Unidad: ninguna</p> <p>Rango de valor real: 0 ~ 46589,54436 ~ 65535,66436 ~ 67335</p> <p>Valor predeterminado de MML: ninguno</p> <p>Valor recomendado: Ninguno</p> <p>Relación de parámetros:</p> <p>-Configuración de restricciones: PccDIEarfcn en un SccFreqCfg MO debe ser una frecuencia válida.</p> <p>Servicio interrumpido después de la modificación: N / A</p> <p>Impacto en el rendimiento de la red de radio: ninguno</p> <p>Modo aplicable: L</p>
SccDIEarfcn	SCC Downlink EARFCN	<p>Significado: indica el enlace descendente EARFCN del candidato SCC.</p> <p>Rango de valores de la GUI: 0 ~ 46589,54436 ~ 65535,66436 ~ 67335</p> <p>Unidad: ninguna</p> <p>Rango de valor real: 0 ~ 46589,54436 ~ 65535,66436 ~ 67335</p> <p>Valor predeterminado de MML: ninguno</p> <p>Valor recomendado: Ninguno</p> <p>Relación de parámetros:</p> <p>-Configuración de restricciones: SccDIEarfcn en un SccFreqCfg MO debe ser una frecuencia válida.</p> <p>Servicio interrumpido después de la modificación: N / A</p> <p>Impacto en el rendimiento de la red de radio: ninguno</p> <p>Modo aplicable: L</p>

Código

```

LST SCCFREQCFG;;
O&M #5987
%%LST SCCFREQCFG;%%
RETCODE = 0 Operation succeeded.

List SCC frequency configuration
-----
                PCC Downlink EARFCN = 3100
                SCC Downlink EARFCN = 3200
                  SCC Priority = 1
                  SCC A2 Offset(dBm) = 0
                  SCC A4 Offset(dBm) = 0
SCell Blind Configuration Flag Addition Threshold(%) = 51
SCell Blind Configuration Flag Deletion Threshold(%) = 50
    SCell Blind Configuration Flag Control Mode = Auto
(Number of results = 1)

--- END
    
```

FIGURA 25. configuración de frecuencia del SCC.

Tabla 10. Descripción de salida del comando LST SCCFREQCFG.

Campo	Descripción
PCC Downlink EARFCN	Indica el número de canal de frecuencia de radio E-UTRA de enlace descendente (EARFCN) del PCC.
SCC Downlink EARFCN	Indica el EARFCN del enlace descendente del SCC candidato.
Prioridad SCC	Indica la prioridad con la cual el SCC candidato funciona como un SCC para ese PCC. Un valor más pequeño de este parámetro indica una prioridad más baja, y un valor más grande indica una prioridad más alta.
Compensación SCC A2 (dBm)	Indica el desplazamiento del umbral real para el evento CA A2 relativo al valor del parámetro CarrAggrA2ThdRsrp en el MO CaMgtCfg. Si el umbral real es mayor que -43 dBm, el valor de -43 dBm surte efecto. Si el umbral real es inferior a -140 dBm, el valor de -140 dBm surte efecto.
Offset SCC A4 (dBm)	Indica el desplazamiento del umbral real para el evento CA A4 en relación con el valor del parámetro CarrAggrA4ThdRsrp en el MO CaMgtCfg. Si el umbral real es mayor que -43

	<p>dBm, el valor de -43 dBm surte efecto. Si el umbral real es inferior a -140 dBm, el valor de -140 dBm surte efecto.</p>
<p>Umbral de adición de bandera de configuración ciega SCell (%)</p>	<p>Indica el umbral para agregar un indicador utilizado para identificar el soporte de la configuración de SCell oculta para una celda. El agrupamiento automático para la función de agregación de portadora compara la proporción de solapamiento de cobertura medida de una celda contigua entre frecuencias y la celda de servicio con este valor de parámetro. Si la proporción de superposición de cobertura es mayor o igual que este valor de parámetro, la celda contigua interfrecuencia puede configurarse como SCell para el UE de manera ciega y se agrega o modifica un indicador utilizado para identificar el soporte de configuración de SCell a ciegas. para la celda contigua entre frecuencias.</p> <p>Un valor menor de este parámetro indica un requisito de superposición de cobertura menor para establecer el indicador. Un valor mayor de este parámetro da como resultado el efecto opuesto.</p>
<p>Umbral de eliminación de indicador de configuración ciega SCell (%)</p>	<p>Indica el umbral para eliminar una bandera utilizada para identificar el soporte de la configuración de SCell a ciegas desde una celda. El agrupamiento automático para la función de agregación de portadora compara la proporción de solapamiento de cobertura medida de una celda contigua entre frecuencias y la celda de servicio con este valor de parámetro. Si se agrega un indicador utilizado para identificar el soporte de configuración de SCell a ciegas para la celda contigua entre frecuencias y la proporción de superposición de cobertura es menor que este valor de parámetro, el indicador es extraíble.</p> <p>Un valor menor de este parámetro da como resultado una menor probabilidad de borrar el indicador. Un valor mayor da como resultado una mayor probabilidad.</p>
<p>Modo de control de la bandera de configuración ciega SCell</p>	<p>Indica la política de control de la bandera utilizada para identificar si una celda se puede configurar como SCell de manera ciega.</p> <p>Si este parámetro se establece en AUTO (Auto), la agrupación automática de la función de agregación de operadores puede agregar, modificar o eliminar los indicadores utilizados para identificar si las celdas que funcionan en un SCC se pueden configurar como SCells de manera ciega.</p>

Si este parámetro se establece en MANUAL (Manual), las banderas solo se pueden agregar, modificar o eliminar manualmente.

3.2.13 Señalización Del Movil

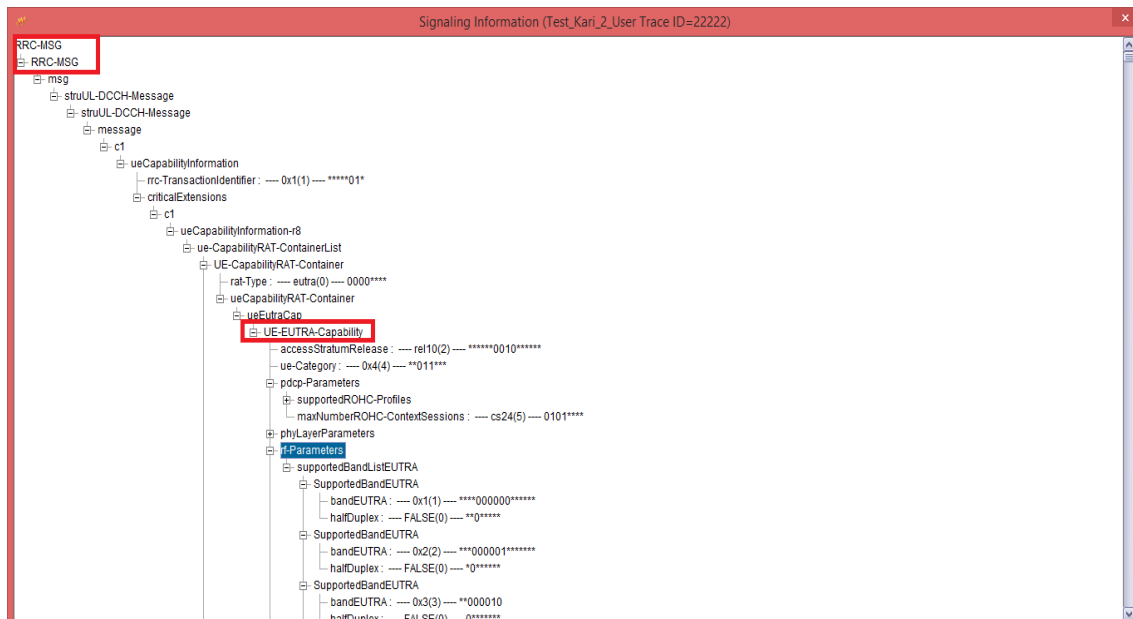


FIGURA 26. Señalización Del Movil.

