

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**



**“SUPERVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN Y REALIZACIÓN DE
PRUEBAS DE SEÑAL DE LA SOLUCIÓN MACRO-SITIO CON
ANTENA EASYMACRO EN LAS BANDAS 1900 Y 2100 MHZ EN LA
ZONA POBLADA DE JUAN VELASCO ALVARADO DEL DISTRITO DE
SAN MARTIN DE PORRES”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

CONDORI ZAMBRANO, ROSARIO MILUSKA

**Villa El Salvador
2017**

DEDICATORIA

“Este trabajo se lo dedico a mis familiares, principalmente a mis padres y hermana que, con su continuo apoyo, me motivaron con cada aliento y muestra de afecto”

AGRADECIMIENTO

*“Agradezco a Dios por permitirme
haber llevado esta etapa de mi vida.
Agradezco a mis amistades que hicieron
amena cada año de la carrera.”*

ÍNDICE

ÍNDICE	IV
LISTADO DE FIGURAS	IX
LISTADO DE TABLAS	XII
ABREVIATURAS	XIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I:	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 Descripción de la Realidad Problemática	3
1.2. Justificación del Proyecto	4
1.3. Delimitación del Proyecto	5
1.3.1. Teórica	5
1.3.2. Espacial	5
1.3.3. Temporal	5
1.4. Formulación del Problema	6
1.4.1. Problema general	6
1.4.2. Problemas específicos	6
1.5. Objetivos	7
1.5.1. Objetivo general	7
1.5.2. Objetivos específicos	7
CAPITULO II:	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes de la Investigación	8
2.2. Bases Teóricas	14
2.2.1. Evolución de las tecnologías de Comunicaciones móviles	14
2.2.1.1. Primera generación (1G)	15

2.2.1.2. Segunda generación (2G)	16
2.2.1.3. Tercera generación (3G)	17
2.2.1.3.1. Arquitectura de la red UMTS	19
2.2.1.3.1.1. Elementos de CN	20
2.2.1.3.1.2. Elementos del UTRAN	21
2.2.1.3.1.3. Equipo de usuario UE	22
2.2.1.4. Cuarta generación (4G).....	22
2.2.1.4.1. Arquitectura de red LTE.....	24
2.2.1.4.1.1. Elementos de la red troncal – EPC	24
2.2.1.4.1.2. Elementos de la red de acceso – E-UTRAN	25
2.2.1.4.1.3. Elementos de la UE	26
2.2.2. Técnicas de acceso múltiple.....	26
2.2.2.1. FDMA	26
2.2.2.2. TDMA	27
2.2.2.3. CDMA.....	28
2.2.2.4. OFDMA	30
2.2.3. PNAF	30
2.2.3.1. Uso de bandas y frecuencias	31
2.2.4. Estimación de la capacidad de canales.....	32
2.2.5. Antenas	34
2.2.5.1. Parámetros de las antenas	34
2.2.5.1.1. Patrón de radiación.....	34
2.2.5.1.2. Ganancia y eficiencia.....	35

2.2.5.1.3. Directividad	35
2.2.5.1.4. Polarización	35
2.2.5.1.5. Ancho de banda.....	35
2.2.5.2. Tipos de antenas.....	36
2.2.5.2.1. Antenas sectoriales	38
2.2.5.2.1.1. Antena AAU3940	38
2.2.5.2.1.2. Puertos en la antena AAU3940.....	39
2.2.5.2.1.3. Estructura lógica de la antena AAU3940	40
2.2.5.2.1.4. Funciones de la antena AAU3940.....	41
2.2.5.2.1.5. Especificaciones de la antena AAU3940.....	41
2.2.5.2.1.6. Comparación con modelos similares	42
2.2.6. BBU	43
2.2.6.1. Tarjetas de la BBU	44
2.2.6.2. Funciones y principio de funcionamiento de la tarjeta UBBP	47
2.2.6.2.1. Tipos de tarjetas UBBP	48
2.2.6.2.2. Modos compatibles con la tarjeta UBBPd6.....	49
2.3. Marco Conceptual.....	50
CAPITULO III:	53
DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA.....	53
3.1. SUPERVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN EASYMACRO CON ANTENAS HUAWEI.....	56
3.1.1. Fase 1: Verificación del material para la implementación.....	56
3.1.2. Fase 2: SST – Seguridad y Salud en el trabajo.....	57

3.1.3. Fase 3: Implementación de la solución EasyMacro.....	59
3.1.3.1. Equipamiento proyecto EasyMacro.....	61
3.1.3.1.1. Equipo principal	61
3.1.3.1.2. Herramientas a utilizar	61
3.1.3.2. Escenarios de instalación.....	62
3.1.3.3. Estándar de instalación	63
3.1.3.3.1. Instalación de antena AAU.....	64
3.1.3.3.2. Rectificador	66
3.1.3.3.3. Caja AC	67
3.1.3.3.4. Cableado.....	68
3.1.3.3.5. Tarjeta en BBU.....	74
3.1.3.3.6. Etiquetado	75
3.2. REALIZACION DE PRUEBAS DE SEÑAL DE LA SOLUCION EASYMACRO	76
3.2.1. Pasos para realizar las pruebas de llamadas	77
3.2.2. Pasos para realizar la descarga de datos.....	80
3.3. REVISION Y CONSOLIDACION DE RESULTADOS	83
3.3.1. Fotos del área cercada	83
3.3.2. Personal con correcto uso de EPPs	84
3.3.3. Recorrido de FO de panduit a BBU	84
3.3.4. Vista de la BBU	85
3.3.5. Puertos del rectificador.....	85
3.3.6. Recorrido de cables.....	86
3.3.7. Vista panorámica de la Caja AC.....	86
CONCLUSIONES	88
RECOMENDACIONES	90

BIBLIOGRAFÍA	91
ANEXOS	94
ANEXOS DE IMPLEMENTACIÓN.....	94
ANEXOS FOTOGRÁFICOS	95
ANEXOS DE ENTREGABLES DE CONFORMIDAD.....	103
ANEXOS DE HOJAS TÉCNICAS	110

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de la evolución celular.....	14
Figura 2. Móvil de la primera generación.....	16
Figura 3. Red básica GSM.....	17
Figura 4. Evolución UMTS	19
Figura 5. Estructura general de la red UMTS.....	19
Figura 6. Arquitectura de UTRAN	21
Figura 7. Arquitectura de red UMTS	22
Figura 8. Arquitectura básica móvil celular	23
Figura 9. Estructura básica de la red LTE.....	24
Figura 10. Arquitectura de red LTE.....	26
Figura 11. Multiplexación por división de frecuencias.....	27
Figura 12. Multiplexación por división de frecuencias.....	28
Figura 13. Tipos de accesos múltiples.....	29
Figura 14. Dominio frecuencia OFDMA	30
Figura 15. Velocidades de transmisión para distintos servicios.....	33
Figura 16. Patrón de radiación de una antena direccional.....	34
Figura 17. Antena AAU3940	39
Figura 18. Puertos de la antena AAU3940	40
Figura 19. Estructura lógica de la antena AAU3940	41
Figura 20. BBU3900 de Huawei.....	43
Figura 21. Tarjeta WBBP	44
Figura 22. Tarjeta UBRI	44
Figura 23. Tarjeta LBBP	45

Figura 24. Tarjeta UMPT	45
Figura 25. Tarjeta UPEU.....	46
Figura 26. Tarjeta FAN	46
Figura 27. Tarjeta UBBP	47
Figura 28. Principio de funcionamiento de la tarjeta UBBP	48
Figura 29. Etiqueta en tarjeta UBBP	49
Figura 30. Diagrama de Gantt.....	55
Figura 31. Número de serie de equipos instalados.....	57
Figura 32. Uso correcto de EPP.	58
Figura 33. Área de trabajo cercada.....	58
Figura 34. Ubicación del site. Imagen Satelital	59
Figura 35. Ubicación del site.....	60
Figura 36. Escenario de la solución EasyMacro en 0131963_LM_DO_San_German.....	60
Figura 37. Escenario de instalación de antena	63
Figura 38. Parte inferior de la antena.....	65
Figura 39. Placa base instalada.....	65
Figura 40. Puerto del rectificador.....	67
Figura 41. Caja AC	68
Figura 42. Canalizado de FO	70
Figura 43. Conexión de la FO	71
Figura 44. Canalizado de cable de energía	72
Figura 45. Conexión de cable DC.....	72
Figura 46. Canalizado de cable de tierra	73
Figura 47. Posición de tarjeta UBBP.....	74

Figura 48. Inserción de UBBP en BBU existente.....	75
Figura 49. Etiquetado de aterramiento en tablero de distribución.....	76
Figura 50. Aplicaciones utilizadas para medición de señal.....	77
Figura 51. Datafill.....	78
Figura 52. Setear la red a 3G.....	78
Figura 53. Capturas de G-net track.....	79
Figura 54. Setear la red a 4G.....	79
Figura 55. Capturas de G-net track.....	80
Figura 56. Cambio de servidor y servidores asociados a la aplicación.....	81
Figura 57. Speed test para redes 3G.....	82
Figura 58. Speed test para redes 4G.....	82
Figura 59. Área Cercada y limpieza.....	84
Figura 60. Uso de EPPs.....	84
Figura 61. Recorrido de FO.....	85
Figura 62. Vista de BBU.....	85
Figura 63. Rectificador.....	86
Figura 64. Recorrido de cables.....	86
Figura 65. Caja AC.....	87

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Rango de frecuencias	32
Tabla 2. Ancho de banda para varias antenas.....	36
Tabla 3. Comparación entre los tipos de antenas.....	38
Tabla 4. Características de la antena AAU3940	42
Tabla 5. Cuadro comparativo soluciones macrositio.....	43
Tabla 6. Modos compatibles con UBBPd6.....	49
Tabla 7. Listado de actividades realizadas	55
Tabla 8. Tipo de cables y conectores	69

ABREVIATURAS

1G	1 st Generation
2G	2 nd Generations
3G	3 rd Generations
4G	4 th Generations
3GPP	3rd Generation Partnership Project
AAU	Active Antenna Unit
ADC	Analog to Digital Converter
AMPS	Advanced Mobile Phone Service
AU	Access Unit
AuC	Authentication Centre
B	Bandwidth
BBU	Baseband unit
BS	Base Station
BSC	Base Station Controller
BTS	Base Transceiver Station
C	Capacity
CDMA	Code Division Multiple Access
CITEL	Comisión Interamericana de Telecomunicaciones
CN	Core Network
CPRI	Common Public Radio Interface
DAC	Digital to Analog Converter
DL	Downlink
EDGE	Enhanced Data Rates GSM of Evolution

EIR	Equipment Identity Register
EnodoB	Evolved base stations
EPC	Evolved Packet Core
E-EDGE	Evolved EDGE
E-UTRAN	Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network
EV-DO	Evolution – Data Optimized
FAN	Fan unit
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access
GSM	Global System Mobile
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway Mobile Switching Centre
GPRS	General Packet Radio Service
HLR	Home Location Register
HSPA	High Speed Packet Access
HSPA+	Evolved High Speed Packet Access
HSS	Home Subscriber Server
IMT	International Mobile Telecommunications
LBBP	LTE Baseband Processing unit
LTE	Long Term Evolution
MME	Mobility Management Entity
MSC	Mobile Services Switching Center
NMTS450	Nordic Mobile Telephone System
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
O&M	Operation and Management

PCRF	Policing and Charging Rules Function
PDN	Public Data Network
PGW	PDN Gateway
PNAF	Plan Nacional de Atribución de Frecuencias
QoS	Quality of Service
RAN	Radio Access Network
RET	Remote Electrical Tilt
RNC	Radio Network Controller
RU	Radio Frequency unit
RX	Receiver
SIM	Subscriber Identity Module
SGSN	Serving GPRS Support Node
SGW	Serving Gateway
SS	Supplementary Service Support
S/N	Signal and noise
TDMA	Time Division Multiple Access
TX	Transmitter
TD-SCDMA	Time Division Synchronous Code Division Multiple Access
UBBP	Universal Baseband Processing unit
UBRI	Universal baseband radio interface board
UE	User Equipment
UL	Uplink
UMPT	Universal Main Processing & Transmission unit
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UPEU	Universal power and environment interface unit

UIT / ITU	International Telecommunication Union
UIT-R	ITU Radiocommunication sector
UTRAN	UMTS Radio Access Network
VLR	Visitor Location Register
WBBP	WCDMA baseband processing unit
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos remotos la necesidad del hombre por comunicarse ha estado presente y ha sido parte de su proceso de socialización. A través de los diversos medios de comunicación el hombre ha buscado la forma de expresar sus ideas a los demás y con la ayuda de la tecnología, el medio capaz de llevar esto a cabo ha ido variando. La forma más rápida de comunicarse e incluso sin importar la distancia ni la movilidad es a través del uso de teléfonos móviles. El crecimiento del uso del mismo va acorde a la tecnología y funcionalidades que brinda, cada vez los teléfonos móviles son más inteligentes porque no solo nos permite comunicarnos con los demás sino también mantenernos informados de lo que acontece en el mundo a través del internet y servicio de datos.

Debido a la creciente demanda de Smartphone y Tablet al igual de las tecnologías novedosas, que llega cada vez a más personas, como el internet de las cosas y otras en desarrollo, es necesario contar con una estructura de red capaz de sobrellevar el excesivo uso de datos que también este a la par a la tecnología y logre satisfacer las exigencias para un futuro próximo.

Diversas soluciones han sido planteadas por las numerosas empresas proveedoras de redes de telecomunicaciones, pero muchas de estas podrían llegar a su punto máximo de capacidad y velocidad por no contar con una red de banda ancha móvil capaz de soportar la demanda actual.

Una solución nueva e innovadora que proporciona señal inalámbrica tanto para personas como para maquinas, es la existente en el mercado actual, las antenas EasyMacro. Estas antenas mejoran la conectividad móvil, ahorra espacio por su tamaño y está diseñada para pasar por desapercibida

mezclándose dentro de un ambiente urbano para la cual fue desarrollada. EasyMacro es un macro – sitio de alto desempeño con la capacidad de llevar e impulsar señales LTE, la mejor tecnología en lo que respecta a la capacidad y velocidad que el mundo actual requiere.

El presente trabajo de investigación lleva por título “Supervisión de la implementación y realización de pruebas de señal de la solución macro-sitio con antena EasyMacro en las bandas 1900 y 2100 MHz en la zona poblada de Juan Velasco Alvarado del distrito de San Martín de Porres”, para optar el título de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones, presentado por la alumna Rosario Miluska Condori Zambrano.

La estructura que he seguido en este proyecto se compone de tres capítulos. El primer capítulo comprende el planteamiento de problema, el segundo capítulo, el desarrollo del marco teórico y el tercer capítulo corresponde al desarrollo del proyecto de ingeniería.

La autora

CAPITULO I:

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

La zona poblada de Juan Velasco Alvarado en el distrito de San Martín de Porres, posee una creciente demanda de servicios móviles tales como datos e internet y requieren de una mayor cobertura de telefonía móvil celular. La infraestructura móvil existentes de las diversas operadoras de telefonía no soportan la demanda excesiva de datos debido a que llegan a su punto máximo de capacidad por no contar con redes de banda ancha móviles con gran desempeño, y sus velocidades no satisfacen las necesidades de la población.

Por ello se requiere soluciones de alto desempeño con la capacidad de llevar e impulsar la señal inalámbrica para así mejorar la conectividad móvil satisfaciendo las exigencias de los pobladores.

1.2. Justificación del Proyecto

Para estar acorde con las necesidades a nivel de RF que los habitantes de Juan Velasco Alvarado del distrito de San Martín de Porres requieren, se ha visto la necesidad de implementar una nueva solución de alto desempeño, capaz de ofrecer mejor conectividad móvil ofreciendo mayor capacidad y velocidad de datos y mejor cobertura de señal celular.

La solución macro-sitio con antenas EasyMacro, es la más adecuada para satisfacer las necesidades de la población, porque impulsa la señal inalámbrica, no requiere de grandes espacios para su implementación y por su diseño pasa desapercibida en la zona donde se implementa.

1.3. Delimitación del Proyecto

1.3.1. Teórica

Equipos de telecomunicaciones marca Huawei, antenas AAU3940 o EasyMacro, antenas sectoriales, Sistemas de telefonía móvil, macro – sitio, rangos de frecuencias, tecnologías WCDMA /UMTS y LTE.

1.3.2. Espacial

La implementación se realizó en la zona poblada de Juan Velasco Alvarado, en el distrito de San Martín de Porres.

1.3.3. Temporal

La implementación y realización de pruebas de señal fueron realizadas dentro de los meses de Diciembre del 2016 – Enero del 2017.

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. Problema general

- ¿Cómo se supervisaría la implementación y se realizaría las pruebas de señal de la solución macro-sitio con antenas EasyMacro en las bandas 1900 y 2100 MHz en la zona poblada de Juan Velasco Alvarado en el distrito de San Martín de Porres?

1.4.2. Problemas específicos

- ¿Cómo se implementa la solución macro sitio con antena EasyMacro en las bandas 1900 y 2100 MHz en la zona poblada de Juan Velasco Alvarado en el distrito de San Martín de Porres?
- ¿Cómo se probaría que la solución macro-sitio con antena EasyMacro brinda mayor capacidad y velocidad de datos?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Supervisar la Implementación de una solución sostenible para la mejora de la conectividad móvil en los servicios de llamadas, datos e internet en la zona poblada de Juan Velasco Alvarado en el distrito de San Martín de Porres.

1.5.2. Objetivos específicos

- Implementar una solución macro-sitio con antena EasyMacro.
- Probar que la solución macro – sitio con antena EasyMacro brinda mayor capacidad y velocidad de datos y ofrece mayor cobertura a nivel celular.

CAPITULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

Existen trabajos de investigación similares al presente. A continuación, cito los siguientes:

- Integración de nuevas Tecnologías en una BTS3900 existente, Universidad Autónoma de Madrid, España, presentado por Alberto Sáez Carrasco en 2016; quien concluyó lo siguiente: “Estudiando los diferentes escenarios de los que dispone el operador hemos visto que se pueden agrupar en cuatro tipos principalmente dependiendo principalmente de si se usaban equipos de interior o de exterior y el tipo de sistema RF utilizado. A la hora de ver la forma de integrar LTE rápidamente se llega a la conclusión de pese a ser escenarios distintos la integración se realiza de una manera muy similar en todos gracias a la versatilidad de los equipos que se encuentran instalados. Los cambios y añadidos en la BBU son básicamente los mismos en todos los casos. La

diferencia principal se encuentra en el sistema RF ya que según sea macro o distribuido se procederá de manera completamente distinta. Para minimizar costes hemos visto que en la mayor parte de los casos se puede hacer un uso compartido del sistema RF instalado para DCS. La integración de LTE no afecta al servicio dado hasta el momento pese a utilizar los mismos equipos. Por tanto si se detectara alguna degradación sería necesario revisar tanto la configuración como la instalación en busca de inconsistencias y defectos. A lo largo del trabajo realizado en este proyecto he podido comprobar las comodidades que aportan los equipos modulares singleRAN y especial la BTS3900 de Huawei. Como hemos visto permite desplegar una nueva red utilizando recursos existentes sin perjudicar los servicios que ya se encuentran en funcionamiento. Para compartir estos recursos son necesarios unos pequeños cambios en comparación de lo que implicaría tener que desplegar la red utilizando equipos completamente independientes como ya paso en el despliegue de la red UTRAN” (Sáez, 2016, p.58).