Bandas que soporta UE

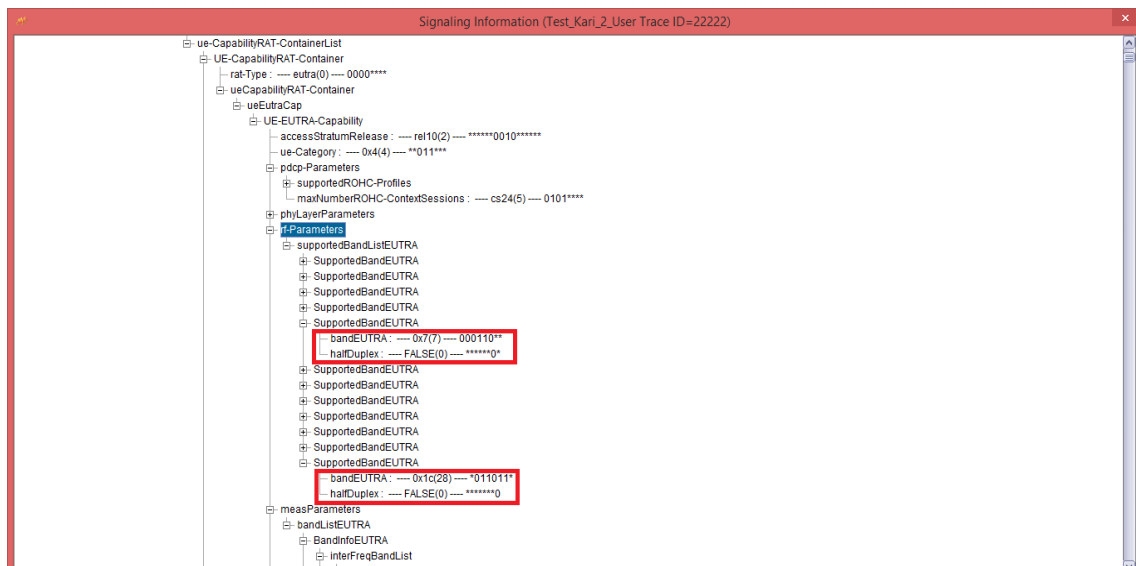


FIGURA 27. Bandas que soporta el móvil como la banda 2 y banda 7.

Combinaciones que soporta UE

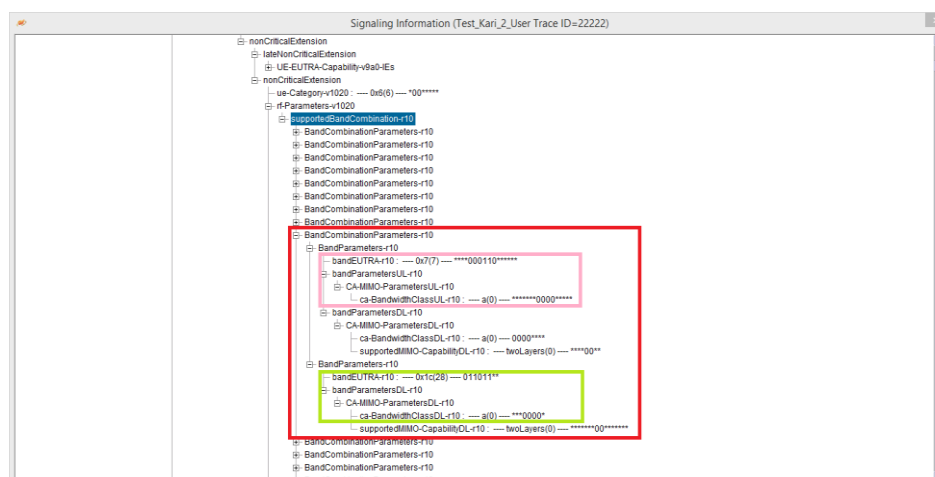


FIGURA 28. Combinaciones que soporta el móvil intra banda 7 y inter banda 28.

3.3 Pruebas

Una vez terminada la configuración de portadora a gregada en el sitio TRUJILLO1 Se realizaron pruebas de portadora a gregada con dos frecuencias una de banda alta y otra banda baja

Para estas pruebas se empleo el teléfono Samsung S6 el cual se monitorio con el gestor U2000 de huawei.

3.3.1 Pruebas antes de la implementación de Portadora Agregada

Prueba de descarga antes de la implementación de la Portadora Agregada.

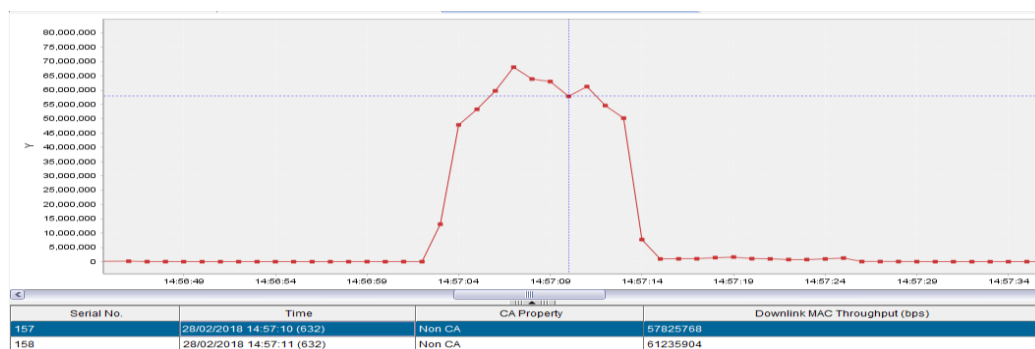


FIGURA 29. Prueba de descarga antes de la implementación de la Portadora Agregada.

Prueba de cantidad de usuarios antes de la implementación de la Portadora Agregada.

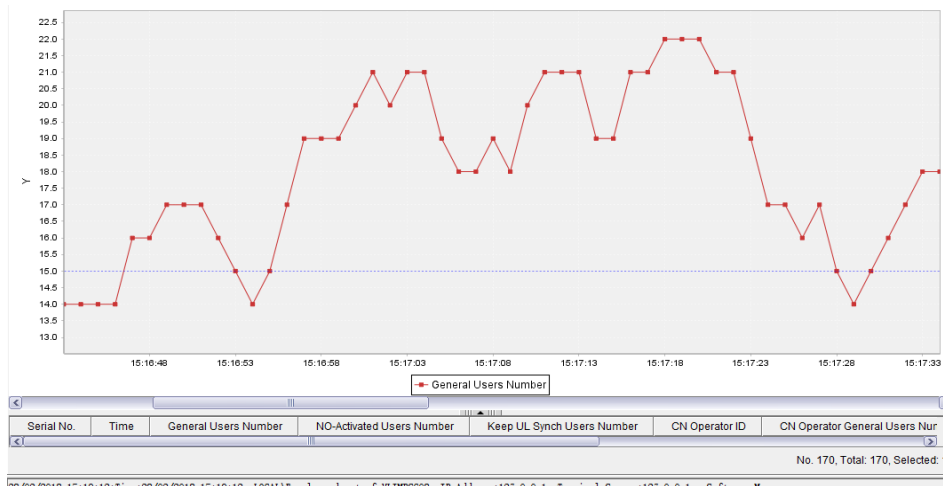


FIGURA 30. Cantidad de usuarios antes de la implementación de la Portadora Agregada.