Esta tesis muestra que para la implementación de un sector adicional o el despliegue de una nueva red no es necesario la instalación de una estación base con nuevos equipos para el sistema radiante y RF (antenas, bbu, RRUs, gabinetes, etc.), en muchos casos solo es necesario añadir tarjetas a la BBU como se mostrará en el presente proyecto de ingeniería.

- Infraestructura para una BTS de telefonía móvil urbana, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla, España, presentado

por Silvia León Moya en el 2015; quien concluyó lo siguiente: “En definitiva, no cabe duda de que realizar una implementación de estación base, es algo complicado y en lo que hay que tener muchos factores en cuenta. Sobre todo la necesidad que se tiene hoy en día de estar totalmente comunicados y tener la mejor conexión posible. Lo que pretendía con este proyecto es saber cómo se realizaba la infraestructura de telecomunicaciones para una BTS, a día de hoy, siguiendo las normativas adecuadas y con los materiales óptimos y en definitiva, esto creo que se cumple con este proyecto” (León, 2015, p.75).

Esta tesis muestra paso a paso la implementación de una estación BTS, con ello se indica todo lo que se requiere para la instalación del sistema radiante y equipos de comunicación. A diferencia del presente proyecto de ingeniería, se ve la dificultad, costos y proceso de trabajo que conlleva una implementación desde cero.

- Despliegue de una red de acceso radio en comunicaciones móviles, Universidad Politécnica de Madrid, España, presentado por Eloy Gonzales Hernández en el 2014; concluyó lo siguiente: “A lo largo de las prácticas para la realización de este proyecto puedo decir que he aprendido bastante sobre el funcionamiento de la red de telefonía móvil más allá de los aspectos teóricos. Me han permitido aprender acerca de cómo funciona la transmisión, como se gestiona una red móvil, las diferentes formas de monitorizar para comprobar que todo funciona correctamente y lo importante de las relaciones de vecindad y su

funcionamiento. Además, me ha enseñado una forma diferente de trabajar, trabajar bajo demanda, lo que me ha llevado a mejorar mi capacidad a la hora de gestionar y priorizar tareas” (Gonzales, 2014, p.105).

Con esta tesis se demuestra la simplicidad de la solución single RAN de Huawei, que facilita la convergencia en las redes de telecomunicaciones permitiendo el despliegue de nuevas tecnologías de radio como UMTS, HSPA o LTE manteniendo las tecnologías existentes, solo añadiendo tarjetas en la BBU, obteniendo con ello bajos costes de mantenimiento y operación, eficiencia energética, ahorro de espacio y facilidad de gestión. Muy similar a los beneficios que brinda la utilización de la solución EasyMacro en el proyecto de ingeniería presente.

- Diseño e implementación de una red RF indoor en el hospital de emergencias pediátricas para mejora de cobertura, Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, presentado por Aldo Duarte Vera Tudela, en marzo del 2013; quien concluye lo siguiente: “Se midió la cobertura al interior del Hospital de Emergencias Pediátricas y se realizó el post procesamiento de estos datos, tanto para 2G y 3G, los cuales dejaron en evidencia los niveles bajos de potencia (por debajo a -75 dBm.) existentes. Se concluyó, que la mejor alternativa de solución es el despliegue de una red RF Indoor dadas las dimensiones del hospital y demanda de tráfico del mismo. Se concluye finalmente, tras el estudio tecnológico y económico realizado en la presente tesis, que la implementación de una red RF Indoor es una solución viable en el

despliegue de optimizaciones de cobertura celular indoor debido a la alta rentabilidad que proporciona y los altos índices de potencia de recepción y baja tasa de interferencia que presenta” (Vera, 2013, p.75-76).

Con esta tesis se demuestra soluciones de bajo costes para escenarios diferentes (implementaciones indoor) pero con igual finalidad, la solución de cobertura de señal del servicio de telefonía móvil en una determinada área y con mucho menos equipos de radio a comparación con una implementación BTS. Al igual que el presente proyecto de ingeniería los equipos utilizados vienen a ser los mismos al de una implementación indoor, solo con la diferencia que esta implementación forma parte de una adición a la estación ya existente.

- Procedimiento para la instalación y puesta en funcionamiento de una estación 3G, caso Claro – Perú, Universidad Ricardo Palma, Perú, presentado por Jorge Luis Vidal Zavaleta Guevara en el 2013; quien concluye lo siguiente:” De la calidad de instalación depende mucho las nuevas estaciones que asignen a HUAWEI, por eso se muestra en este reporte que el estándar de calidad que maneja HUAWEI DEL PERU es muy alta y esto permite garantizar la calidad de instalación que se entrega al cliente. Antes de comenzar la implementación del nodo B se realizó un estudio de campo, llamado TSS, el cual permitió verificar los aspectos técnicos y estructurales de una estación base (recordar que el nodo B se instala sobre una plataforma existente construida para GSM) para la instalación de un nuevo nodo B. CLARO nos entrega los parámetros técnicos para ser configurados en el nodo B, sin estos

parámetros no es posible poner al aire el nodo B. Como empresa HUAWEI garantiza que este bien configurado tanto el nodo B como la RNC” (Vidal, 2013, p.56).

En esta tesis de demuestra que el estándar de calidad que maneja Huawei del Perú, es muy alta ya que de la calidad de la instalación depende mucho las nuevas estaciones que asignen a la empresa. Por ello, la implementación y puesta al servicio de una estación o sector adicional debe estar conforme a los parámetros y estándares brindados por la empresa operadora y los fabricantes de los equipos de telecomunicación.

En el presente proyecto de Ingeniería, se ha trabajado con equipos de telecomunicación de la marca Huawei (antenas AAU3940, solución EasyMacro, Rectificador DPU30D-N06A1 y tarjeta UBBP) y se ha mantenido extremo cuidado con los parámetros y procedimientos de instalación indicados en los manuales y estándares de implementación brindados por la marca Huawei y la operadora de telefonía móvil.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Evolución de las tecnologías de Comunicaciones móviles

Las comunicaciones móviles, a lo largo de los años han tenido un gran auge y desarrollo, muestra de ello es la tecnología plasmada en la telefonía celular que busca mejorar los servicios constantemente.

Desde sus inicios en el año 1979, la telefonía celular ha evolucionado enormemente las actividades diarias, si bien en un principio fueron concebidas únicamente para la voz, hoy en día brindan diversos servicios como datos, audio, video, televisión móvil, entre innumerables aplicaciones.

La figura 1, muestra la evolución de los estándares de tecnología celular conforme a los organismos de telecomunicaciones. (Inictel, 2010, p.25)

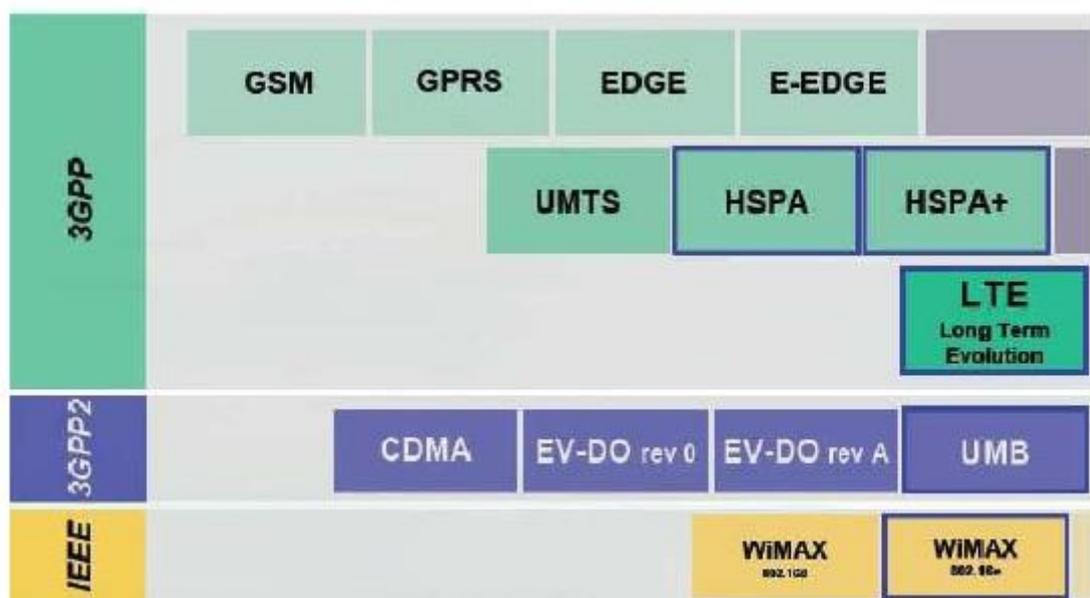


Figura 1. Diagrama de la evolución celular.
Fuente: Comunicaciones Inalámbricas, evolución UMTS – Inictel – UNI

2.2.1.1. Primera generación (1G)

La primera generación nació con el propósito de llevar la tecnología a cualquier lugar, para esto se estableció el uso de la técnica de acceso FDMA/FDD (Acceso múltiple por división de frecuencia), esta tecnología utilizaba dos frecuencias portadoras diferentes para establecer la comunicación de transmisión y recepción.

En Europa, en 1981, se introduce el sistema NMTS450 (Nordic Mobile Telephone System) que comenzó a operar en Dinamarca, Suecia, Noruega y Finlandia, en la banda de frecuencia de los 450 MHz.

En Norteamérica, se implantó el sistema AMPS (Advanced Mobile Phone Service), el cual disponía de 624 canales de voz y 42 canales de señalización o control, de 30 KHz cada uno.

En esa misma década surgen otros sistemas para la primera generación de telefonía móvil, como el NTT que fue el estándar japonés, el C – Netz, el estándar alemán y el French Radiocom 2000, el de Francia.

Todos estos sistemas de primera generación, eran sistemas analógicos, y únicamente disponían de un servicio de llamadas de voz. Debido a las diferencias entre todos estos sistemas, la incompatibilidad estaba garantizada, esto implica que un terminal de Norteamérica no podía funcionar en otro país, y los proveedores de servicio querían un estándar más global y sobretodo reducir costes, esto fue lo que impulsó a la aparición de la segunda generación. (Jiménez, 2012, p. 6)

La figura 2, muestra un equipo móvil de primera generación, a diferencia de los actuales, este es mucho más grande y solo brindaba el servicio de llamada de voz.



Figura 2. Móvil de la primera generación.
Fuente: Sistema de supervisión y soporte para nodos LTE – Laura Jiménez Hernández

2.2.1.2. Segunda generación (2G)

A partir de la aparición de los primeros servicios comerciales en 1982, se tomó la decisión de poner en marcha un grupo de trabajo llamado Groupe Spécial Mobile (GSM), en la Conferencia Europea de Telecomunicaciones celebrada en Francia. Este grupo de trabajo fue el encargado de crear unas especificaciones para un nuevo sistema de comunicaciones móviles común para toda Europa, usando la Banda de los 900MHz, la cual fue reservada en 1978 en la World Administrative Radio Conference.

El GSM nació como una norma europea para unificar los sistemas analógicos de primera generación que llevaban más de diez años en funcionamiento, y unirlos en un único sistema móvil digital. De esta manera se eliminarían las incompatibilidades de los sistemas entre los diferentes países y Europa usaría un sistema único y digital. (Ditzel, 2008, p.15)

En la figura 3, se muestra la arquitectura básica de esta tecnología.

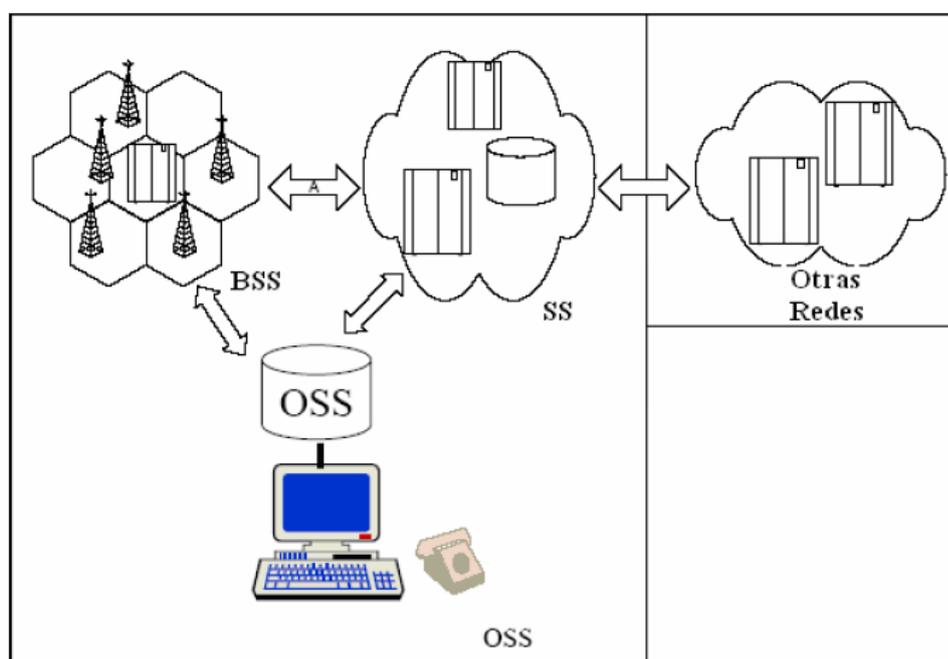


Figura 3. Red básica GSM

Fuente: Análisis del comportamiento de RF en espacios edificados – Sergio Ditzel Guerrero

2.2.1.3. Tercera generación (3G)

Esta generación se caracteriza por la convergencia de voz y datos con acceso inalámbrico a internet, es decir ofrece aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos, en relación con las generaciones anteriores, los servicios de la 3G proponen mayores ventajas, se combina el acceso móvil de alta velocidad con los servicios basados en el protocolo IP. Lo mencionado

hace referencia a poseer una conexión rápida a internet, mayor ancho de banda, que permite realizar transacciones bancarias a través de un teléfono móvil, hacer compras, consultar información, entre otros que se puede citar.

La familia de los sistemas de esta generación se denomina a través de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT - 2000) que lo define la UIT. A partir de esta base se desarrollan 3 tipos de tecnologías de acuerdo a una zona geográfica:

- UMTS (Universal Mobile Telecommunications System): Sistema europeo que surge para la transición suave de las redes 2G que generalmente eran GSM hasta las redes de tercera generación. Utiliza CDMA, proporciona una transmisión de datos de velocidades altas tanto por conmutación de paquetes como conmutación de circuitos.
- CDMA2000: Esta tecnología comprende los estándares CDMA 2000 1x, CDMA 2000 1x EV-DO, 1x EV-DV, ofrece una capacidad de voz mejorada, mayor velocidad de datos, mayor duración de baterías.
- TD-SCDMA (Tecnología CDMA síncrona por división de tiempo): Desarrollada por la academia China de tecnologías de comunicaciones.
(Chimbo, 2012, p.22)

En la figura 4, se muestra la evolución del estándar de la tecnología UMTS con referencia a los años y la velocidad.



Figura 4. Evolución UMTS
Fuente: Evolución UMTS – INICTEL-UNI

2.2.1.3.1. Arquitectura de la red UMTS

UMTS aparece para integrar todos los servicios ofrecidos por las distintas tecnologías y redes actuales, incluyendo internet.

El sistema UMTS se compone de 3 grandes bloques:

- Red central o núcleo de red (Core Network, CN)
- Red de acceso de radio (Radio Access Network, RAN o UTRAN)
- Terminales móviles (User Equipment, UE). (Teleco, 2015).

En la figura 5, se muestra los tres componentes anteriormente mencionados.

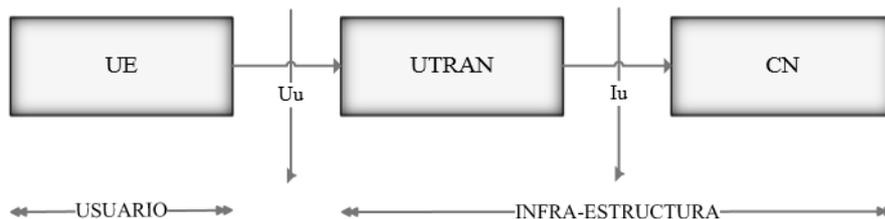


Figura 5. Estructura general de la red UMTS
Fuente: Propia

2.2.1.3.1.1. Elementos de CN

Soporta servicios basados en conmutación de circuitos y conmutación de paquetes. Se encuentra formada por:

- MSC: Es la pieza central en una red basada en conmutación de circuitos. Tiene como funciones la coordinación de llamadas, intercambio de señales entre diferentes interfaces, asignación de frecuencias y función de trabajo con otros tipos de redes.
- SGSN: Es el elemento central en la conmutación de paquetes dentro de la red. Se conecta con el UTRAN mediante la interfaz lu-PS.
- GMSC: Es un MSC que está localizado entre la PSTN y los otros MSCs en la red. Su función es rutear llamadas entrantes al apropiado MSC.
- GGSN: Conecta la red GPRS con redes de paquetes externas ocultando la infraestructura GPRS al resto del mundo.
- HLR: Contiene los datos permanentes de registro de suscriptor. La información del suscriptor entra en un HLR cuando el usuario hace una suscripción, esta información se mantiene permanentemente.
- VLR: Contiene información acerca del roaming en esta área del MSC. Contiene información de todos los suscriptores activos en una determinada área, esta información se mantiene temporalmente.
- EIR: Almacena la identidad internacional del equipo móvil (IMEIs) usado en el sistema.

- AuC: Es el centro de autenticación y se asocia con el HLR. Almacena la clave de autenticación del suscriptor, así como su IMSI. (UDLA, 2005, p. 22-28)

2.2.1.3.1.2. Elementos del UTRAN

Basada en el Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA). UTRAN se compone de RNC y nodo Bs, ambos elementos forman un RNS.

- RNC: Controla uno o más nodos Bs. Este puede ser conectado a un MSC mediante la interfaz IuCS, o a un SGSN mediante la interfaz IuPS. Es comparable a un BSC en redes GSM.
- Nodo B: Es equivalente a una radio base, puede soportar una o más células, aunque en general las especificaciones solo hablan acerca de una célula por nodo B.

En la figura 6, se muestra la arquitectura básica UTRAN anteriormente mencionada.

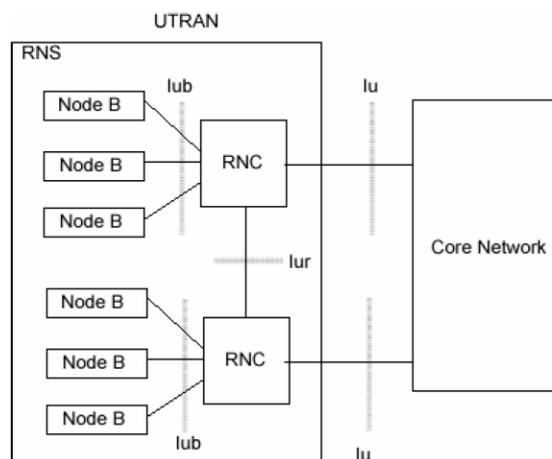


Figura 6 Arquitectura de UTRAN
Fuente: Descripción de UMTS – Universidad UDLA de las Américas Puebla

2.2.1.3.1.3. Equipo de usuario UE

Es el terminal móvil y su módulo de identidad de servicios de usuario/suscriptor, equivalente al SIM card de los terminales GSM. (UDLA, 2005, p. 22-28)

En la figura 7, se muestra la arquitectura UMTS.

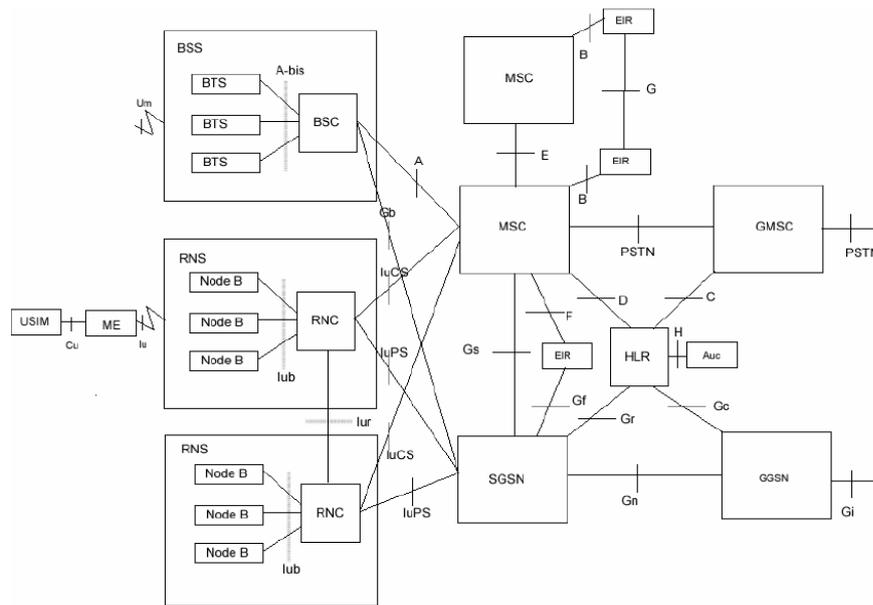


Figura 7 Arquitectura de red UMTS

Fuente: Descripción UMTS – Universidad UDLA de las Américas Puebla

2.2.1.4. Cuarta generación (4G)

Permite la integración de la banda ancha móvil y fija, esto debido a tres directrices: Evolución hacia red basada completamente en tecnología IP. Utilizando conmutación por paquetes, la integración de diferentes tipos de accesos y una capa de servicios común para que los usuarios finales puedan hacer uso de servicios multimedia en la red móvil.

Los sistemas 4G se enfocan en servicios de video de alta calidad, con tasas de transferencia de datos alrededor de 100MBPS en una estación móvil i 1Gbps en una estación fija. Algunos puntos clave que la UIT –R ha establecido son:

- Alto grado de coincidencia de la funcionalidad en todo el mundo, para soportar una amplia gama de servicios y aplicaciones a un costo eficiente.
- Capacidad de interconexión con otros sistemas de radio.
- Alta calidad en los servicios móviles.
- Aplicaciones, servicios y equipos amigables al usuario.
- Los sistemas de radio deberán incluir OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access), un esquema de modulación altamente eficiente. (Chimbo, 2012, p. 23-24)

En la figura 8, se muestra la arquitectura básica de las tres tecnologías y como se relacionan entre ellas.

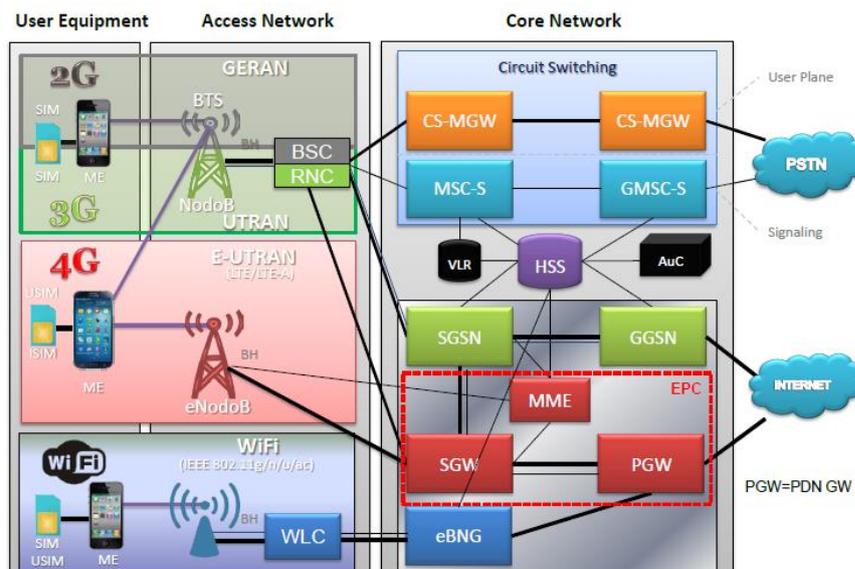


Figura 8. Arquitectura básica móvil celular
Fuente: Introducción a redes móviles – Grupo Telecom

2.2.1.4.1. Arquitectura de red LTE

LTE sigue la misma arquitectura de red que los anteriores sistemas especificados por el 3GPP, la arquitectura LTE se compone de tres componentes principales:

- El equipo de usuario (User Equipment, UE)
- La red de acceso (Access Network, AN, E - UTRAN)
- Infraestructura de red troncal (Core Network, CN, EPC) (ToT4Blog. 2013)

En la figura 9, se muestra los tres componentes de esta red anteriormente mencionados.

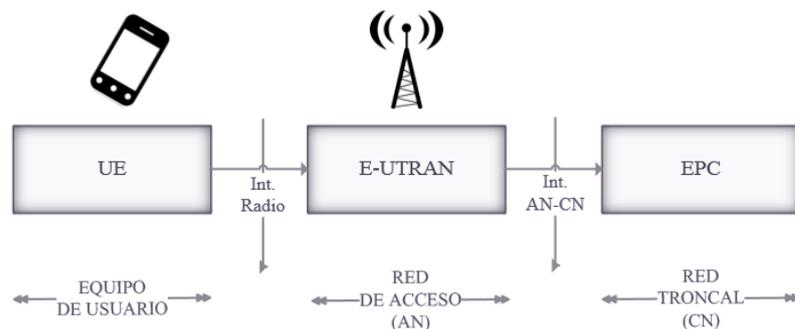


Figura 9. Estructura básica de la red LTE
Fuente: Propia

2.2.1.4.1.1. Elementos de la red troncal – EPC

En la interfaz EPC o red troncal de paquetes evolucionada se encuentra:

- HSS: Es una base de datos central que contiene información acerca de todos los abonados del operador de red.
- PGW: La red de paquetes de datos de puerta de enlace se comunica con el mundo exterior, utilizando la interfaz de SGI. Tiene el mismo

papel que el nodo de soporte GPRS (GGSN) y el nodo de soporte GPRS de servicio (SGSN) con UMTS y GSM. (W3ii, 2016)

- MME: Obtiene información del abonado a través de la información almacenada en el HSS, para garantizar al usuario a los servicios a los que tiene acceso. El MME autentica, autoriza y selecciona el PDN apropiado para establecer el enlace entre E-UTRAN a las redes o ejercicios externos.
- SGW: Puente del plano del usuario entre E-UTRAN y la troncal EPC, también es un punto de monitoreo de las políticas de conexión y servicio en el PCRF. (Yacchirema, 2014)
- PCRF: Componente que es responsable del control de la política de toma de decisiones y tarificación. (Álvarez, 2015, p.36)

2.2.1.4.1.2. Elementos de la red de acceso – E-UTRAN

E-UTRAN, se ocupa de las comunicaciones de radio entre el móvil y el núcleo de paquetes evolucionado, utiliza la tecnología OFDMA en la interfaz radio para la comunicación con los equipos de usuario (Almansa, 2013) y solo tiene un componente, las estaciones bases evolucionadas, llamadas EnodoB o eNB. (W3ii, 2016)

- EnodoB: Es una estación base que controla los móviles en una o más células (W3ii, 2016). Y proporciona la conectividad entre los equipos de usuario y la red troncal. Se comunica con el resto de los elementos del sistema mediante tres interfaces: E-UTRAN Uu, S1 y X2.

2.2.1.4.1.3. Elementos de la UE

El equipo de usuario en esta tecnología es más sofisticado, permite servicios más completos y soporta mayores velocidades de transferencia. Además, cuando se encuentra sin uso puede pasar a un estado “idle”, que permite el ahorro de energía en el terminal sin perder la movilidad. (López, 2011, p.33)

En la figura 10, se muestra todos los componentes que involucran la arquitectura LTE.

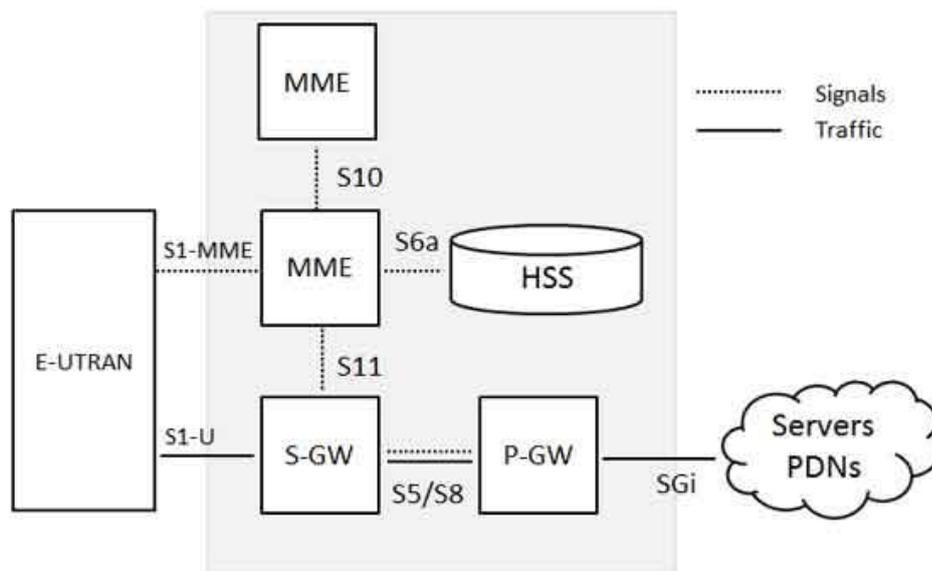


Figura 10 Arquitectura de red LTE
Fuente: Red LTE - tutorialspoint

2.2.2. Técnicas de acceso múltiple

2.2.2.1. FDMA

Esta técnica usa modulaciones y frecuencias distintas para cada canal y está en función a la frecuencia de la portadora, por lo que en cada receptor se debe demodular para devolver la transmisión en banda base.

El ancho de banda es dividido en “N” usuarios, cada uno con un ancho de banda fijo y con una separación para evitar traslapos.

- Son muy usados en radiocomunicaciones
- Tecnología analógica (Casimiro, 2011, p.2-8)

En la figura 11, se muestra de forma gráfica y sencilla como es esta técnica.

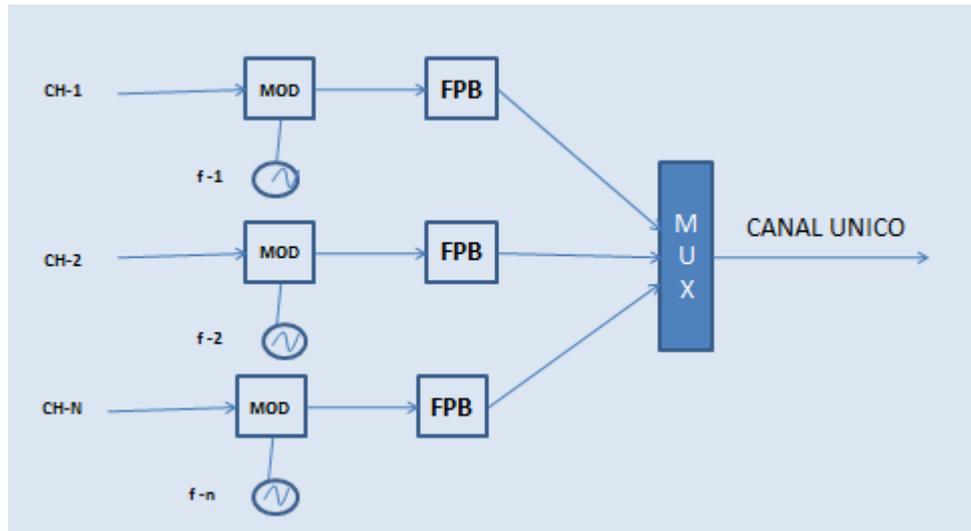


Figura 11. Multiplicación por división de frecuencias
Fuente: Propia

2.2.2.2. TDMA

Esta técnica consiste en enviar varias señales por un solo canal en función al tiempo. Los canales son divididos en intervalos de igual duración denominados TIME SLOTS, y cada uno de ellos a su vez es dividido en “N” partes (“N” usuarios). A todos los usuarios que comparten la misma frecuencia se les asigna un SLOT de tiempo que se repite dentro de un grupo de SLOT denominado TRAMA.

- Son muy usados en transmisiones digitales por cable, redes de computadoras y telefonía, debido a que requiere de métodos de sincronismo eficaces
- En los sistemas de telefonía celular se usa la técnica de compresión de voz, que permite a múltiples usuarios compartir un canal común.
(Casimiro, 2011, p. 2-8)

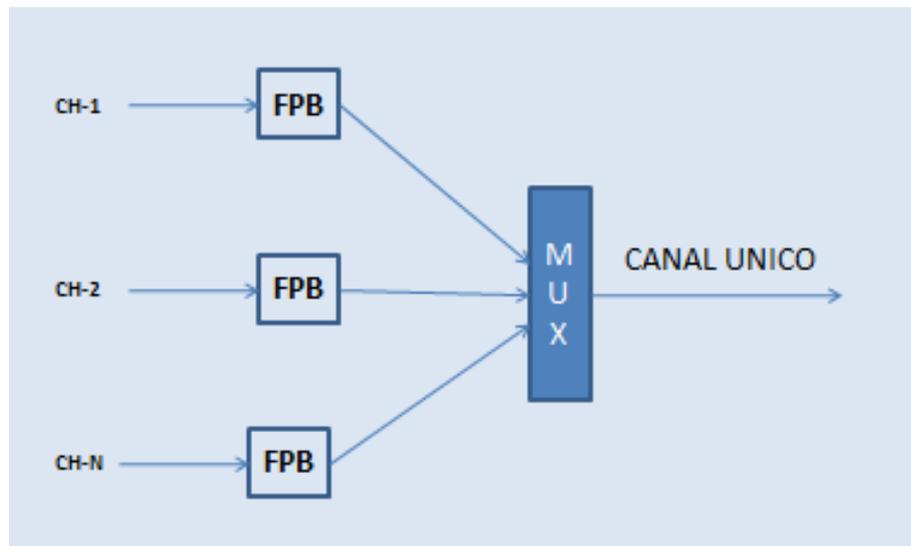


Figura 12 Multiplicación por división de frecuencias
Fuente: Propia

2.2.2.3. CDMA

Técnica que no lleva a cabo su acceso múltiple mediante una división en frecuencia o tiempo, en lugar de eso hace una división asignando a cada usuario un código. Todos los usuarios transmiten en el mismo ancho de banda simultáneamente “sistema de espectro disperso “(El espectro de frecuencias de una señal de datos es esparcido usando un código y recuperado en la etapa receptora. Múltiples usuarios pueden transmitir al mismo tiempo y con la misma portadora identificada cada una de las informaciones por un código digital.

- Resiste a la interferencia intencional y no intencional (ideal para aéreas congestionadas).
- Tiene la habilidad de eliminar o atenuar el efecto de la propagación multicamino (comunicación urbana).
- Puede compartir la misma banda de frecuencia con otros usuarios.
- Operación limitada de interferencia (todo el ancho de banda es usada)
- Privacidad debido a los códigos aleatorios utilizados.
- Posibilidad de acceso aleatorio (inicio de trasmisión en cualquier instante).
- Reduce la potencia de transmisión incrementando la vida de las baterías y reduciendo el tamaño de los transmisores y receptores. (Casimiro, 2011, p. 2-8).

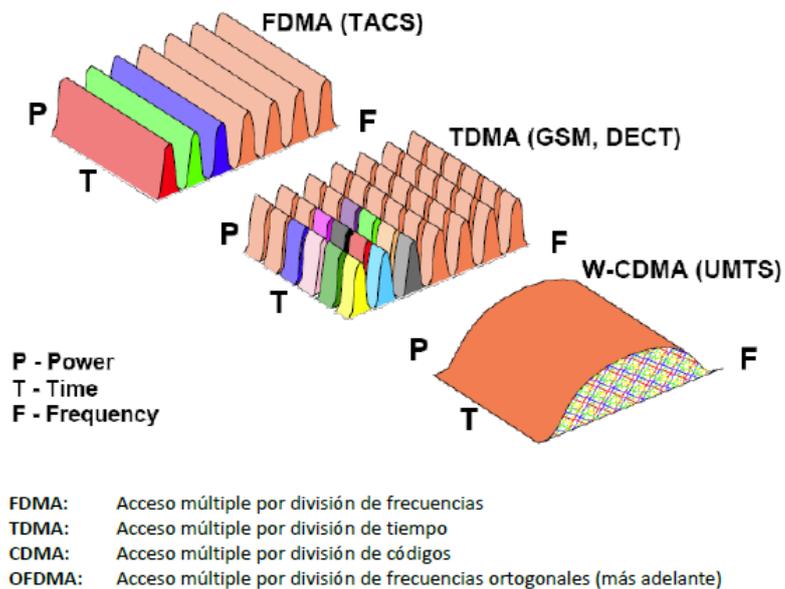


Figura 13. Tipos de accesos múltiples
 Fuente: Introducción a red móviles – Grupo Telecom

2.2.2.4. OFDMA

Se trata de un sistema multiportadora, en el que la señal original de tasa binaria R se transmite multiplexada en N flujos paralelos de datos de tasa R/N , cada uno de los cuales se modula con una frecuencia diferente o subportadora. Estas subportadoras se escogen de forma que sean ortogonales entre sí; es decir, que no se interfieran. Para ello, es necesario que durante el periodo de duración del símbolo en todas las subportadoras en las que se ha dividido la señal original, se transmita un número entero de ciclos. De esta forma se minimiza el ancho de banda utilizado sin generar interferencia entre subportadoras. (Jiménez, 2012, p.46)

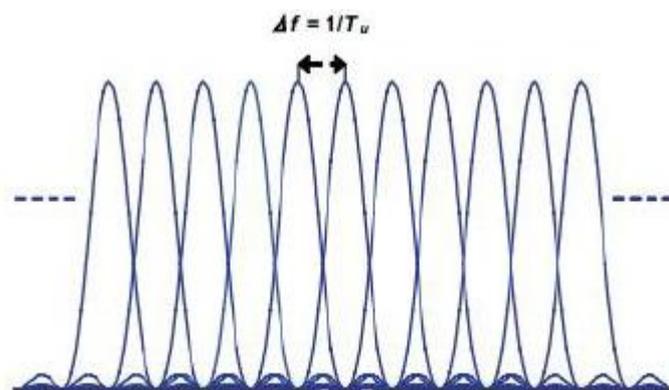


Figura 14. Dominio frecuencia OFDMA
Fuente: Sistema de supervisión y soporte para nodos LTE – Laura Jiménez Hernández

2.2.3. PNAF

El Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF) contiene los cuadros de atribución de frecuencias de los diferentes servicios de telecomunicaciones en la República del Perú.