Pruebas sin CA empleando la aplicación SPEEDTEST telefono samsung S6.

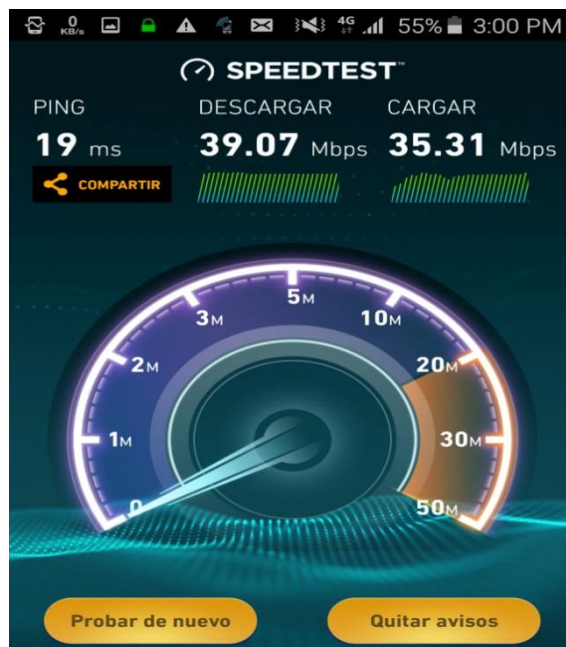


FIGURA 31. Prueba de descarga antes de la implementación de la Portadora Agregada.

Prueba de Cobertura antes de la implementación de la Portadora Agregada.

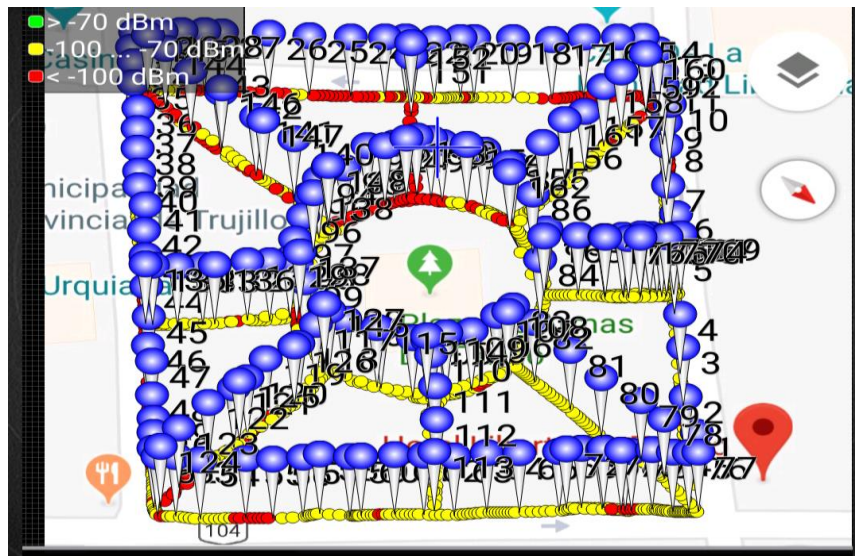


FIGURA 32. Cobertura de la plaza de Armas de Trujillo antes de la implementación de la Portadora Agregada.

3.3.2 Pruebas después de la implementación de Portadora Agregada

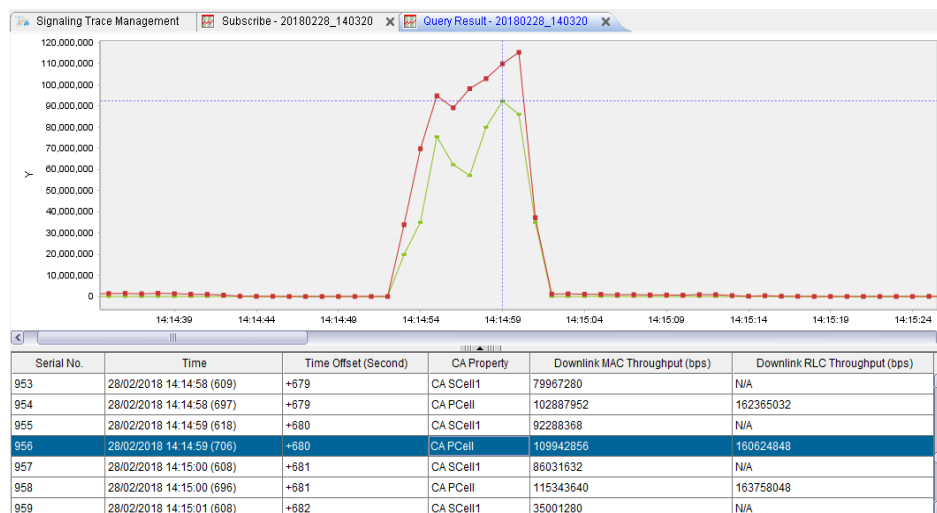


FIGURA 33. Descarga después de la implementación de la Portadora Agregada.

Cantidad de Usuarios

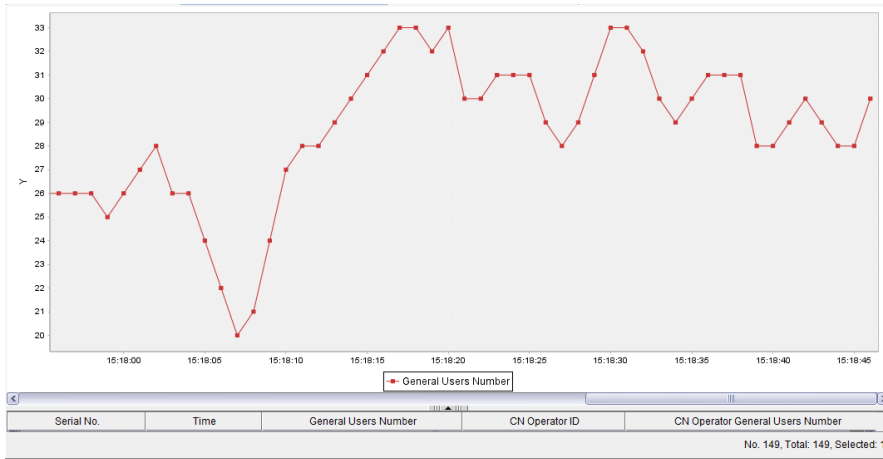


FIGURA 34. Cantidad de usuarios después de la implementación de la Portadora Agregada.

Pruebas de CA empleando la aplicación SPEEDTEST con el teléfono Samsung s6.

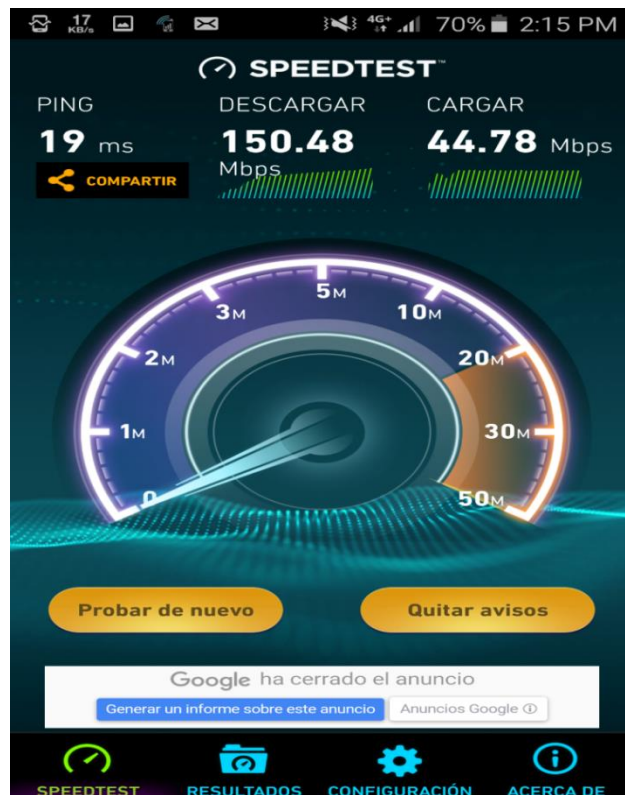


FIGURA 35. Prueba de descarga después de la implementación de la portadora agregada.

Prueba de Cobertura después de la implementación de la Portadora Agregada

Con la Portadora Agregada se aprecia como los niveles mejoran.

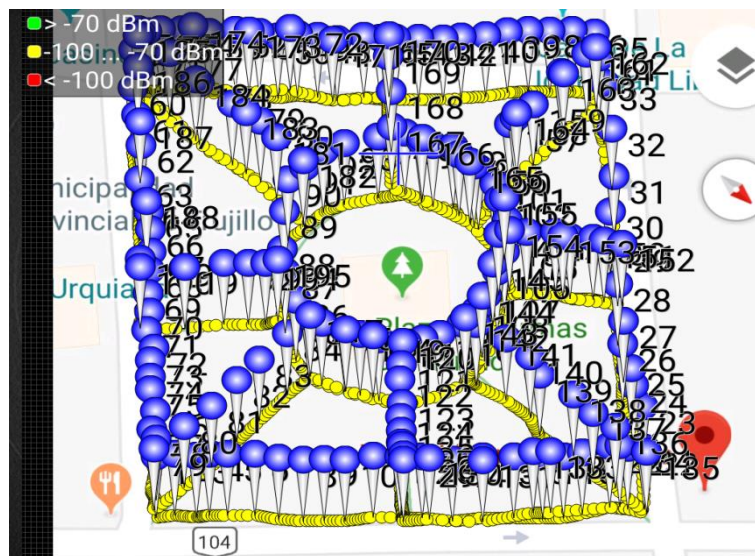


FIGURA 36. Cobertura de la plaza de Armas de Trujillo con CA después de la implementación de la portadora agregada.

3.4 Análisis de resultados.

Una vez expuestos los resultados obtenidos por cada prueba realizada anteriormente, se presenta a continuación el análisis de los resultados en forma comparativa del antes y después de la implementación con la configuración LTE ADVANCE con Portadora Agregada, de igual manera el análisis comparativo en cuanto a descarga de datos entre la implementación con la configuración LTE ADVANCE con Portadora Agregada y el artículo técnico Proyecto SAMURAY **avances en portadora agregada y MU-MIM para LTE-A.**

De los resultados obtenidos se presenta subdividido en análisis de descarga de datos, cobertura y cantidad de usuarios. Este tipo de análisis permite determinar si existen mejoras significativas empleando la configuración LTE ADVANCE con Portadora Agregada, que conduzcan a conclusiones objetivas.

3.4.1 Tabla de datos

En la Tabla 11 se presentan los datos de las pruebas de descarga, cobertura y cantidad de usuarios antes y después de la implementación con la configuración LTE ADVANCE con Portadra Agregada.

Tabla 11. Descarga de datos, cobertura y cantidad de usuarios en la implementación con la configuración LTE ADVANCE con Portadra Agregada.

Implementación con la configuración LTE ADVANCE con Portadra Agregada						
PRUEBAS	DATOS(mBps)		COBERTURA (dbm)		CANTIDAD DE USUARIOS	
	Nº	A	B	A	B	A
1	40	80	-100	-78	18	30
3	50	110	-120	-78	18	35
5	45	85	-100	-75	19	35
7	50	120	-100	-70	19	35
9	50	120	-100	-80	17	25
11	40	90	-100	-70	18	30
13	40	84	-80	-78	20	30
15	60	90	-100	-80	20	35
17	50	85	-115	-80	20	40
19	40	80	-118	-70	18	30
21	40	80	-118	-78	18	25
23	60	140	-98	-78	19	35
25	40	80	-98	-78	19	30
27	40	140	-118	-78	20	30
29	50	120	-100	-100	20	30
31	40	82	-118	-80	22	30
33	40	80	-90	-70	20	32
35	62	120	-100	-80	20	30
37	50	105	-90	-70	20	35
39	40	80	-105	-70	18	30
41	50	100	-110	-70	18	25

En la Tabla 12 se presentan los datos de las pruebas de descarga antes y después de la implementación con la configuración LTE ADVANCE con Portadra Agregada y el Proyecto SAMURAY **avances en portadora agregada y MU-MIM para LTE-A.**

Tabla 12. Descarga de datos de antes y después de la implementación con la configuración LTE ADVANCE con Portadra Agregada y el Proyecto SAMURAY avances en portadora agregada y MU-MIM para LTE-A proyecto Samurai.

PRUEBAS	Implementación con la configuración LTE ADVANCE con Portadra Agregada		Avances en portadora agregada y MU-MIM para LTE-A proyecto Samurai.	
	DATOS(mBps)		DATOS(mBps)	
Nº	A	B	A1	B1
1	70	140	90	160
2	60	130	70	150
3	57	120	60	120
4	55	110	50	110
5	53	100	45	70
6	50	90	35	60
7	48	80	30	55
8	45	85	20	50
9	40	80	15	47

3.4.2 Análisis de las gráficas con las pruebas realizadas.

3.4.2.1 Gráficas de análisis comparativo de los resultados de descarga de datos.

Según la gráfica podemos apreciar que los valores de las pruebas B que se encuentran en el rango de 80 Mbp por segundo a 140 Mbp por segundo son superiores a los valores de las pruebas A que se encuentran en el rango de 40Mbp por segundo a

60Mbps por segundo lo cual demuestra que la implementación de la portadora agregada influye positivamente en la velocidad de descarga de los usuarios.