Los diversos servicios operarán en bandas de frecuencias definidas previamente para cada uno de ellos, a fin de asegurar:

- operatividad.
- minimizar la probabilidad de interferencias
- permitir la coexistencia.

El PNAF debe actualizarse periódicamente como resultado de:

- Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).
- Acuerdos bilaterales y multilaterales.
- Recomendaciones de organismos internacionales (ej.: Comisión Interamericana de Telecomunicaciones CITEL)
- Aquellas modificaciones, adiciones o expedición de normas nacionales.
(MTC, 2008, p.3)

2.2.3.1. Uso de bandas y frecuencias

Las bandas 1 710 - 1 850 MHz y 1 850 - 1 910 MHz y 1 930 - 1 990 MHz están atribuidas para servicios públicos de telecomunicaciones móviles y/o fijos. El otorgamiento de la concesión y la asignación de espectro para la explotación de dichos servicios serán mediante concurso público de ofertas.
(MTC, 2008)

La tabla 1 muestra el rango de frecuencias concesionadas a las operadoras móviles en el país.

Tabla 1. Rango de frecuencias
Fuente: Registro Nacional de frecuencias – PNAF – MTC

Banda	Rango de Frecuencias (MHz)		Empresa	Área de Asignación
	Ida	Retorno		
A	1 850 -1 865	1 930 -1 945	América Móvil Perú S.A.C.	A Nivel Nacional
D	1 865 - 1 870	1 945 -1 950	Nextel del Perú S.A.	A Nivel Nacional
B	1 870 - 1 882,5	1 950 -1 962,5	Telefónica Móviles S.A.	A Nivel Nacional
E	1 882,5 - 1 895	1 962,5 -1 975	Nextel del Perú S.A.	A Nivel Nacional
F	1 895 - 1897,5	1 975 -1 977,5	América Móvil Perú S.A.C.	A Nivel Nacional
C	1897,5 - 1 910	1 977,5 -1 990	Viettel Perú S.A.C.	A Nivel Nacional

2.2.4. Estimación de la capacidad de canales

En 1928 Harry Nyquist, un investigador en el área de telegrafía, publicó una ecuación que media la razón de transmisión de la señal en bauds. La razón de Nyquist es igual a 2B símbolos (o señales) por segundo, donde B es el ancho de banda de canal de transmisión.

Así, usando esta ecuación, el ancho de banda de un canal telefónico de 3000 Hz, puede transmitir hasta 2 x 3000 o 6000 bauds.

Claude Shannon después de la investigación de Nyquist estudio como el ruido afecta a la transmisión de datos. Shannon tomó en cuenta la razón señal - ruido del canal de transmisión (medido en decibeles o dB) y derivó el teorema de capacidad de Shannon.

$$C = B \times \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \text{ bps}$$

Un típico canal telefónico de voz tiene una razón de señal a ruido de 30 dB (1000:1) y un ancho de banda de 3000 Hz. Si se sustituye esos valores en el teorema de Shannon:

$$C = 3000 \times \log_2(1 + 1000) = 30000 \text{ bps}$$

Debido a que $\log_2(1 + 1000)$ es aproximadamente igual a 10, el teorema demuestra que la capacidad máxima de un canal telefónico es aproximadamente igual a 30000 bps.

A mayor velocidad de transmisión se necesita un medio de transmisión que tenga una mayor capacidad o ancho de banda. (Eveliux, 2012)

En la figura 15, se muestra las velocidades de transmisión (en bits por segundo) de diferentes servicios brindados, tales como imagen, voz y datos.

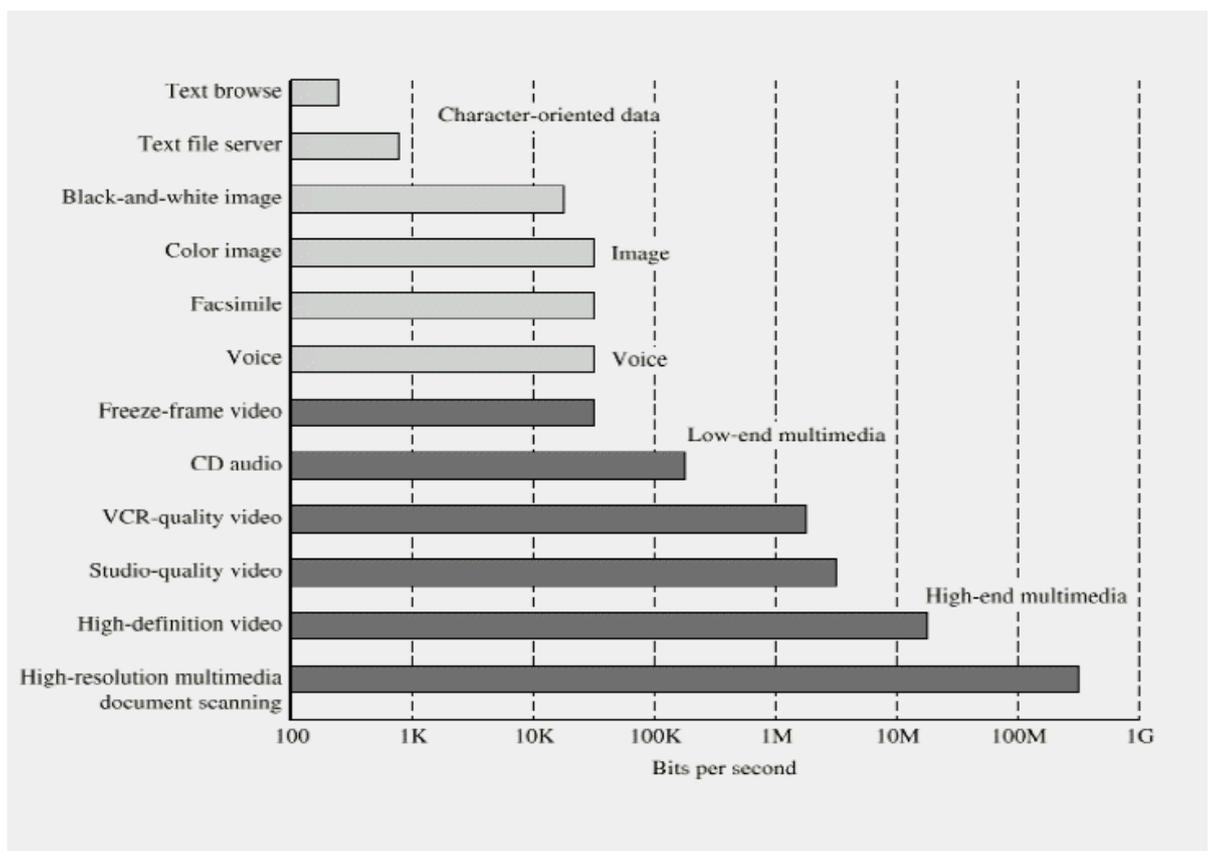


Figura 15. Velocidades de transmisión para distintos servicios
Fuente: Introducción a las telecomunicaciones – ITBA

2.2.5. Antenas

Una antena es el dispositivo físico que sirve de interfaz entre las ondas electromagnéticas guiadas por el cable o la guía de onda y el espacio libre o aire.

2.2.5.1. Parámetros de las antenas

2.2.5.1.1. Patrón de radiación

El diagrama de radiación o patrón de radiación es una representación de la potencia de la señal transmitida en función del ángulo espacial. Se suele graficar aparte la proyección en el plano horizontal y en el plano vertical. Al combinar ambas graficas se tiene una representación tridimensional de cómo es realmente radiada la energía desde la antena. (TRICALCAR, 2007, p. 6-8)

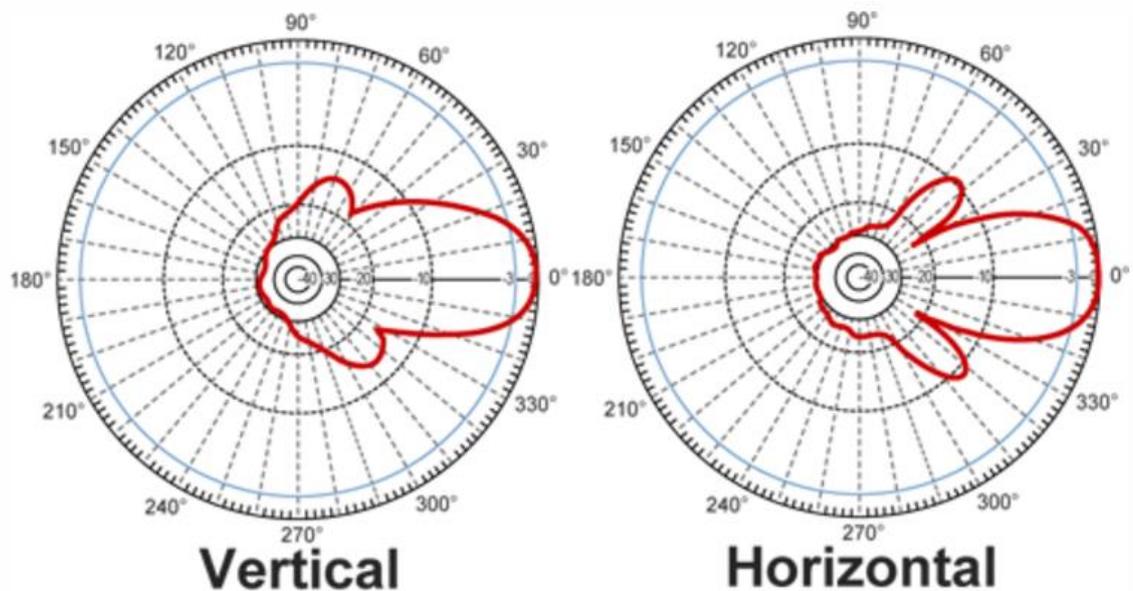


Figura 16. Patrón de radiación de una antena direccional
Fuente: Antena y cables – TRICALCAR

2.2.5.1.2. Ganancia y eficiencia

La eficiencia de una antena es una relación entre la potencia entregada a la antena y la potencia irradiada o disipada por esta. Una antena de baja eficiencia suele absorber gran parte de la potencia o la refleja debido a malos acoplamientos con las impedancias.

La ganancia de una antena describe que tanta potencia se transmite en la dirección de mayor radiación en comparación con una antena de fuente isotrópica. (FCFM, 2012, p.7)

2.2.5.1.3. Directividad

La directividad de la antena es una medida de la concentración de la potencia radiada en una dirección particular. Se puede entender también como la habilidad de la antena para direccionar la energía radiada en una dirección específica. (WNI México, 1999)

2.2.5.1.4. Polarización

Es la orientación de las ondas electromagnéticas al salir de la antena. Hay dos tipos básicos de polarización que aplican a las antenas, como son:

- Lineal que incluye vertical, horizontal y oblicua.
- Circular que incluye circular derecha, circular izquierda, elíptica derecha y elíptica izquierda. (WNI México, 1999)

2.2.5.1.5. Ancho de banda

Describe el rango de frecuencia en que la antena recibe o emite energía de forma apropiada.

Normalmente se describe en términos del ancho de banda fraccionario, que corresponde a la diferencia entre la frecuencia más alta y la menor que soporta la antena. (TRICALCAR, 2007, p. 9)

En la tabla 2, se muestra el ancho de banda según el tipo de antena.

Tabla 2 Ancho de banda para varias antenas
Fuente: Antenas, polarización y diagramas de radiación – FCFM

Antenna	Center Frequency	Frequency Range	Fractional Bandwidth	Ratio	Percentage Bandwidth
Patch	1000 MHz	985-1015 MHz	0.03	1.0305:1	3%
Dipole	1000 MHz	960-1040 MHz	0.08	1.083:1	8%
Horn	1000 MHz	154-1848 MHz	1.694	12:1	169.40%
Spiral	1000 MHz	95-1900 MHz	1.805	20:1	180.50%

2.2.5.2. Tipos de antenas

- **Isotrópicas**

Son las antenas cuya radiación de potencia se transmite uniformemente en todas las direcciones. Aunque es físicamente irrealizable, el concepto de antena isotrópica se utiliza como modelo de comparación con las antenas reales. (TRICALCAR, 2007, p. 9)

- **Omnidireccionales**

Su objetivo es irradiar o recibir radiación en la mayor cantidad de direcciones posibles. En general se considera una antena omnidireccional si es capaz de irradiar en todas las direcciones de un plano con una distribución relativamente uniforme. Estas antenas se utilizan cuando se requiere transmitir una señal a muchos receptores o cuando la posición del receptor es desconocida, de modo que es

necesario abarcar la mayor cantidad de espacio. (TRICALCAR, 2007, p. 9)

- **Direccionales**

La función de este tipo de antena es irradiar o recibir radiación en una dirección específica, inhibiendo la cantidad de radiación en las otras direcciones lo mayor posible. Estas antenas son necesarias cuando se quiere transmitir una gran cantidad de información de modo que la mayor cantidad de potencia se concentra en un área pequeña. (TRICALCAR, 2007, p. 9)

- **Antenas sectoriales**

Son la mezcla de las antenas direccionales y las omnidireccionales. Emiten un haz más amplio que una direccional pero no tan amplio como una omnidireccional y su intensidad o alcance es mayor que la omnidireccional pero menor que la direccional. (C.A. CONSUMIBLES, 2015)

En la tabla 3, se muestra una comparativa entre el tipo de antenas y sus características principales.

Tabla 3. Comparación entre los tipos de antenas
Fuente: Propia

CARACTERISTICAS	TIPOS DE ANTENAS		
	DIRECCIONAL	OMNIDIRECCIONAL	SECTORIAL
ORIENTACION	Dirección puntual	Todas las direcciones	Irradia entre 90º y 180º.
ALCANCE	Largo	Corto	Largo
HAZ	Concreto y estrecho pero de forma intensa.	Amplio	No tan amplio como la omnidireccional
COBERTURA	Cobertura a un ángulo determinado.	Cubre un rango de 360º.	Cobertura de 360º con un arreglo de antenas (3 o 4 antenas)

2.2.5.2.1. Antenas sectoriales

2.2.5.2.1.1. Antena AAU3940

También conocida como antena Easy Macro, perteneciente a la familia de antenas AAU de Huawei. Es un macro sitio de alto desempeño con la capacidad de llevar e impulsar señales LTE. La antena Easy Macro proporciona señal inalámbrica, tanto para personas como para maquinas, que se comunican en la ciudad mejorando su conectividad móvil.

Gracias a su forma puede ser colocada en postes telefónicos sin llamar mucho la atención al ser poco visible. Es un equipo que ahorra espacio por su tamaño y está diseñado para pasar desapercibida mezclándose dentro de un ambiente urbano para la cual fue desarrollada.

Esta antena soporta las nuevas tecnologías de punta SDB (Banda definida por software) y SDR (Radio definido por software). (Huawei, 2015, p.1-5)

En la figura 17, se muestra la antena de la solución EasyMacro, la AAU3940.

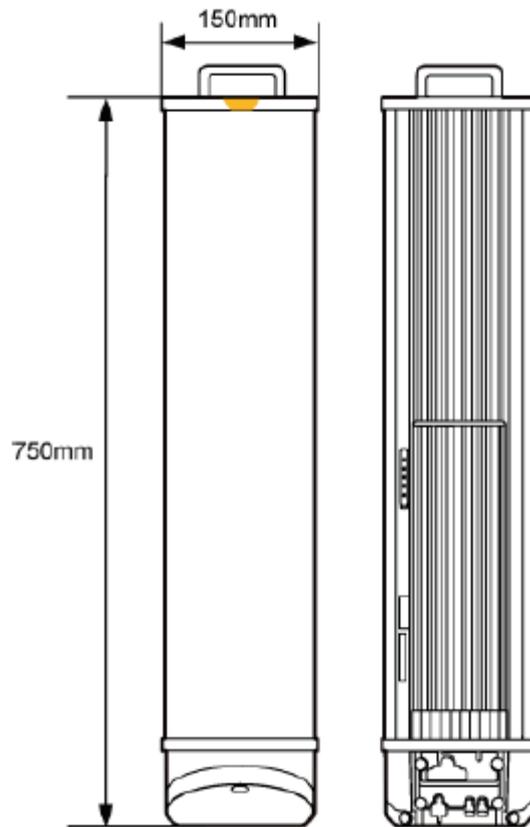


Figura 17 Antena AAU3940
Fuente: Hardware Description AAU3940 – Huawei Technologies

2.2.5.2.1.2. Puertos en la antena AAU3940

- **CPRI1:** Puerto óptico 1, con la velocidad de datos máxima de 9.8 Gbit/s para conectarse al BBU.
- **CPRI0:** Puerto óptico 0, con la velocidad de datos máxima de 9.8 Gbit/s para conectarse al BBU.
- **POWER-IN:** Puerto de entrada de alimentación para conectar la energía al equipo. (Huawei, 2015, p.4-9)

En la figura 18, se muestra los puertos de la antena AAU3940, ubicado en la parte inferior de la misma.

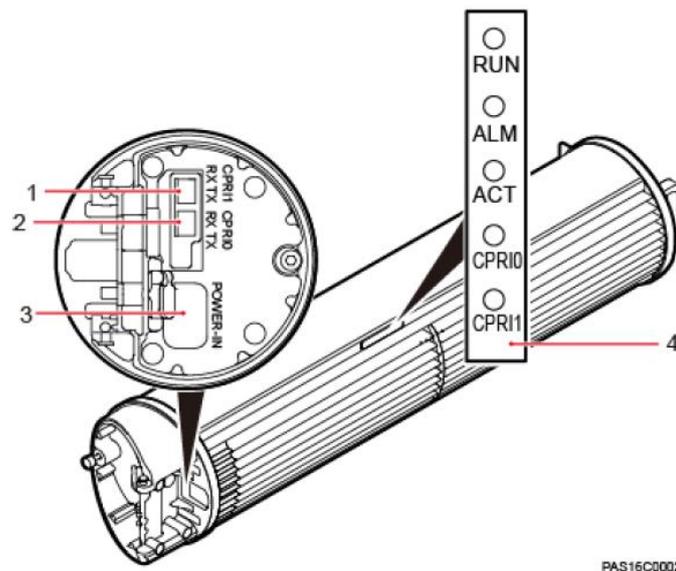


Figura 18. Puertos de la antena AAU3940
 Fuente: Hardware Description AAU3940 – Huawei Technologies

2.2.5.2.1.3. Estructura lógica de la antena AAU3940

Una antena AAU integra la antena y la unidad RF. Sus módulos principales incluyen una antena, unidad de radio y un módulo de poder

- **AU:** Funciona como una antena y un tilt eléctrico remoto (RET).
- **RU:** Es una unidad de radio frecuencia.
- **Módulo de poder:** Un módulo de poder que proporciona energía al AU y RU. (Huawei, 2015, p. 4-9)

En la figura 19, se muestra la estructura lógica de la antena y funcionamiento interno.