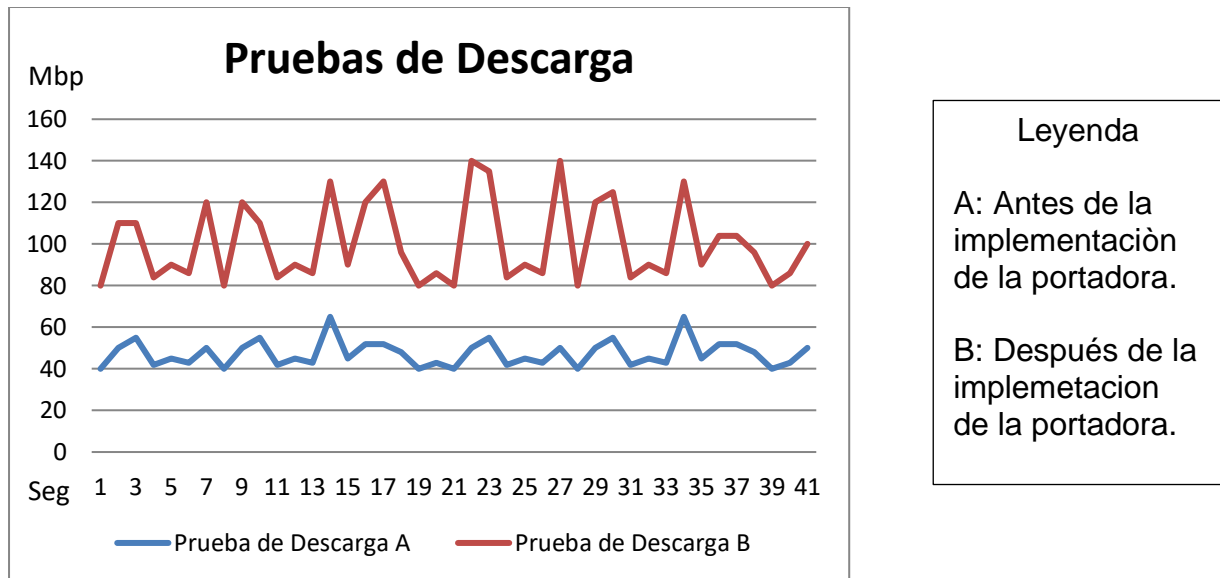


FIGURA 37. Gráfica de Prueba de descarga comparativa.

Fuente: Propia

Según la gráfica porcentual podemos apreciar que de un 100% de descargas con buena velocidad la prueba B obtuvo el 68% de descargas con buena velocidad a comparación de la prueba A que solo obtuvo el 32% de descargas con buena velocidad lo cual demuestra que la implementación de la portadora agregada influye positivamente en la velocidad de descarga de los usuarios.

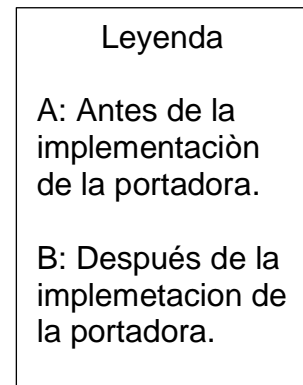
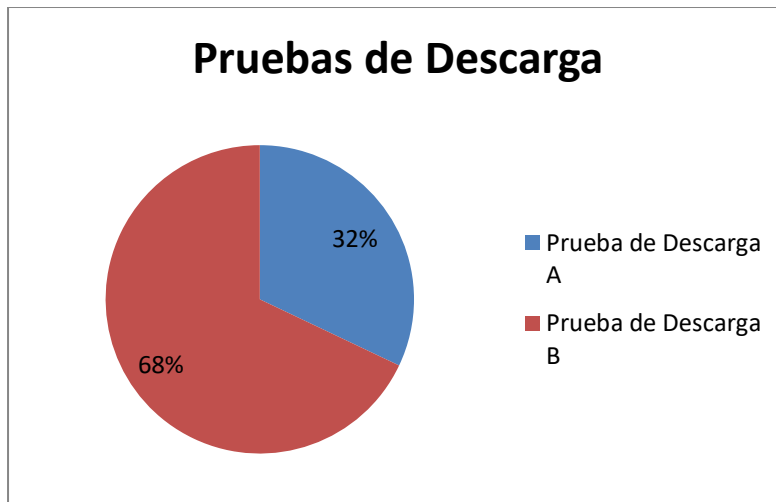


FIGURA 38. Gráfica de prueba de descarga porcentual.

Fuente: Propia

3.4.2.2 Gráficas de análisis comparativo de los resultados de cobertura.

Según la gráfica podemos apreciar que los valores de las prueba B que se encuentran en el rango de -80dBm a -70dBm son superiores a los valores de las prueba A que se encuentran en el rango de -120 dBm a -90dBm lo cual demuestra que la implementación de la portadora agregada influye positivamente en la cobertura para los usuarios.

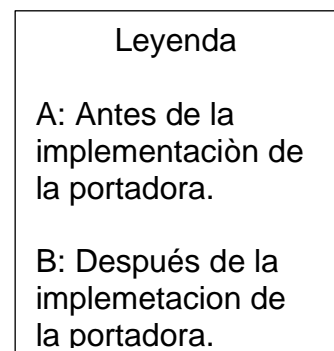
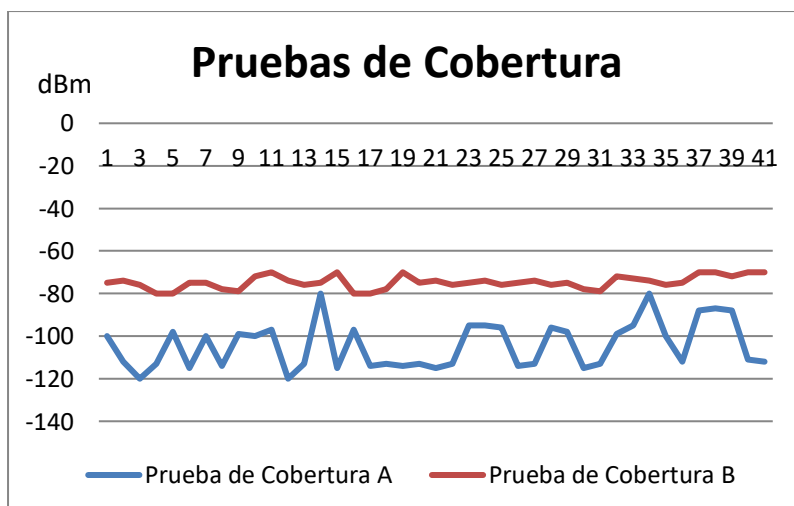


FIGURA 39. Gráfica de prueba de cobertura.

Fuente: Propia

Según la gráfica porcentual podemos apreciar que de un 100% de mala cobertura la prueba B obtuvo el 42 % de mala cobertura a comparación de la prueba A con 58 % de mala cobertura lo cual demuestra que la implementación de la portadora agregada influye positivamente en la mejora de cobertura.

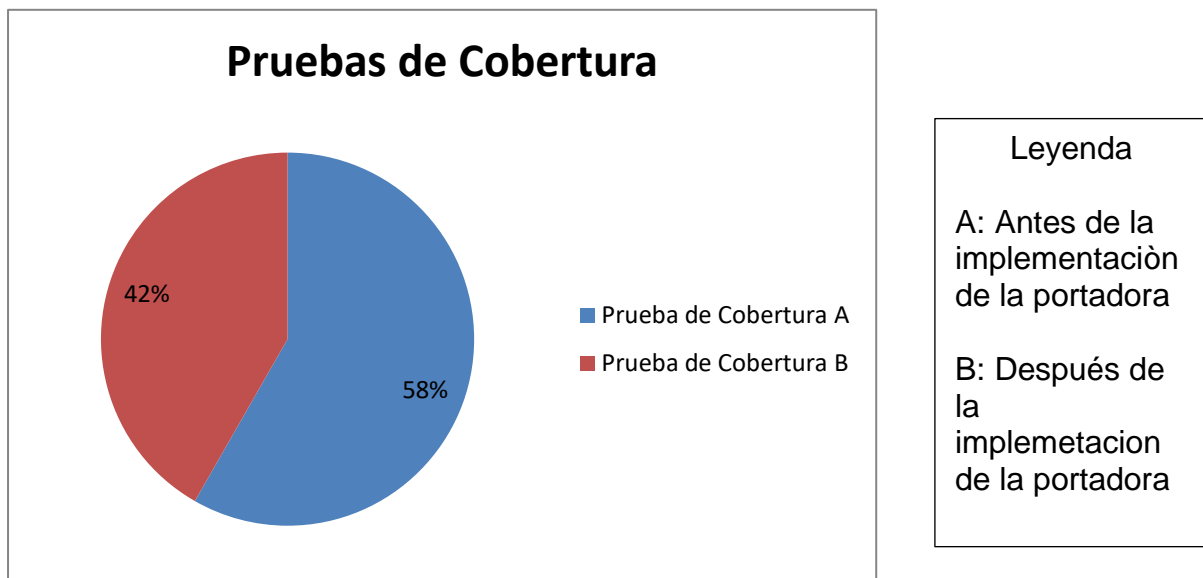


FIGURA 40. Gráfica de prueba porcentual de cobertura.