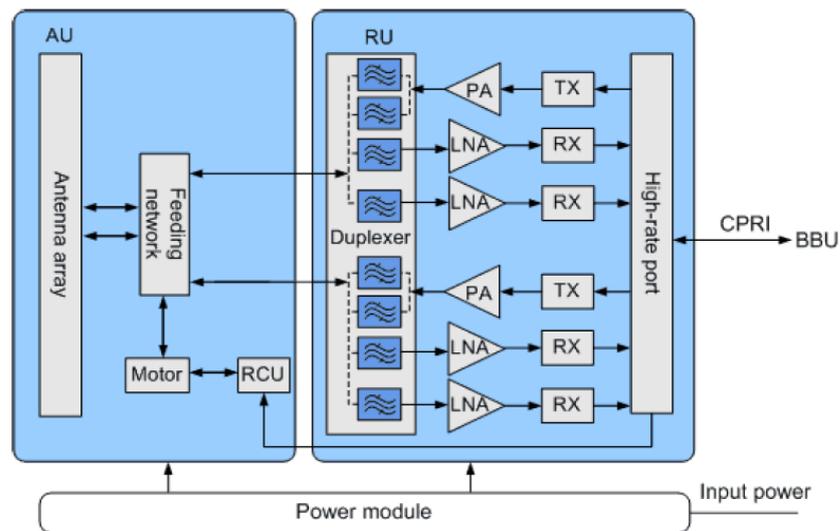


Figura 19. Estructura lógica de la antena AAU3940
Fuente: Hardware Description AAU3940 – Huawei Technologies

2.2.5.2.1.4. Funciones de la antena AAU3940

- Recibe datos de la banda base del downlink de la BBU y envía datos de la banda base del Uplink a la BBU.
- En el canal de RX, recibe señales RF a través de alimentadores, convierte las señales de RF en señales IF, las amplifica y realiza la conversión Análogo – digital (ADC). En el canal de TX, filtra las señales, realiza la conversión digital – analógica (DAC) y convierte las señales de RF a la banda de TX. (Huawei, 2015, p. 4-9)

2.2.5.2.1.5. Especificaciones de la antena AAU3940

Las especificaciones técnicas y de equipo más importantes se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla 4. Características de la antena AAU3940
Fuente: Propia

CARACTERÍSTICAS DE LA AAU3940	
DIMENSIONES	750 mm x 150 mm
PESO	15 Kg.
FRECUENCIA DE OPERACIÓN	1825 – 1875 MHz 2110 – 2170 MHz
TECNOLOGÍAS	3G – 4G
CONSUMO	Por Easy Macro 250w Típico 350 w Max. Alimentación en DC

2.2.5.2.1.6. Comparación con modelos similares

Existen diversos fabricantes de equipos de telecomunicaciones, los cuales ofrecen beneficios similares según el tipo de escenario a instalar, rango de frecuencia de operación y tecnología que brinda.

Estos equipos de marcas muy conocidas se ajustan, al igual que la EasyMacro de Huawei, a los requerimientos y parámetros técnicos solicitados por el cliente, pero al comparar beneficios y costos, los equipos de la marca Huawei son los más rentables porque no solo ofrecen equipos livianos ideales para todo tipo de escenario, sino también costos factibles.

A continuación, se muestra una tabla comparativa entre soluciones similares a la antena AAU3940 de Huawei.

Tabla 5. Cuadro comparativo soluciones macro sitio
Fuente: Propia

ANTENAS	AAU3940	SR2405135D	FLEXI LITE BTS
CARACTERISTICAS			
MARCA	HUAWEI	LAIRD	NOKIA
MONTAJE	PARED - MASTIL	PARED - MASTIL	PARED – POSTE - MASTIL
ESCENARIO	EXTERIORES	INTERIORES - EXTERIORES	INTERIORES - EXTERIORES
DISEÑO	BAJO PERFIL	BAJO PERFIL	BAJO PERFIL
DIMENSIONES (mm)	750 X 150	101.6 X 76.2 X 38.1	380 X 325 X 86
PESO (Kg)	15	17	11
CONSUMO	TIPICO 350 W MAX. ALIMENTACION EN DC	POTENCIA NOMINAL DE 75 W	100 – 240 VAC, 50/60Hz
FRECUENCIA DE OPERACIÓN (MHz)	Uplink 1825 – 1875 Downlink 2110 - 2170	880 – 960	Uplink 1920 – 1980 Downlink 2110 – 2170
TECNOLOGIAS	UMTS / LTE	GSM	WCDMA / HSPA

2.2.6. BBU

La BBU de Huawei está basada en un diseño modular mediante el cual se puede configurar una estación base según las necesidades de manera fácil, añadiendo nuevas tarjetas, ya sea para ampliar la capacidad de transmisión, la de proceso o para implementar una nueva tecnología en un nodo ya existente. (Huawei, 2013, p. 1-5)

En la figura 20, se muestra la BBU3900 de la marca Huawei, en ella se puede apreciar las principales tarjetas utilizadas.

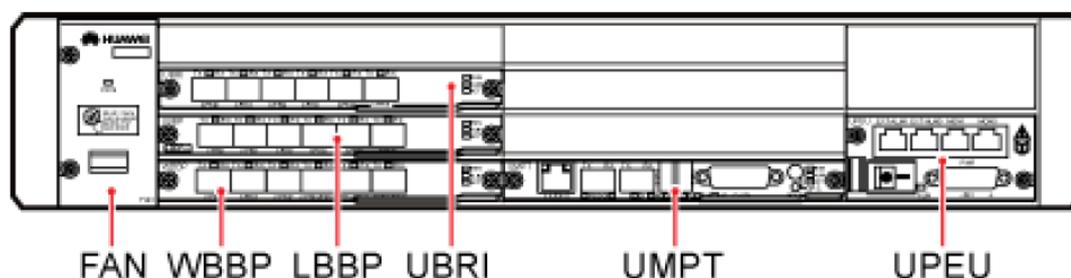


Figura 20. BBU3900 de Huawei
Fuente: Hardware Description BBU3900 – Huawei Technologies

2.2.6.1. Tarjetas de la BBU

- **WBBP**

Es la encargada de procesar señales en banda base para el modo WCDMA tanto en Uplink como en downlink, además de proveer de los puertos CPRI necesarios para la comunicación con las RRUs. (Huawei, 2013, p. 45)



Figura 21. Tarjeta WBBP

Fuente: Hardware Description BBU3900 – Huawei Technologies

- **UBRI**

Proporciona 6 puertos CPRI adicionales para facilitar la convergencia, distribución y transmisión de diferentes tecnologías entre la BBU y la RRU. Los tres primeros puertos se configuran para el despliegue de U900, mientras que los tres últimos se configuran para la tecnología GSM. (Huawei, 2013, p.71)

En la figura 22, se muestra la tarjeta UBRI con sus puertos de transmisión y recepción.



Figura 22. Tarjeta UBRI

Fuente: Hardware Description BBU3900 – Huawei Technologies

- **LBBP**

Es la encargada de procesar señales en banda base para el modo LTE tanto en Uplink como en downlink, además de proveer de los puertos CPRI necesarios para la comunicación entre la BBU y los módulos de RF. (Huawei, 2013, p.78)

En la figura 23, se muestra la tarjeta LBBP con sus puertos de transmisión y recepción.



Figura 23. Tarjeta LBBP
Fuente: Hardware Description BBU3900 – Huawei Technologies

- **UMPT**

Se encarga de procesar las señales y gestionar los recursos para las demás tarjetas de la BBU. (Huawei, 2013, p.90)

En la figura 24, se muestra la tarjeta UMPT con sus puertos.

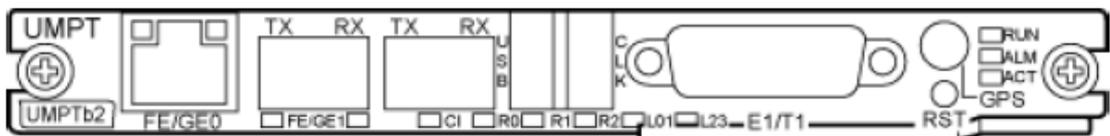


Figura 24. Tarjeta UMPT
Fuente: Hardware Description BBU3900 – Huawei Technologies

- **UPEU**

Es obligatoria en la BBU ya que se encarga de transformar a +12V de corriente continua la señal de entrada. (Huawei, 2013, p.92)

En la figura 25, se muestra los puertos de la tarjeta UPEU.

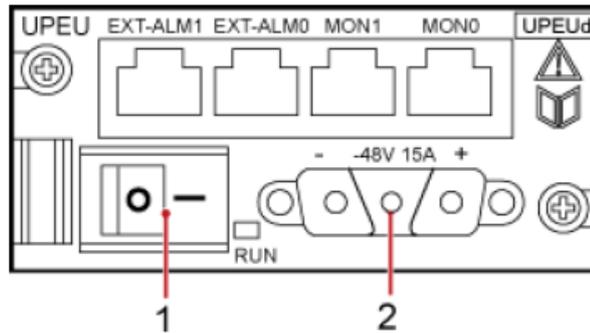


Figura 25. Tarjeta UPEU

Fuente: Hardware Description BBU3900 – Huawei Technologies

- **FAN**

Controla la velocidad de los ventiladores y reporta el estado de los mismos a la tarjeta de control principal, monitoriza la temperatura de la unidad y disipa el calor de la BBU. (Huawei, 2013, p.110)

En la figura 26, se muestra la tarjeta FAN.

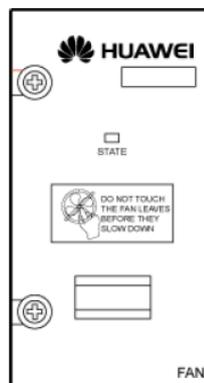


Figura 26. Tarjeta FAN

Fuente: Hardware Description BBU3900 – Huawei Technologies

- **UBBPd6**

Universal baseband processing unit (UBBP), se encarga de procesar las señales en banda base trabajando en cualquier modo.

Puede configurarse en una BBU3900 o en una BBU3910. Provee servicios de red UMTS Y LTE. (Forum Huawei, 2014)

En la figura 27, se muestra la tarjeta UBBP y se indica en que slot se puede colocar.

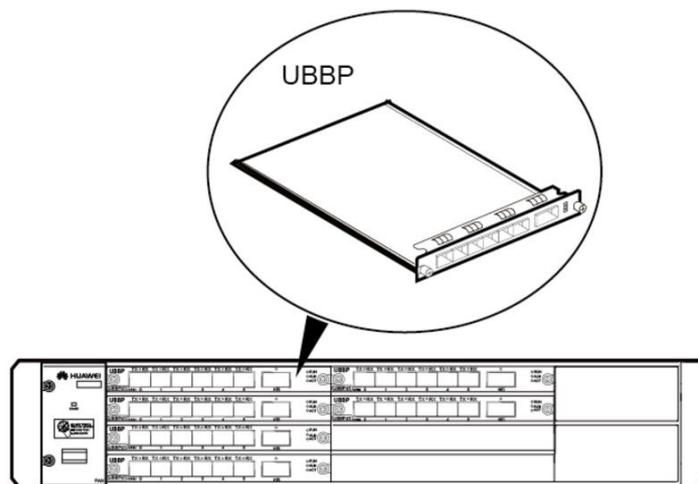


Figura 27. Tarjeta UBBP

Fuente: UBBP board for BBUs - Wireless Network Info Community

2.2.6.2. Funciones y principio de funcionamiento de la tarjeta UBBP

- Multiplexa los recursos de la banda base entre diferentes modos, apoyando así la concurrencia multimodo.
- Proporciona puertos CPRI para la comunicación con módulos RF y procesa las señales de banda base uplink y downlink.

El principio de funcionamiento de la UBBP se muestra en la siguiente imagen. (Forum Huawei, 2014)

En la figura 28, se muestra el principio de funcionamiento de la tarjeta en mención.

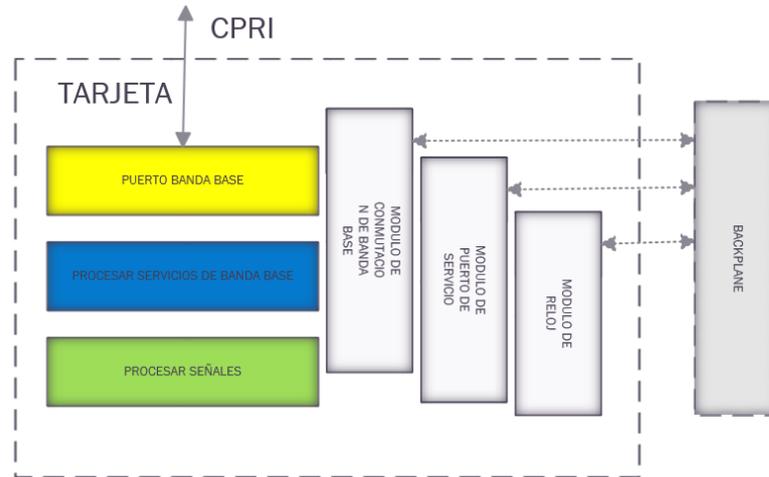


Figura 28. Principio de funcionamiento de la tarjeta UBBP
Fuente: Propia

2.2.6.2.1. Tipos de tarjetas UBBP

Las tarjetas UBBP se clasifican en los siguientes tipos: UBBPd1, UBBPd2, UBBPd3, UBBPd4, UBBPd5, UBBPd6 y UBBPd9.

Todas las tarjetas UBBP tienen la misma apariencia. En la parte superior izquierda indica una serigrafía UBBP, En la parte inferior izquierda, hay una etiqueta de indica el tipo de tarjeta UBBP. (Forum Huawei, 2014)

En la figura 29, se muestra la tarjeta UBBP, vista frontal en ella se observa sus puertos de transmisión y recepción.

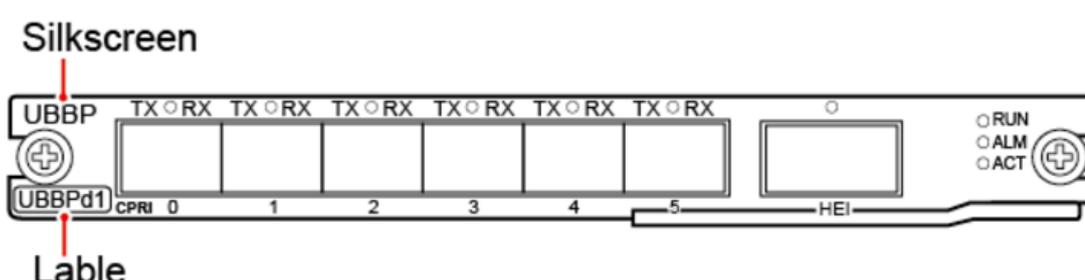


Figura 29. Etiqueta en tarjeta UBBP
 Fuente: UBBP board for BBUs – Wireless Network Info Community

2.2.6.2.2. Modos compatibles con la tarjeta UBBPd6

En la siguiente tabla se indica los modos compatibles con la tarjeta UBBPd6, la que se utilizara en este proyecto de ingeniería.

Tabla 6. Modos compatibles con UBBPd6
 Fuente: Propia

TIPO DE TARJETA	MODO APLICABLE
UBBPd6	<ul style="list-style-type: none"> • Solo GSM • Solo UMTS • Solo LTE FDD • Solo LTE TDD • Concurrencia de banda base GU • Concurrencia de banda base GL • Concurrencia de banda base UL • Concurrencia de banda base GUL

2.3. Marco Conceptual

Macro celda: Irradian la mayor potencia, las antenas que emplean son las de mayor tamaño, cubren una mayor área y por tanto requieren posicionarse en las ubicaciones más altas.

Site ancla: Estacion base donde se instala la tarjeta UBBP, en una BBU existente o nueva.

BTS Base (Transceiver Station): Estacion base, presta servicios a un número limitado de abonados dentro del área geográfica determinada por su cobertura radioeléctrica.

Antena: Dispositivo que emite o recibe señales radioeléctricas.

Antena sectorial: Su uso es para conexiones punto a multipunto. Solo emiten en una dirección, su radio de cobertura esta entre los 60 y 180 grados.

Antena AAU3940: También conocida como antena EasyMacro. Es una antena sectorial pequeña y ligera que puede ser instalada en postes o en pared.

PSU (Power supply unit): Rectificador, Sistema de alimentación distribuida. Es un sistema de nueva generación, especialmente diseñado para sitios compactos. Ofrece una gran cantidad de ventajas, como una fácil ubicación en el sitio, mayor densidad de alimentación, implementación más rápida, operación y mantenimiento sencillos. Se utiliza ampliamente en smallcell, RRUs remotas para exteriores e EasyMacro.

DPU30D-N06A1: Rectificador que convierte CA/CCAT en CC (- 48 V DC).

Caja AC: En ella se encuentra los breakers (uno de 32 A y otro de 16A) y la barra bornera (barra de cobre). Esta caja va adosada o cuelga en poste con

cinta Band-it. Este tablero debe ser sometido a un proceso de arenado, protegido con dos manos de pintura anticorrosiva epoxica y acabado con esmalte. Grado de protección IP65.

Breaker: Interruptor magnetotérmico, o llave térmica, es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando esta sobrepasa ciertos valores máximos. Protegen la instalación contra sobrecargas y cortocircuitos.

Cableado: En función al tipo de instalación, el cableado requerido puede variar. En el caso de la instalación de una solución macro sitio con antenas EasyMacro son tres tipos de cableado: cable de tierra para la antena, cable de poder, para el energizado de la antena y fibra óptica.

BBU3900: Unidad de banda base, es el procesador que demodula la información recibida y asigna el número de CE (capacidad de procesado) a cada nodo B, realiza toda la parte lógica (todo el proceso en banda base)

Transceiver óptico SFP: Conecta un único dispositivo de red a una amplia variedad de tipos y distancias de cables de fibra. Convierte la señal lumínica a señal eléctrica.

Fibra óptica: Fibras transparentes delgadas de vidrio o plástico que son contenidos por material de refracción de bajo índice y en la cual LEDs envían a través de la fibra hacia un detector que cambia la luz en una señal eléctrica.

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System): tecnología de tercera generación, trata de dar los servicios multimedia como lo son la navegación por internet, transferencia de videos, imágenes y sonido. UMTS permite sustituir los sistemas GSM y GPRS.

LTE (Long Term Evolution): Tecnología de cuarta generación, permite altas tasas de bits con baja latencia, es barato y fácil de desplegar por los operadores, y evita la fragmentación por el tipo de duplicación.

Tarjeta UBBP (Universal Base Band Processing board): Tarjeta de la BBU que trabaja con las tecnologías UMTS y LTE.

CAPITULO III:

DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

Para la realización de esta implementación es necesario contar con una programación de tareas, la cual permita realizar el seguimiento y control del progreso de cada una de las etapas presentes en la elaboración de la misma. Por ello se considera un cronograma de actividades que abarca desde la entrega de equipos por parte del cliente hasta la integración y posterior realización de las pruebas de señal.