Fuente: Propia

3.4.2.3 Gráficas de análisis comparativo de los resultados de cantidad de usuarios.

Según la gráfica podemos apreciar que los valores de la prueba B que se encuentran en un rango de 30 a 40 usuarios son superiores a los valores de la prueba A que se encuentran en un rango de 15 a 20 usuarios lo cual demuestra que la implementación de la portadora agregada influye positivamente en la cantidad de los usuarios.

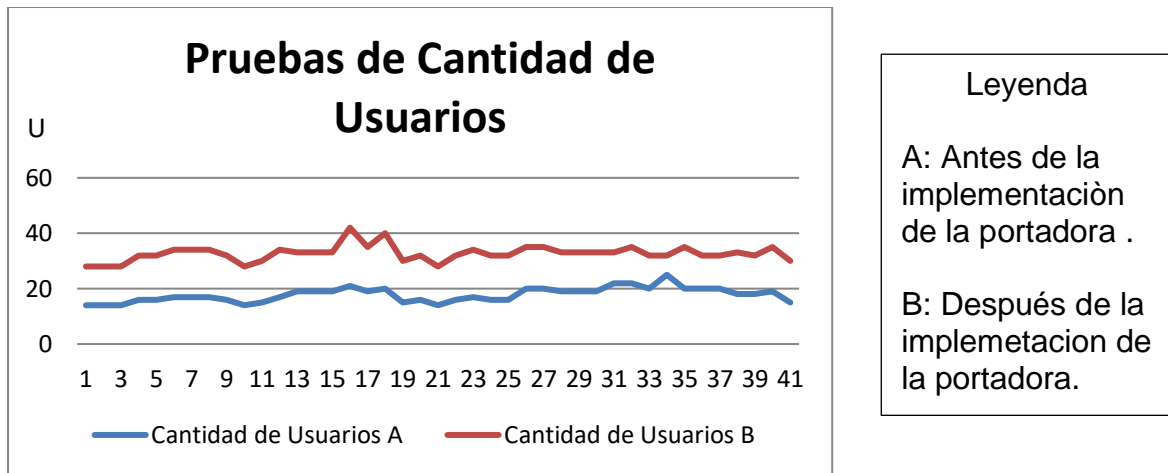


FIGURA 41. Gráfica de prueba de cantidad de usuarios.

Fuente: Propia

Según la gráfica porcentual podemos apreciar que de un 100% de cantidad de usuario la prueba B obtuvo 65% de la cantidad de usuarios a comparación de la prueba A con un 35% de la cantidad de usuarios lo cual demuestra que la implementación de la portadora agregada influye positivamente en la cantidad de los usuarios.

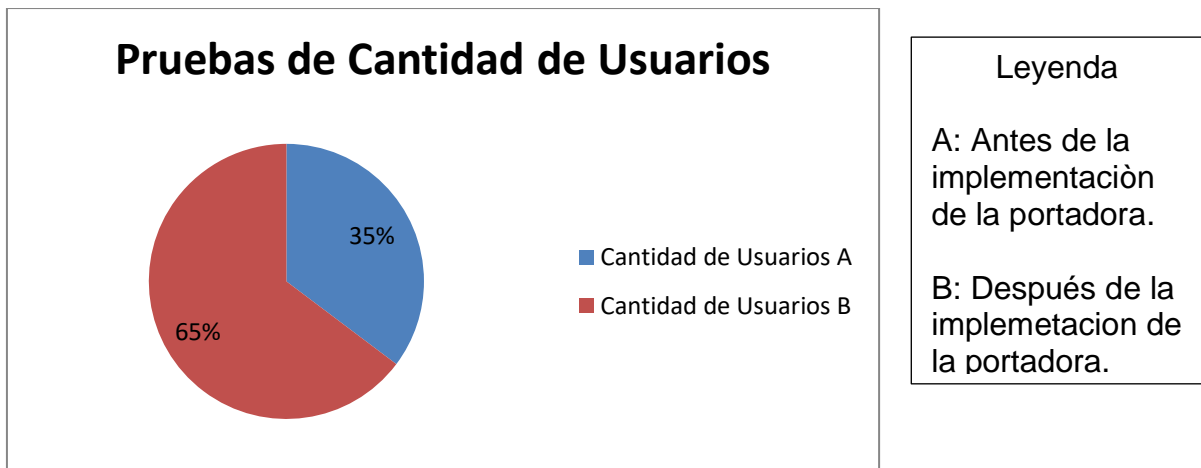


FIGURA 42. Gráfica de prueba porcentual de usuarios.

Fuente: Propia

3.4.2.4 Comparación y análisis entre Implementación de lte advance con portadora agregada en el site LTE Trujillo1 para la plaza de armas de Trujillo la Libertad, Perú y articulo técnico Los avances en portadora agregada y MU-MIM para LTE-A proyecto Samurai.

Según la gráfica podemos apreciar que los valores de las pruebas A, antes de la Implementación de lte advance con portadora agregada en el site lte trujillo1 para la plaza de armas de trujillo la libertad, Perú y la prueba A1, antes de la Implementación de lte advance con portadora agregada del articulo tecnico Proyecto SAMURAY Los avances en portadora agregada y MU-MIM para LTE-A muestran un comportamiento similar decreciente en cuanto a velocidad de descarga (mBps).