A continuación, se nombran todas las actividades realizadas:

- Entrega de equipos por parte del cliente.
- Traslado de equipos al site.
- Verificación de equipos.
- Llenado de formatos SST.
- Instalación de antena.

- Instalación del rectificador.
- Cableado general y vulcanizado.
- Abrir evento en el site ancla.
- Swap de tarjeta.
- Colocación de tarjeta UBBPd6.
- Instalación de caja panduit y FO.
- Etiquetado en el site ancla.
- Cerrar evento en el site ancla.
- Etiquetado en el site implementado.
- Limpieza del site y recojo del material sobrante.
- Integración del site.
- Pruebas de señal (Pruebas de llamadas y descarga de datos)

La implementación de esta solución, abarca pocos días de trabajo debido a que es parte de un adicional de sector y el escenario presentado no implica mayor dificultad en la instalación debido a los equipos utilizados.

De manera gráfica se detalla todos los trabajos realizados en la presente implementación, mediante un diagrama de Gantt, véase *Figura 30. Diagrama de Gantt*.

El diagrama de Gantt muestra la cantidad de horas trabajadas en el transcurso de 4 días laborables, teniendo en cuenta que hay un intervalo de tiempo en donde no se realizó trabajos debido a los días festivos de fin de año. Véase *Tabla 7. Listado de actividades realizadas*.

Tabla 7. Listado de actividades realizadas
Fuente: Propia

Item	Inicio	Duracion (Horas)	Fin
A	13/12/2016	3	13/12/2016
B	18/12/2016	3	18/12/2016
C	18/12/2016	0,5	18/12/2016
D	18/12/2016	0,5	18/12/2016
E	18/12/2016	1,5	18/12/2016
F	18/12/2016	1,5	18/12/2016
G	19/12/2016	3	19/12/2016
H	19/12/2016	0,5	19/12/2016
I	19/12/2016	0,5	19/12/2016
J	19/12/2016	0,5	19/12/2016
K	19/12/2016	1	19/12/2016
L	19/12/2016	1	19/12/2016
M	19/12/2016	0,5	19/12/2016
N	20/12/2016	2	20/12/2016
O	20/12/2016	1	20/12/2016
P	20/12/2016	5	20/12/2016
Q	02/01/2017	1	02/01/2017

Item	Actividad Realizada
A	Entrega de equipos
B	Traslado al site
C	Verificacion de material
D	Formatos SST
E	Instalacion antena
F	Instalacion rectificador
G	Cableado general y vulcanizado
H	Abrir evento site ancla
I	Swap de tarjeta
J	Colocacion tarjeta UBBP
K	Instalacion caja panduit y FO
L	Etiquetado site ancla
M	Cerrar evento site ancla
N	Etiquetado site implementado
O	Limpieza site y recojo de material sobrante
P	Integracion site
Q	Pruebas de señal

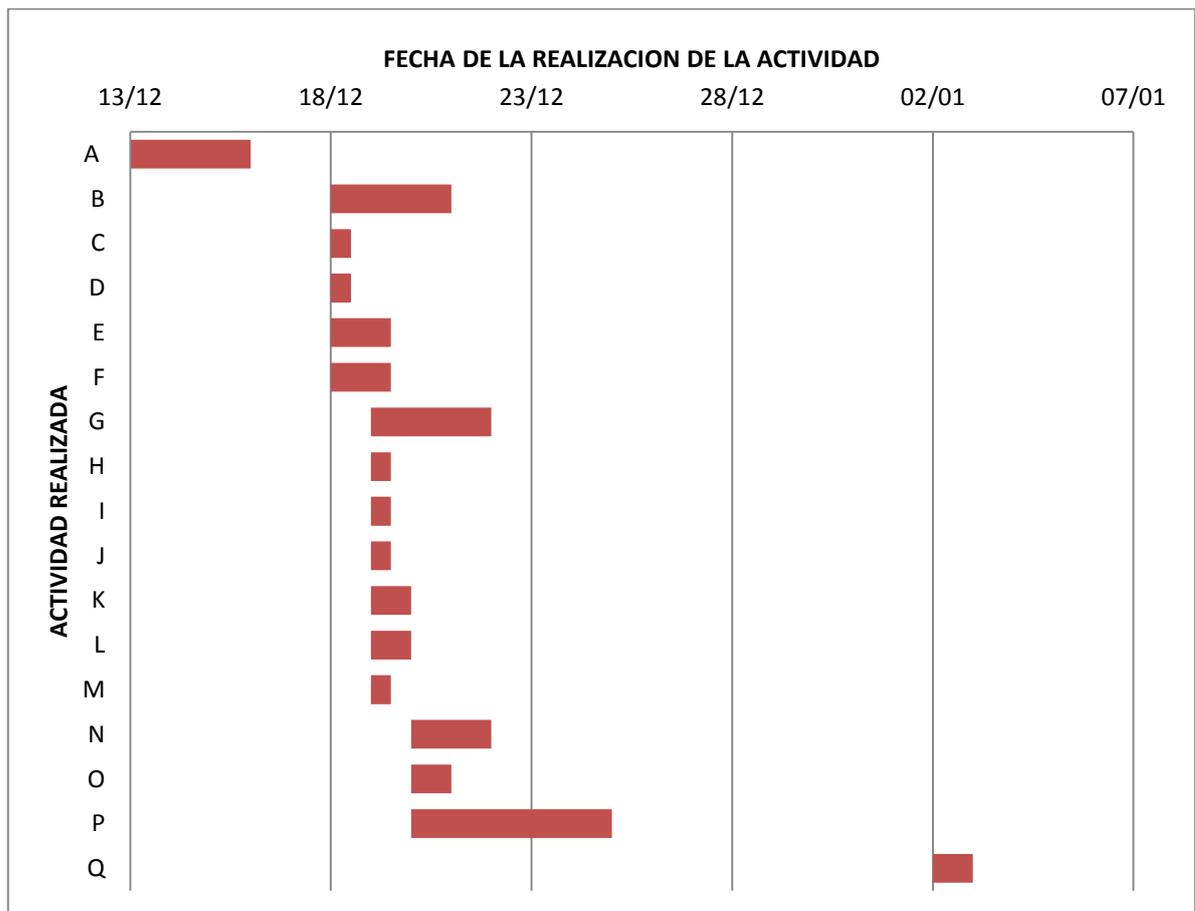


Figura 30. Diagrama de Gantt
Fuente: Propia

3.1. SUPERVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN EASYMACRO CON ANTENAS HUAWEI

La supervisión de la implementación de la solución macro sitio con antenas EasyMacro, AAU3940, de la marca Huawei se basa en los estándares y manuales de instalación, brindados por la operadora móvil, que asignó la implementación y por los fabricantes de los equipos de telecomunicaciones.

Este proceso se divide en varias fases de elaboración. A continuación, se detalla las fases y se explica todo lo que conlleva cada ítem.

3.1.1. Fase 1: Verificación del material para la implementación

En esta fase, el personal técnico en campo realiza un inventario fotográfico de todos los equipos a utilizar y brindados por la operadora móvil. Este inventario consiste en la toma de fotos del número de serie y código de la antena EasyMacro, rectificador y tarjeta UBBP, estas fotos son recepcionadas por el personal del área de proyectos y adjuntadas en el entregable inventario. Las fotos deben ser nítidas y legibles.

En caso de que faltará algún equipo a instalar o se haya detectado alguna falla en estos, debe ser comunicado inmediatamente al área de proyectos para así escalarlo y comunicarlo al área de logística de la operadora móvil.

En la figura 31, se muestra en la imagen derecha indica el número de serie de la tarjeta UBBP, la imagen central indica el número de serie del rectificador y la imagen izquierda indica el número de serie de la antena.



Figura 31. Número de serie de equipos instalados
Fuente: Propia

3.1.2. Fase 2: SST – Seguridad y Salud en el trabajo

Antes de comenzar con la implementación de la solución EasyMacro, se debe cumplir con las condiciones de seguridad en el trabajo, para ello el personal en campo debe realizar una charla informativa de 05 minutos donde indicaran al personal técnico las actividades preventivas y lo que conllevará el trabajo del día. Aparte el personal en campo debe completar varios formatos de seguridad que dan conformidad al buen uso de los equipos de protección (EPPs) y los materiales a utilizar. Véase también el Anexo 2 - Formatos de seguridad.

Todo el personal en campo está obligado a utilizar EPPs básicos como casco con barbiquejo, guantes y botas y los EPPs para trabajos en altura, como arnés, línea de vida. En figura 32, se puede apreciar el uso de EPPs por parte de uno del personal técnico en campo que realizo la implementación de la antena EasyMacro.



Figura 32. Uso correcto de EPP.
Fuente: Propia

Además de los formatos de seguridad, antes de comenzar la instalación de los equipos, el personal en campo debe cercar el área de trabajo, esto aplica siempre y cuando el site a implementar este en la vía pública y es necesario para así evitar cualquier percance de caída de materiales o equipos y que estos puedan dañar a las personas que circulan por la zona a trabajar. La figura 33, es un ejemplo de ello.



Figura 33. Área de trabajo cercada
Fuente: Propia

3.1.3. Fase 3: Implementación de la solución EasyMacro

La implementación se realizó en la zona poblada de Juan Velasco Alvarado en el distrito de San Martín de Porres, específicamente en el poste, instalado por obras civiles, ubicado en la Av. German Aguirre N° 1500.

El nombre del site asignado por la operadora móvil es San_German y el ID del site es 0131963_LM_DO, siendo este último un indicador de celda.

La instalación consiste en una solución EasyMacro compuesto por una antena AAU3940, un PSU DPU30D-N06A1 y la colocación de la tarjeta UBBPd6 en la unidad de banda base (BBU) existente en el site ancla.

Esta instalación es parte de una adición de sector del site ancla para así abastecer de mejor cobertura de señal y servicios de datos en la zona en mención. Véase también Anexo 1 - Gastos estimados en la implementación de solución **EasyMacro**.

En la figura 34 y 35, se aprecia la ubicación de la implementación.

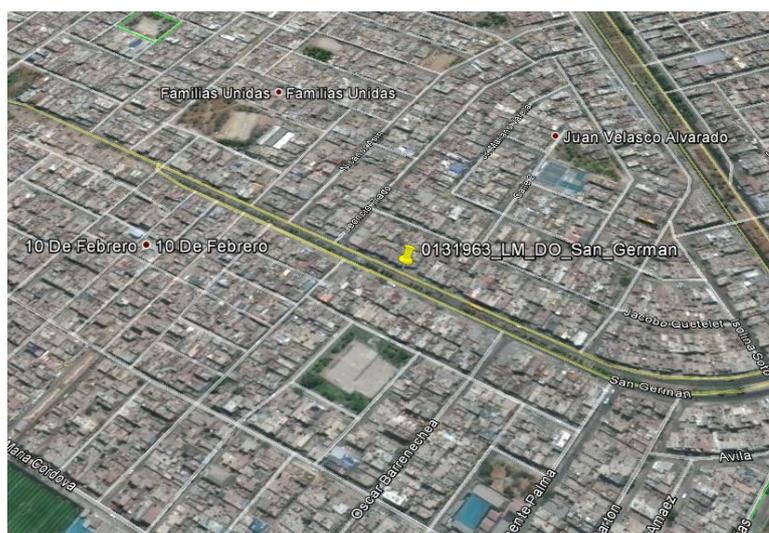


Figura 34. Ubicación del site. Imagen Satelital
Fuente: Google Earth

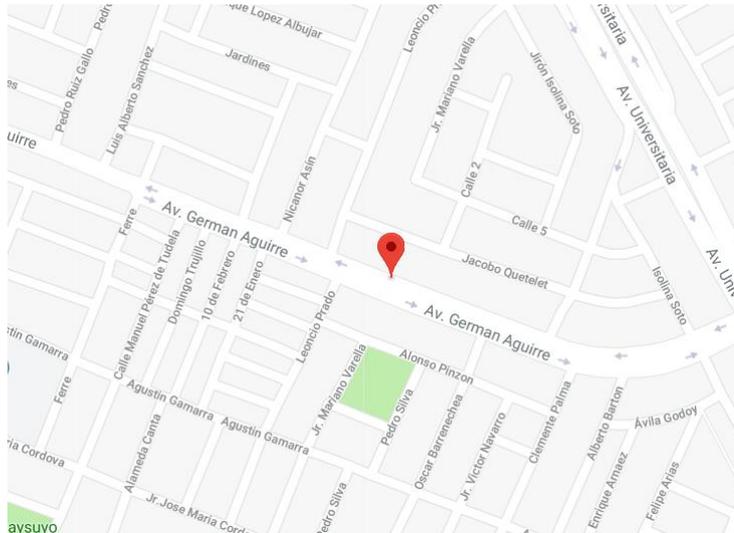


Figura 35. Ubicación del site
Fuente: Google Maps

La implementación de esta solución depende del tipo de escenario de instalación, por ello es indispensable conocer de antemano el tipo de trabajo a realizar.

En la siguiente imagen, la figura 36, se muestra el escenario de instalación de la solución EasyMacro en el site San_German.

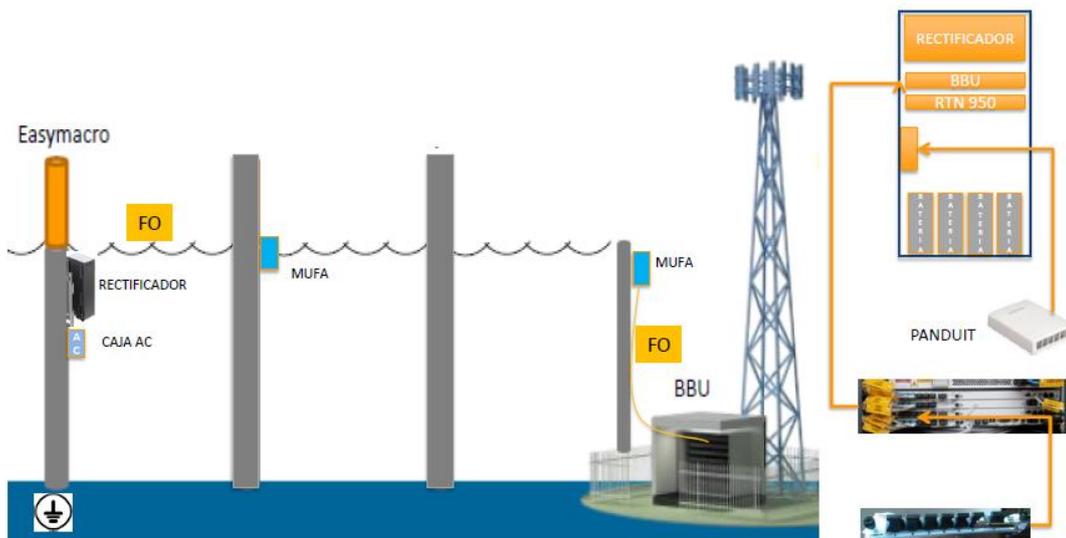


Figura 36. Escenario de la solución EasyMacro en 0131963_LM_DO_San_German
Fuente: Estándar de instalación EasyMacro - Entel

3.1.3.1. Equipamiento proyecto EasyMacro

El personal técnico antes de la implementación debe contar con todas las herramientas necesarias y con los equipos a instalar en buen estado.

3.1.3.1.1. Equipo principal

Implica a todos los equipos que se instalaran, tanto en poste como en la unidad de banda base en el site ancla.

Estos equipos son:

- Antena Easy Macro AAU3940
- Rectificador PDU30D-M06A1
- Tarjeta UBBPd6

Véase también Anexo 3 - Equipo principal

3.1.3.1.2. Herramientas a utilizar

Implica todas las herramientas y equipos de medición a utilizar durante todo el proceso de la implementación, estos son:

- Llave hexagonal M6
- Destornillador de punta plana y estrella.
- Llave francesa
- Cuchilla de uso general
- Llave combinada
- Grimpeadora para terminales de cable de poder
- Cortador de cable
- Pelacables
- Alicates de corte

- Destornilladores
- Torquímetro
- Pistola de calor
- Multímetro y wincha
- Guantes y pulsera contra descarga electroestática
- Martillo y mazo de goma
- Brújula
- Site master
- Inclinómetro

Véase también el Anexo 4 – Herramientas a utilizar

3.1.3.2. Escenarios de instalación

Para la instalación de las antenas EasyMacro, AAU 3940 de la empresa Huawei, existen diversos escenarios a tener en cuenta, esto es conforme al anclaje de la antena en el poste.

Los escenarios más utilizados son: en poste, sobre poste y en pared.

Véase también el Anexo 5 – Tipos de escenario de instalación antena EasyMacro.

En todos los escenarios se utiliza los mismos equipos, lo que cambia son los accesorios utilizados para el anclaje de la antena.

En este caso, el escenario de instalación presente en la implementación es sobre poste, si en una proyección a futuro se desea instalar otra antena de solución Easy Macro, el escenario de instalación debe variar. Por recomendación de la empresa fabricante de este producto y de la operadora móvil, se puede colocar máximo dos antenas ancladas en poste.

Una vez se cuente con las dos primeras fases realizadas y el personal en campo tenga todos los equipos de instalación y herramientas necesarias se procede con la implementación de la solución. Esta implementación para fácil entendimiento y mejor manejo de las etapas que conlleva, se divide en los siguientes ítem.

- Instalación AAU3940
- Instalación del rectificador
- Cableado general
- Etiquetado general
- Tarjeta en BBU
- Especificaciones de caja AC instalada en poste

3.1.3.3.1. Instalación de antena AAU

- **Procedimientos previos al anclaje**

Antes del izaje de la antena, el personal técnico en campo debe retirar el conector de energía de la antena, para su preparación de acuerdo a estándar, para ello utilizará la llave Allen M6, con ello abrirá la cámara de conexión ubicada en la parte inferior de la antena. Además, debe bajar el seguro del Transceiver, insertar el Transceiver en el puerto CPRI de la antena y volver a subir el seguro. Una vez realizado estos dos pasos se debe cerrar la cámara de conexión y proceder con el izaje siempre y cuando esté listo el kit de anclaje en top de poste.

En la figura 38, se muestra la retirada del conector de energía e inserción del Transceiver.

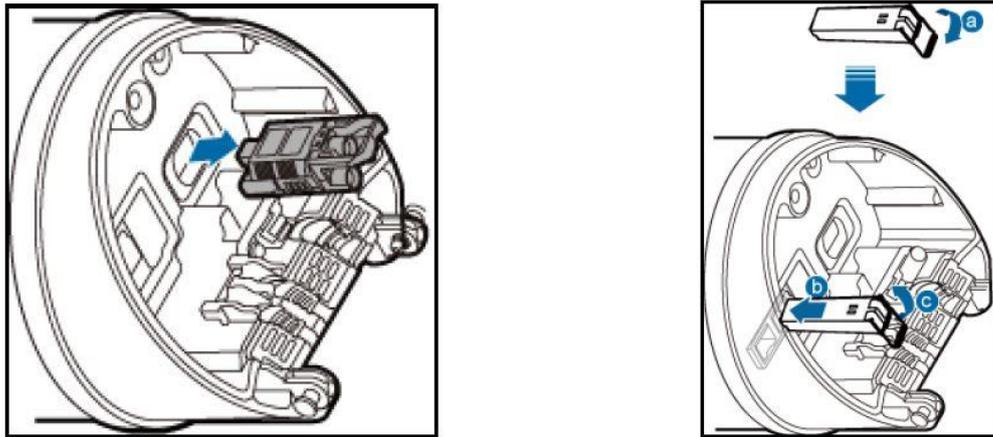


Figura 38 .Parte inferior de la antena.
Fuente: Estándar de instalación EasyMacro – Entel

- **Kit de anclaje en top de poste**

Para la colocación de la antena EasyMacro sobre el poste se debe instalar una placa base en la parte superior del poste para así unir la antena al polo. El espesor recomendado de esta placa debe ser mayor o igual a 6mm. Se recomienda que el diámetro del poste sea la misma que la de la placa base.