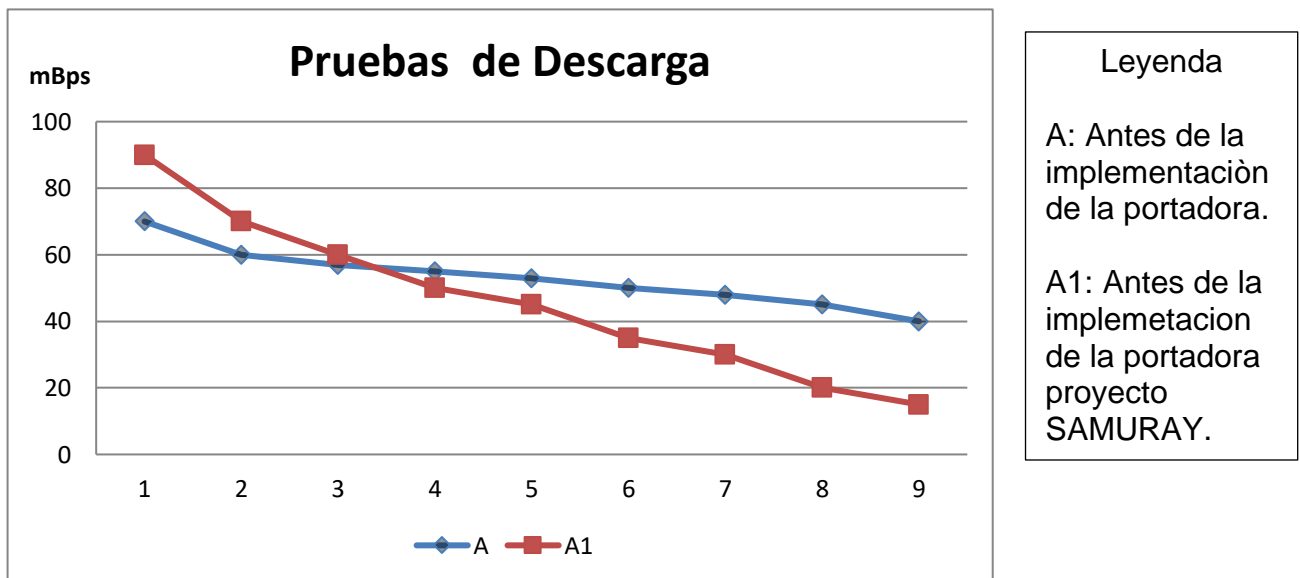


FIGURA 43. Gráfica comparativa de la prueba de velocidad de descarga antes de la implementación.

Fuente: propia

Según la gráfica podemos apreciar que los valores de las pruebas B, después de la Implementación de lte advance con portadora agregada en el site lte trujillo1 para la plaza de armas de trujillo la libertad, Perú y la prueba B1, después de la Implementación de lte advance con portadora agregada del artículo técnico Proyecto SAMURAY Los avances en portadora agregada y MU-MIM para LTE-A muestran un comportamiento similar decreciente en cuanto a velocidad de descarga, a su vez se observa que la mayoría de sus muestras logran duplicar su velocidad de descarga (MBps).

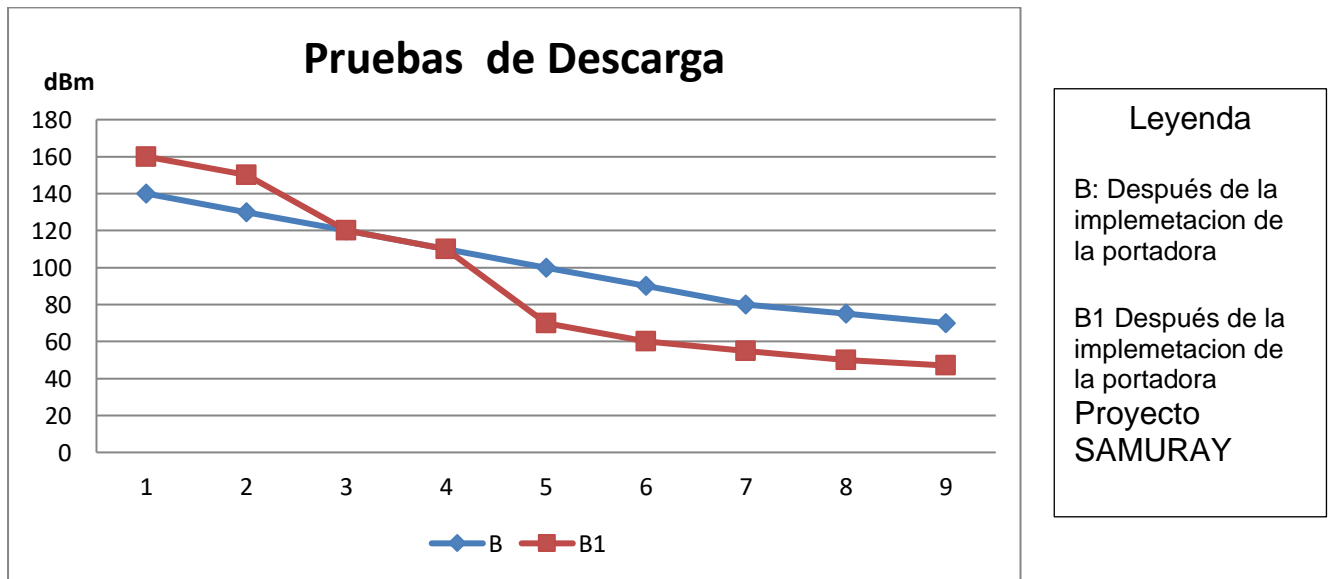


FIGURA 44. Gráfica comparativa de la prueba de velocidad de descarga después de la implementación.

Fuente: propia

Conclusiones

- La implementación con la configuración LTE Advance con portadora agregada influye positivamente en la calidad de servicio móvil 4G de los usuarios en La plaza de Armas de Trujillo para el 2018.
- La implementación con la configuración LTE Advance con portadora agregada influyen positivamente en la velocidad de descarga de los usuarios en La plaza de Armas de Trujillo para el 2018.
- La implementación con la configuración LTE Advance con portadora agregada influye positivamente en la cobertura de los usuarios en La plaza de Armas de Trujillo para el 2018.
- La implementación con la configuración LTE Advance con portadora agregada influye positivamente en la cantidad de los usuarios en La plaza de Armas de Trujillo para el 2018.
- Según los resultados obtenidos de las pruebas realizadas antes y después de la habilitación de la portadora agregada, en comparación al artículo citado del diario Gestión el cual tuvo la implementación de portadora agregada en Barcelona España, se obtuvieron resultados similares con impacto positivo.

Recomendaciones

El usuario debe contar con un equipo que pueda soportar múltiples bandas, debido a que la técnica de portadora agregada emplea estas dos o más bandas.

Se sugiere implementar la técnica de agregación de portadoras en lugares de alto tráfico de usuarios como sitios turísticos, estaciones de tren, conciertos, mercados, avenidas principales o estadios.

El usuario debe tener en cuenta el límite en cuanto a su plan de datos para evitar sobre costos de facturación.

El usuario debe estar dentro del área de cobertura 4G verificando en la parte superior derecha del celular.

El usuario debe procurar tener el nivel de batería alto para prolongar la experiencia en la tecnología 4G LTE ADVANCE

Bibliografía

1. Eurecom. (diciembre de 2012). Los avances en la agregación de portadoras y multiusuario MIMO para LTE-Advanced: Resultados del proyecto SAMURAI. Recuperado el 10 de enero de 2018, de Eurecom: <http://www.eurecom.fr/en/publication/3900>
2. Europe, M. (5 de Noviembre de 2013). EE lanza una red LTE-A de 300Mbps utilizando el enrutador de agregación de portadoras de Huawei. Recuperado el 10 de enero de 2018, de Mobile Europe: <https://www.mobileeurope.co.uk/Press-Wire/ee-launches-300mbps-lte-a-network-using-huawei-s-carrier-aggregation-router>
3. Gestión. (1 de marzo de 2015). Telefónica dio una muestra de su tecnología LTE-Advanced en el MWC en Barcelona. Recuperado el 10 de enero de 2018, de Gestión: <https://gestion.pe/tecnologia/telefonica-dio-muestra-tecnologia-lte-advanced-mwc-barcelona-79052>
4. Goldstein, P. (7 de marzo de 2014). AT&T ilumina la agregación de operadores de LTE Advanced en Chicago. Recuperado el 10 de enero de 2018, de Fierce Wireless: <https://www.fiercewireless.com/wireless/at-t-lights-up-lte-advanced-carrier-aggregation-chicago-other-markets>
5. Parker, T. (26 de junio de 2013). SK Telecom lanza LTE Advanced con agregación de portadora. Recuperado el 10 de enero de 2018, de Fierce Wireless: <https://www.fiercewireless.com/tech/sk-telecom-rolls-out-lte-advanced-carrier-aggregation>
6. UIT. Suscripción estadísticas móviles y celulares. de documentos en línea. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx>
7. 5G Americas. 2017. Las conexiones LTE globales se acercan a 2 mil millones al cierre de 2016. Washington, EE.UU.:5G Americas. <http://www.5gamericas.org/es/newsroom/press-releases/las-conexiones-lte-globales-se-acercan-2-mil-millones-al-cierre-de-2016/>