En el caso de esta implementación se tomó las consideraciones del caso previo escenario a instalar por ello el personal técnico en campo ya encontró en sitio la placa base instalada. En la figura 39, se muestra lo mencionado.

Véase también el Anexo 7 – Anclaje de la placa base de la antena.

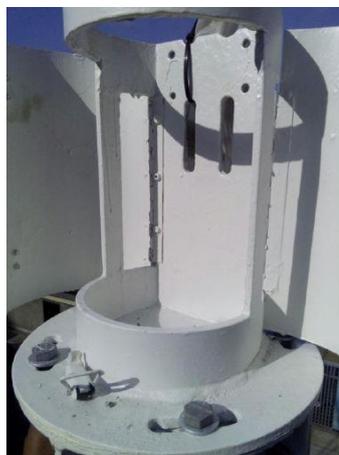


Figura 39. Placa base instalada.
Fuente: Propia

- **Izaje de antena**

Como en toda implementación, el personal técnico en campo debe tener sumo cuidado con el izaje de las antenas, en este caso la antena se encontrará ubicada a 9 metros de altura, por ello pueden proceder de dos formas:

- Sujetar a la antena de cada extremo y el personal técnico en poste en coordinación con el que se encuentra en suelo deben ir subiendo poco a poco la antena, el personal técnico ubicado en la parte de abajo haciendo viento para que así la antena no se dañe en el izaje.
- Como la antena a instalar es liviana, el personal técnico lo puede subir manualmente siempre siguiendo las indicaciones de seguridad.

Véase también el Anexo 6 – Izaje de la antena

3.1.3.3.2. Rectificador

El rectificador es un equipo indispensable en la instalación de la solución EasyMacro debido a que la antena trabaja con -48 VDC y el breaker principal funciona con corriente alterna.

- **Anclaje**

Para el anclaje del rectificador en el poste se requiere del kit de conexión y del montaje de polos largos. El ensamblaje de los polos largos debe ser de acuerdo a estándar para así garantizar una correcta fijación.

- **Puertos a utilizar**

El primer puerto a utilizar del rectificador proviene del tablero de distribución o caja AC, los siguientes puertos son las salidas para la alimentación de las antenas EasyMacro.

Además, el rectificador debe estar aterrado, a la barra a tierra que se encuentra en el tablero de distribución o caja AC.

En la figura 40, se muestra los puertos del rectificador conectado la entrada AC, la salida 1 DC y el aterramiento.



Figura 40. Puerto del rectificador.
Fuente: Propia

- **Preparación de los cables y conectores**

Los cables AC y DC deben ser preparados en el sitio, según el estándar, por el personal técnico en campo.

3.1.3.3.3. Caja AC

- **Especificaciones de la caja AC**

En el tablero de distribución o en la caja AC se encuentra el breaker principal, el breaker utilizado para la solución EasyMacro y la barra de cobre o barra bornera conectada con el pozo a tierra, en esta barra de cobre se aterriza el rectificador y la antena AAU3940.

Este tablero tiene las siguientes entradas:

- Llegada AC del BT6
- AC Rectificador

- GND del Rectificador
- GND principal
- GND antena EasyMacro 1
- GND antena EasyMacro 2

En la figura 41, se muestra en la Imagen derecha la caja AC con puerta abierta, imagen izquierda muestra caja AC con puerta cerrada.

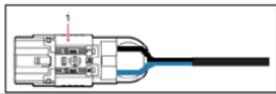
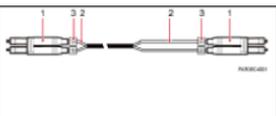


Figura 41. Caja AC
Fuente: Propia

3.1.3.3.4. Cableado

El tipo de cable a utilizar y el tipo de conector varían según los equipos instalados. A continuación, se muestra una tabla al detalle de lo mencionado.

Tabla 8. Tipo de cables y conectores
Fuente: Estándar de instalación EasyMacro – Entel

N°	Tipo de cable	Extremo Inicial del Cable		Extremo Final del Cable		Imagen del cable
		Conector	Posición del conector	Conector	Posición del conector	
1	Cable de tierra AAU	Terminal OT (M6)	Terminal de tierra en la AAU	Terminal OT (M6)	Barra de tierra externa	
2	AAU power cable	Conector pressfit	Puerto de Energía (POWER-IN)	Pines para conectar al breaker del rectificador	Breaker disponible en el rectificador	
3	Fibra Óptica	Conector DLC	Puerto CPRI/CPRI1 en la AAU	Conector DLC	Puerto CPRI en la BBU	

- **Canalizado de F.O**

El tipo de cable utilizado para la fibra óptica es el monomodo con chaqueta outdoor de 7mm de diámetro externo para cada antena EasyMacro instalada.

El canalizado de F.O depende del escenario, el utilizado en esta implementación es por vía aérea. La fibra óptica fue canalizada con tubería conduit de 1/2" desde que llega al poste hasta el ingreso a la antena, y sellada con cinta vulcanizante en ambos extremos.

No se realizó el cableado desde el site ancla hasta el poste debido a que personal de obras civiles realizo las conexiones a las mufas y dejo un rollo de fibra óptica para la instalación en poste.

En la figura 42, se muestra en la imagen derecha, llegada de la F.O. vía aérea, en la imagen izquierda se observa ingreso de la FO al conduit en poste para su posterior conexión a la antena



Figura 42. Canalizado de FO
Fuente: Propia

La fibra óptica se conecta en el puerto CPRI0 de la antena y su recorrido continuo por la tubería conduit hacia la mufa en el poste. En el site ancla, se instala una caja panduit la cual se conecta a la BBU en la tarjeta insertada, la UBBPd6, en el puerto CPRI0 que se ubica en el slot 02, previo a esto se realiza el swap o reubicación de la tarjeta WBBP al slot 04 o 05 de la BBU, eso depende del lugar que se encuentre libre y siguiendo las especificaciones según el diseño.

En la figura 43, se muestra en la imagen derecha la conexión del patchcord desde la caja panduit a la tarjeta UBBPd6 y en la imagen derecha se observa conexión de la FO al puerto CPRI0 de la antena.

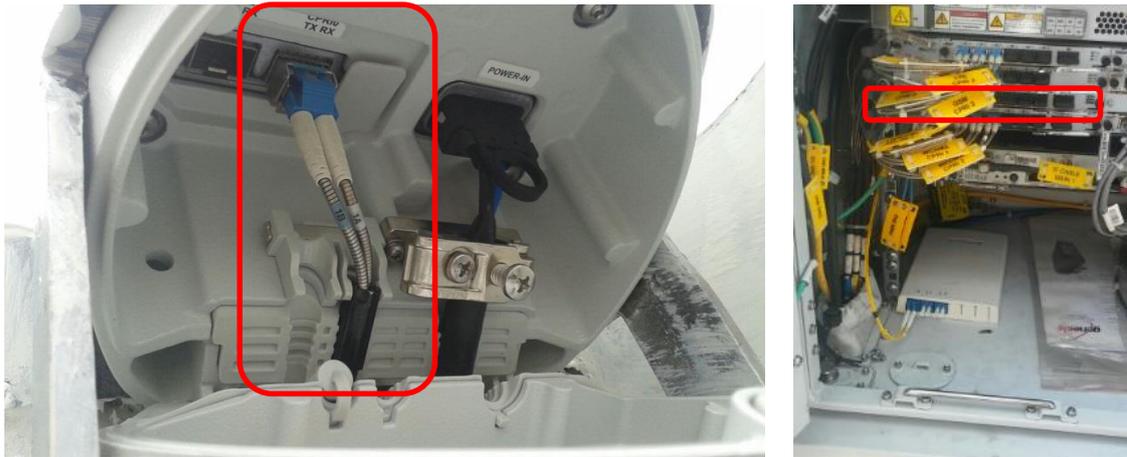


Figura 43. Conexión de la FO
Fuente: Propia

- **Canalizado de Energía**

El cableado de energía desde el tablero de distribución o caja AC hacia el rectificador y posteriormente hasta la antena se realiza con tubería conduit de ½" sujeta con abrazaderas metálicas y selladas con cinta vulcanizante en ambos extremos. El cable de energía utilizado para el energizado de la antena es de 12AWG.

El breaker utilizado para el energizado del rectificador es el de 16 A. El energizado de la antena se realiza mediante el puerto load del rectificador.

En la figura 44, se muestra en la Imagen derecha la conexión a la antena y en la imagen central, conexión al rectificador, en la imagen izquierda, la salida de la caja AC.



Figura 44. Canalizado de cable de energía
Fuente: Propia

El cable DC debe presentar la malla protectora y esta debe aterrarse, para ello se debe preparar el cable, pelando solo la parte a exponer para que así coincida con el clip de ajuste de cableado, el corte DC debe ser de acuerdo a estándar y no exceder del límite permitido. Para la inserción del cable DC en el conector pressfit se debe desajustar los tornillos del conector. El cable DC debe estar correctamente insertado y ajustado en el conector pressfit. No debe quedar cable expuesto. En la figura 45, se muestra lo anteriormente mencionado.



Figura 45. Conexión de cable DC
Fuente: Propia

- **Canalizado de tierra**

El tipo de cable utilizado para el aterramiento de la antena es de 16mm de color amarillo y verde.

Todos los equipos deben ser aterrados hacia la caja AC, donde se encuentra la barra de cobre. El canalizado del cable a tierra se realiza con tubería conduit de ½". El recorrido del cable de tierra de la barra de cobre de la caja AC, al pozo a tierra se realiza dentro del poste. Por lo general personal de obra civil deja el cable de tierra conectado al pozo.

En la figura 46, se muestra en la imagen derecha el recorrido de cable de tierra desde la antena y rectificador hacia la caja AC. En la imagen izquierda se observa conexión a la barra de cobre en la caja AC.

Véase también el Anexo 8 – Especificaciones del pozo a tierra



Figura 46, Canalizado de cable de tierra
Fuente: Propia

3.1.3.3.5. Tarjeta en BBU

La solución EasyMacro provee los servicios de UMTS y LTE, para ello la BBU debe quedar de la siguiente manera:

- Slot 0: LBBP con los sectores LTE existentes (S0, S1 y S2)
- Slot 1: UBRI para los sectores de la GSM (S0, S1, S2)
- Slot 2: UBBP para los sectores de la Easy Macro (hasta 3 sectores adicionales) realizar swap.
- Slot 3: WBBP con los sectores LTE existentes (S0, S1 y S2)
- Slot 4: WBBP cambio de posición (se reubica a posición 04 0 05) en el swap.
- Slot 7: UMPT (existente)

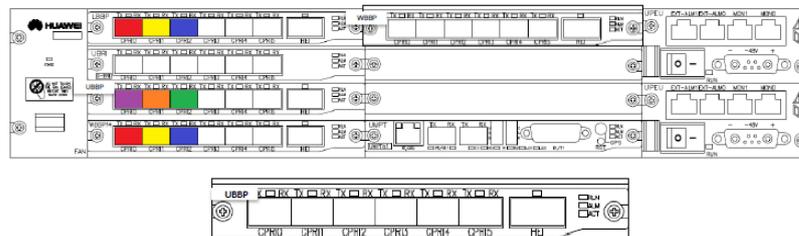


Figura 47. Posición de tarjeta UBBP
Fuente: Estándar de instalación EasyMacro - Entel

En esta etapa se puede presentar dos escenarios:

- Inserción de UBBP en BBU existente
- Inserción de UBBP en nueva BBU

En este caso ya se contaba con BBU en el site ancla por ello solo se procedió a la colocación del panduit y la conexión del patchcord hacia la BBU, pero antes se realizó el swap de tarjetas, es decir la tarjeta UBBP debe ser instalada en el slot 02 de la BBU existente, pero si esta se encuentra ocupada por la tarjeta WBBP, se debe recambiar la posición de esta última, se colocaría en el slot 04 o 05 según sea el caso.

Así como muestra la siguiente imagen.

Sitio Ancla requiere una tarjeta UBBPd6 (BBU existente / 02 slots disponibles)				Sitio Ancla requiere una tarjeta UBBPd6 (BBU existente / 01 slot disponible)			
Antes BBU 3900				Antes BBU 3900			
Slot: Board Type	Slot: Board Type	Slot: Board Type	Slot: Board Type	Slot: Board Type	Slot: Board Type	Slot: Board Type	Slot: Board Type
16: FAN	0: LBBP	4: --	18: UPEU	16: FAN	0: LBBP	4: WBBP	18: UPEU
	1: UBRI	5: --			1: UBRI	5: --	
	2: WBBP	6: --	19: UPEU		2: WBBP	6: --	19: UPEU
	3: WBBP	7: UMPT	3: WBBP		7: UMPT		
Después BBU 3900				Después BBU 3900			
Slot: Board Type	Slot: Board Type	Slot: Board Type	Slot: Board Type	Slot: Board Type	Slot: Board Type	Slot: Board Type	Slot: Board Type
16: FAN	0: LBBP	4: WBBP	18: UPEU	16: FAN	0: LBBP	4: WBBP	18: UPEU
	1: UBRI	5: --			1: UBRI	5: WBBP	
	2: UBBPd6	6: --	19: UPEU		2: UBBPd6	6: --	19: UPEU
	3: WBBP	7: UMPT	3: WBBP		7: UMPT		
Nota: La tarjeta WBBP del slot 2 será instalada en el slot 4 (disponible) y la tarjeta UBBPd6 será instalada en el slot 2.				Nota: La tarjeta WBBP del slot 2 será instalada en el slot 5 (disponible) y la tarjeta UBBPd6 será instalada en el slot 2.			

Figura 48. Inserción de UBBP en BBU existente.
Fuente: Estándar de instalación EasyMacro – Entel

3.1.3.3.6. Etiquetado

Generalmente el etiquetado lo realiza el personal técnico en campo, el último día de trabajo, es considerado parte de los acabados finales de la implementación. Pero es de suma importancia que todo cable esté debidamente encintado y se encuentre con etiqueta rotulada con letra legible, de preferencia impreso.

- **Etiquetado anillo de colores**

Se refiere al etiquetado según código de colores que hace referencia al sector, como en este caso se ha instalado solo una antena EasyMacro, esta corresponde al sector 1 por lo tanto el etiquetado en los extremos de los cables será con cinta de color rojo.

También se coloca cinta de color blanco según la tecnología a brindar. En caso de la tecnología UMTS, no se debe adicionar ninguna cinta blanca, en caso de la tecnología LTE, se debe adicional dos cintas de color blanco.

- **Etiquetado etiquetas amarillas**

Se refiere a las etiquetas con rotulado, las cuales indica un uso específico, estas etiquetas se colocan en ambos extremos de todos los cables y tubería conduit.

En la figura 49, se muestra el etiquetado según tecnología y sector, además se observan las etiquetas con rotulado.

Véase también Anexo 9 – Estándar de etiquetas EasyMacro



Figura 49. Etiquetado de aterramiento en tablero de distribución
Fuente: Propia

3.2. REALIZACION DE PRUEBAS DE SEÑAL DE LA SOLUCION

EASYMACRO

Para la realización de las pruebas de llamadas es necesario contar con dos aplicaciones en un teléfono celular con tecnología 4G y que sea del operador móvil del cual se está realizando la implementación.

Para las pruebas de llamadas es necesario contar con la aplicación llamada G-net track y para la descarga de datos es necesario tener instalada la aplicación Speed test, con ello se mide la velocidad de subida y bajada según

tecnología. Véase también el Anexo 11 - Pruebas de llamadas y descarga de datos

En la figura 50, se muestra estas aplicaciones utilizadas. La imagen derecha corresponde al Speed test y la imagen izquierda corresponde al G-Net track.

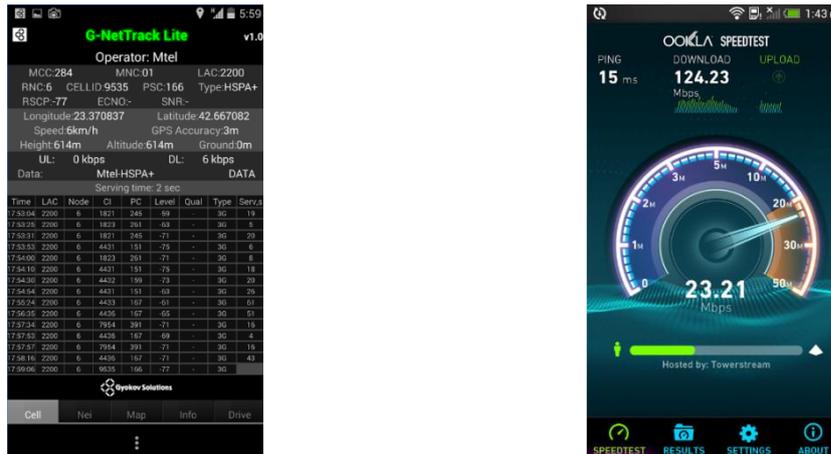


Figura 50. Aplicaciones utilizadas para medición de señal
Fuente: Google Play

3.2.1. Pasos para realizar las pruebas de llamadas

El G-Net Track es una aplicación de prueba para redes de 2G/3G/4G. Permite la monitorización de los parámetros de red móvil sin necesidad de utilizar equipos especializados.

Para la realización de las pruebas de llamadas de la solución EasyMacro hay que tener en cuenta que en este caso como es una antena, corresponde al sector 1 y las pruebas deben ser tanto para 3G como para 4G. Además, es necesario tener en cuenta la data fil del site para así verificar que el cell ID según tecnología sea el mismo y que los demás parámetros sean correctos.

En la figura 51, en la imagen superior se observa el datafill para 3G, en la imagen inferior se observa, para 4G.

CELL NAME	BRU Model	PSC	PCELL	CELL ID	SAC	NODEB ID	ENODE B NAME	Latitude	Longitude	Azimuth	DownTilt	E-DownTilt	M-DownTilt	RET	Ground Height (m built)	AntennaType
01319631_LLM_DD_Familias_Unidas	AAU3340		CHIP0	19631	19631	474	0130474_LM_San_German	-12.018931	-77.079614	280	9	9	0	Yes	9,55	AAU3340
01319636_LLM_DD_Familias_Unidas	AAU3340		CHIP0	19636	19636	474	0130474_LM_San_German	-12.018931	-77.079614	280	9	9	0	Yes	9,55	AAU3340

CELL NAME	PCELL	BRU Sequence Mx	CELL ID	SECTOR ID	ENODEB ID	ENODE B NAME	Latitude	Longitude	Azimuth	DownTilt	E-DownTilt	M-DownTilt	RET	Ground Height (m built)	AntennaType
01419631_LLM_DD_Familias_Unidas			19631	1	474	0140474_LM_San_German	-12.018931	-77.079614	280	9	9	0	Yes	9,55	AAU3340

Figura 51. Datafill
Fuente: Consolidado DF EM UL – Entel

El primer paso para la realización de las pruebas de llamadas es ir al menú de configuración del teléfono móvil y setear la red con la que se comenzará las pruebas de llamadas, 3G, luego de ello se abrirá la aplicación G-Net track.