8. Ericsson. 2015. Ericsson informe de la movilidad documento de noviembre de 2015. En línea. [Http://www.ericsson.com/mobility-report](http://www.ericsson.com/mobility-report) .
9. Tero Lehto. 2015. suuria 5G Lupaa. Mikrobitti noviembre 3/2015, p. 60-61.
10. Harri Holma y Antti Toskala. 2011. LTE para UMTS: Evolución de LTE-Advanced, segunda edición. John Wiley & Sons, Ltd.
11. 3GPP. 2010. Requisitos para UTRA Evolucionado y Evolved UTRAN. de documentos en línea. [Http://www.3gpp.org/DynaReport/25913.htm](http://www.3gpp.org/DynaReport/25913.htm)
12. Magdalena Nohrborg. 2016. LTE general. de documentos en línea. 3GPP. [Http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte](http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte)
13. Seppo Hämmäläinen, Henning Sanneck y Cinzia Sartori. 2012. redes LTE de auto-organización (SON): automatización de gestión de red para la eficiencia operativa. John Wiley & Sons, Ltd.
14. Christopher Cox. 2014. Una introducción a LTE LTE, LTE-Avanzada, SAE, VoLTE y 4G Mobile Communications, segunda edición. John Wiley & Sons, Ltd.
15. Frederic Firmin. 2016. El núcleo de paquetes evolucionado. de documentos en línea. 3GPP. [Http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/100-the-evolved-packet-core](http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/100-the-evolved-packet-core) .

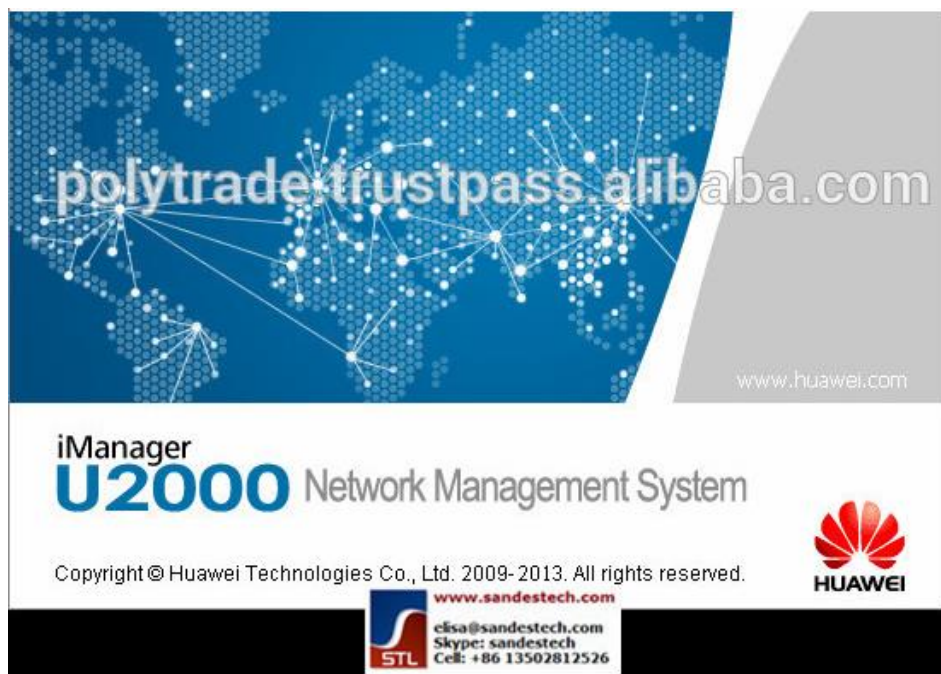
16. LSR. 2016. Fundamentos de MIMO Sistemas de Radio. de documentos en línea.
[Https://www.lsr.com/white-papers/basics-of-mimo-radio-systems](https://www.lsr.com/white-papers/basics-of-mimo-radio-systems)
17. Erik Dahlman, Stefan Parkvall y Johan Sköld. 2014. 4G: LTE / LTE-Avanzada para la banda ancha móvil, segunda edición. Elsevier Ltd.
18. Jeanette Wannstrom. 2013. LTE-Advanced. de documentos en línea. 3GPP.
[Http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/97-lte-advanced](http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/97-lte-advanced)
19. Nokia. 2014. LTE-Avanzada de documentos en línea.
[Http://networks.nokia.com](http://networks.nokia.com).
20. 3GPP. 2016. documento LTE Release 12. Línea.
[Http://www.3gpp.org/specifications/releases/68-release-12](http://www.3gpp.org/specifications/releases/68-release-12)
21. 3GPP. 2016. documento LTE Release 13. Línea.
[Http://www.3gpp.org/release-13](http://www.3gpp.org/release-13)
22. Ericsson. 2015. LTE Release 13 papel blanco. de documentos en línea.
[Http://www.ericsson.com/news/150417-lte-release-13_244069646_c](http://www.ericsson.com/news/150417-lte-release-13_244069646_c)
23. 3GPP. 2013. operación multi-punto Coordinado para LTE aspectos de la capa física. [Http://www.3gpp.org/dynareport/36819.htm](http://www.3gpp.org/dynareport/36819.htm)
24. Ericsson. 2014. redes heterogéneas papel blanco. de documentos en línea.
[Http://www.ericsson.com/news/140911-heterogeneous-networks-securing-excellent-mobile-broadband-user-experience-everywhere_244099436_c](http://www.ericsson.com/news/140911-heterogeneous-networks-securing-excellent-mobile-broadband-user-experience-everywhere_244099436_c)

25. Nokia. 2016. Tele2 Holanda aumenta la capacidad de la red, la cobertura en interiores con células pequeñas Nokia LTE. de documentos en línea. [Http://networks.nokia.com/news-events/press-room/press-releases/tele2-netherlands-boosts-network-capacity-indoor-coverage-with-nokia-lte-small-cells](http://networks.nokia.com/news-events/press-room/press-releases/tele2-netherlands-boosts-network-capacity-indoor-coverage-with-nokia-lte-small-cells)
26. Jeanette Wannstrom. 2013. agregación de portadoras explicó. 3GPP. [Http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/101-carrier-aggregation-explained](http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/101-carrier-aggregation-explained).
27. Nokia. 2014. infografía LTE-A agregación de portadoras. de documentos en línea. [Http://networks.nokia.com](http://networks.nokia.com)
28. 3GPP. 2015. E-UTRA y E-UTRAN Descripción general.
a. [Http://www.3gpp.org/dynareport/36300.htm](http://www.3gpp.org/dynareport/36300.htm)
29. Harri Holma y Antti Toskala. 2012. LTE-Advanced: Solución 3GPP para las IMT- Avanzadas. John Wiley & Sons, Ltd.

ANEXOS

U2000

Gestor empleado para el monitoreo de teléfonos



SPEEDTEST Aplicacion movil empleada para las prueba de descarga.



TEMS- POCKET de Ascom Aplicacion movil empleada para realizar los walk test de cobertura.