En la figura 52, se muestra la configuración en el teléfono celular para forzarlo a 3G.

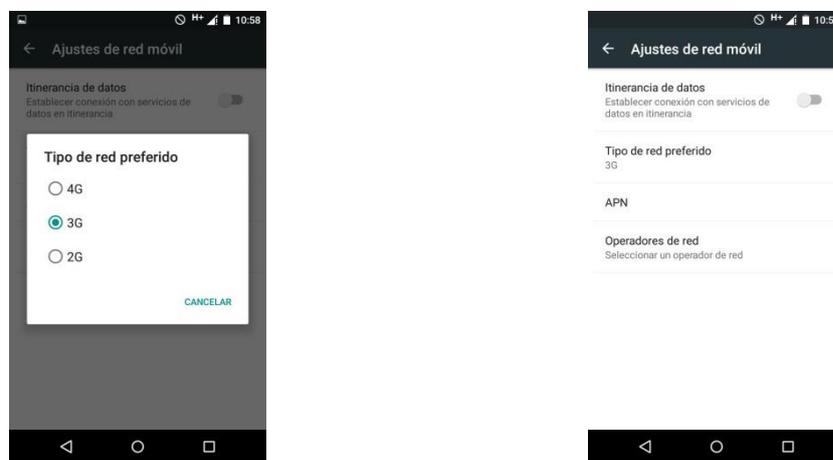


Figura 52. Setear la red a 3G
Fuente: Propia

Al abrir el G-Net track se debe observar y diferenciar rápidamente que se ha enganchado en la red 3G, esto a su vez se aprecia al ver la RNC y el tipo de servicio donde se está registrado. Como se observa a continuación:

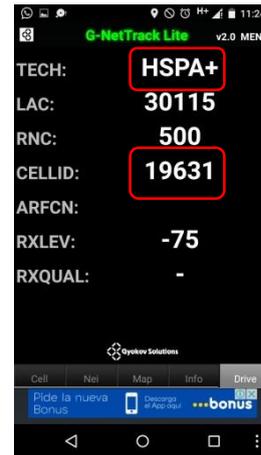
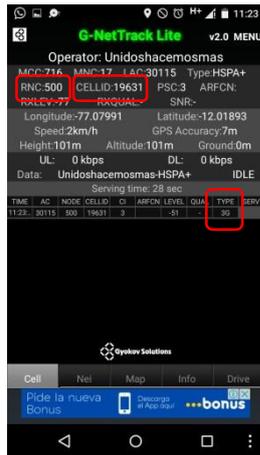


Figura 53. Capturas de G-net track.
Fuente: Propia

Es importante que el cell ID sea el mismo según datafill ya que se puede estar colgando de otra celda.

Para las pruebas de llamadas de 4G se realiza el mismo procedimiento. Primero se resetea el teléfono móvil forzándolo a 4G.

En la figura 54, se muestra la configuración en el teléfono celular para forzarlo a 4G.

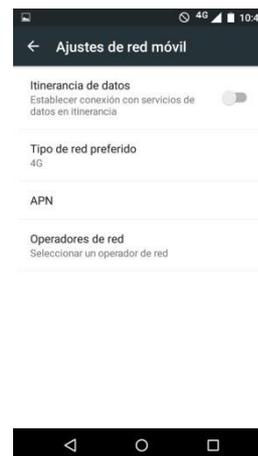
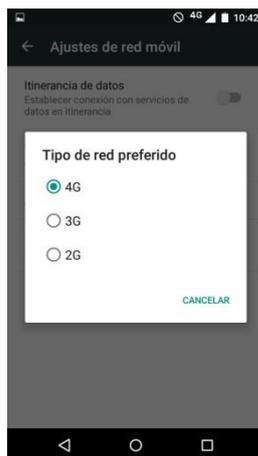


Figura 54. Setear la red a 4G
Fuente: Propia

Luego se ingresa al G-net track y se verifica que la información y parámetros sean los correspondientes según datafill. Como se observa a continuación.

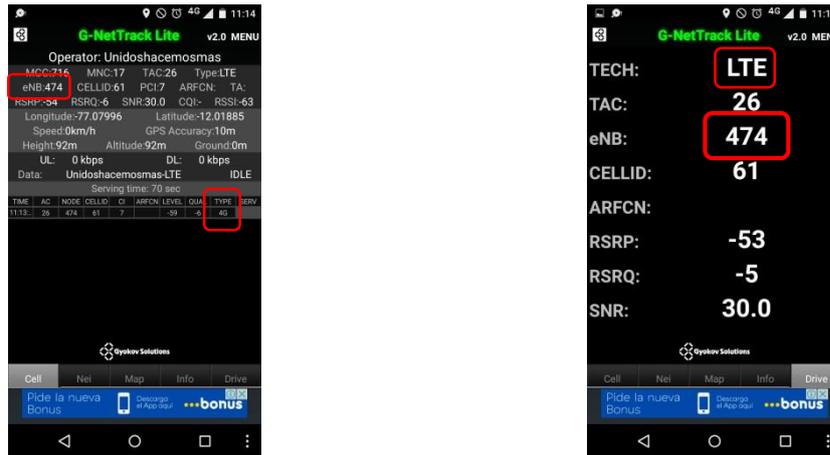


Figura 55. Capturas de G-net track.
Fuente: Propia

3.2.2. Pasos para realizar la descarga de datos.

El Speed test es una aplicación utilizada para probar la velocidad de descarga y subida de internet o datos, y permite compartir el resultado de la prueba mediante un formato escrito llamado CSV.

La prueba es sencilla, para ello se debe mantener el reseteo según red, de allí se ingresa a la aplicación, esta de forma automática comenzará a buscar el mejor servidor y al encontrar el adecuado se podrá comenzar con la prueba.

La aplicación brinda la opción de cambiar de servidor manualmente, allí se puede apreciar un listado de servidores, dónde están alojados y la distancia a la que se encuentran respecto al punto de referencia. Véase *Figura 56. Servidores asociados a la aplicación.*

Debido a que el cliente de esta implementación, es Entel Perú, antes de la realización de esta prueba, se debe configurar manualmente el servidor al cual se conectará (LIMA alojado por: Entel Perú).

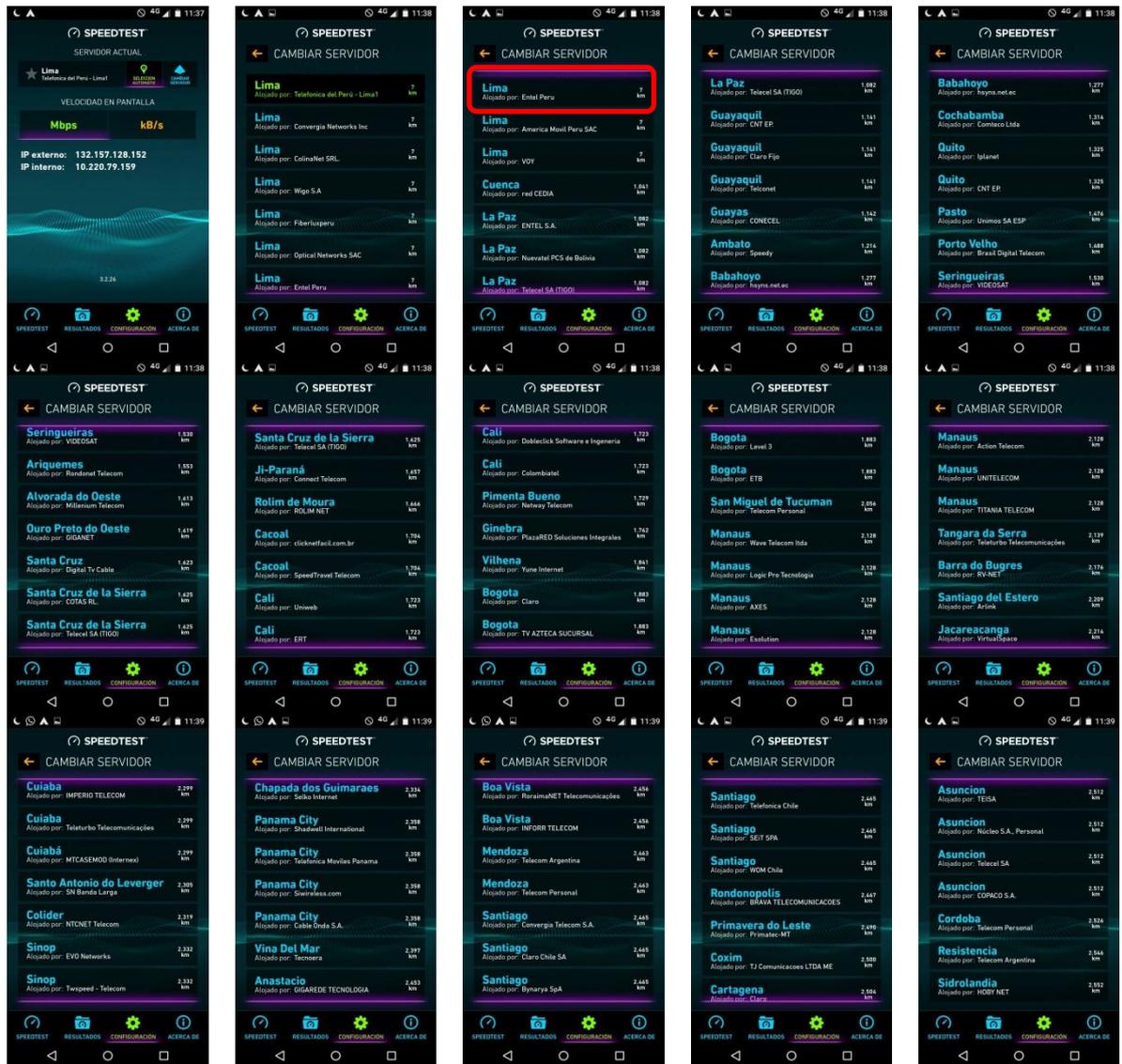


Figura 56. Servidores asociados a la aplicación
Fuente: Propia

En la imagen 57, se muestra resultados finales de esta prueba para 3G.



Figura 57. Speed test para redes 3G
Fuente: Propia

Se realiza el mismo procedimiento para la red 4G y se obtiene los siguientes resultados.



Figura 58. Speed test para redes 4G
Fuente: propia

3.3. REVISION Y CONSOLIDACION DE RESULTADOS

La revisión de la correcta instalación por parte del personal técnico en campo se realiza de manera remota y a tiempo real, a través de una aplicación muy utilizada para compartir fotos y envío de mensajes, el WhatsApp.

El personal técnico en campo envía las fotos al área de proyectos y estas fotos son revisadas y verificadas para ver su cumplimiento con los estándares brindados por la operadora móvil y por la empresa fabricante de los equipos.

En caso haya alguna observación se le comunica al personal técnico en campo y estos tienen que levantar los pendientes al momento.

Las fotos validadas por el área de proyectos son adjuntadas a un Excel denominado Reporte fotográfico el cual, junto a otros entregables, es mandado al coordinador o jefe de proyectos de la empresa operadora móvil para su validación final.

Las fotografías principales, las cuales cumplen con las normativas de seguridad, y calidad de implementación, son las siguientes:

3.3.1. Fotos del área cercada

En ella se verifica correcto cumplimiento con normativas de seguridad y que el personal técnico en campo trabaja en una zona limpia y libre de cualquier obstáculo.

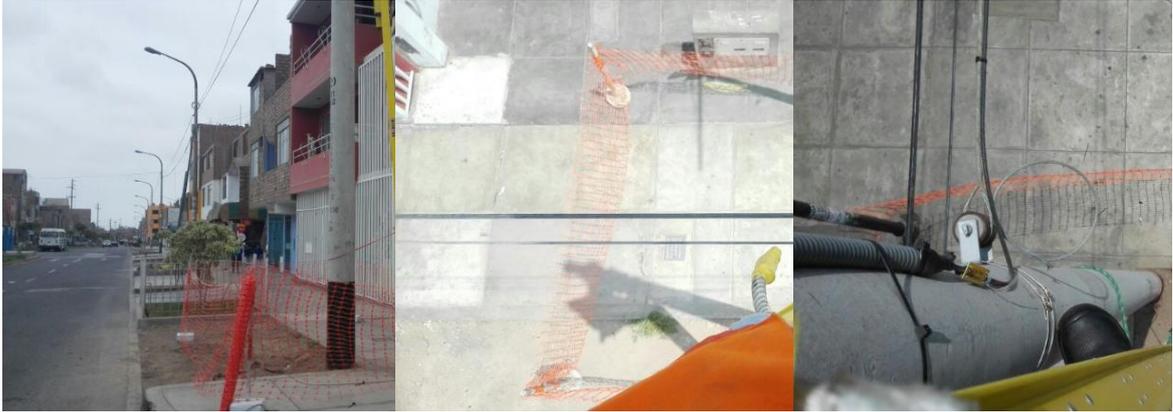


Figura 59. Área Cercada y limpieza
Fuente: Propia

3.3.2. Personal con correcto uso de EPPs

Con estas fotos se demuestra que el personal está utilizando correctamente sus equipos de protección personal tanto en sala como en el poste.



Figura 60. Uso de EPPs
Fuente: Propia

3.3.3. Recorrido de FO de panduit a BBU

Estas fotos son tomadas en el site ancla y se verifica la correcta conexión, etiquetado y recorrido del patchcord (en este caso).

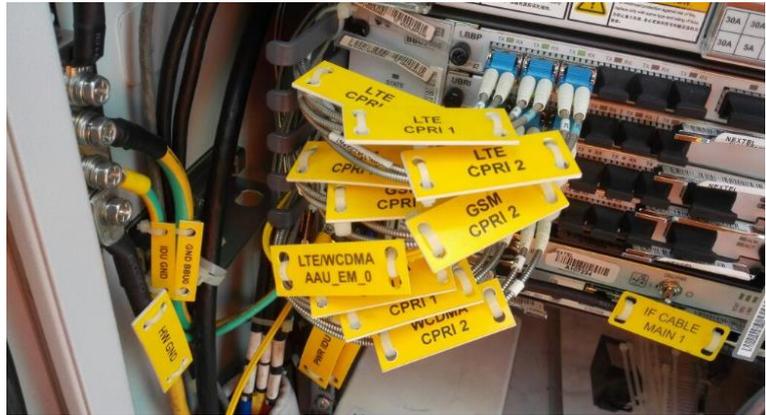


Figura 61. Recorrido de FO
Fuente: Propia

3.3.4. Vista de la BBU

Vistas generales, de toda la BBU para apreciar todos los slots y si hay espacio disponible para futuras proyecciones. También se requiere toma cercana de la tarjeta instalada con correcto etiquetado y rotulado legible.

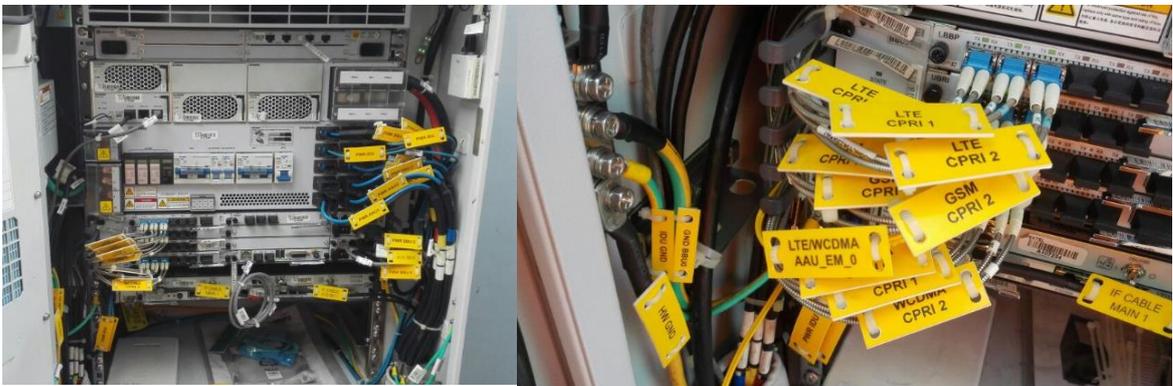


Figura 62. Vista de BBU
Fuente: Propia

3.3.5. Puertos del rectificador

En ella se observa las conexiones a los puertos del rectificador, el correcto etiquetado y encintado según estándar y si el equipo instalado está en buenas condiciones físicas.



Figura 63. Rectificador
Fuente: Propia

3.3.6. Recorrido de cables

Se debe tener varias fotos de varias vistas para apreciar el recorrido de la tubería conduit, si están bien sujetos y si en cada extremo del mismo esta vulcanizado, adecuadamente y según estándar, con cinta vulcanizante.

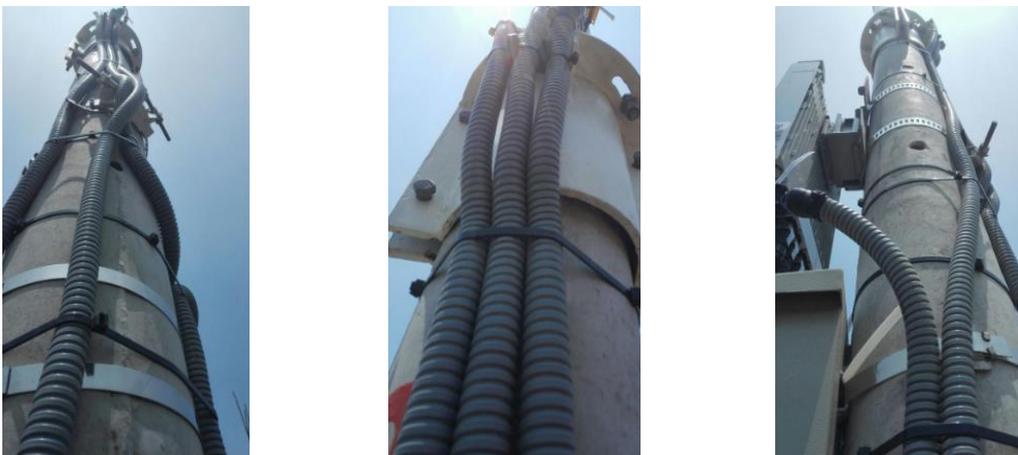


Figura 64. Recorrido de cables
Fuente: Propia

3.3.7. Vista panorámica de la Caja AC

Es necesario varias tomas fotográficas del tablero de distribución o caja AC, una con puerta abierta cercana donde se vea la capacidad de los breaker, las conexiones de breaker y a la barra de cobre, a su vez las etiquetas rotuladas

con letra legible, también se requiere fotos de la entrada a la caja AC todo debidamente encintado según tecnología y sector y etiquetado según estándar.



Figura 65. Caja AC
Fuente: Propia

Con todo lo mencionado anteriormente se asegura una correcta implementación, reduciendo en gran porcentaje, casi un 80%, según evaluación de contratas, el número de errores usualmente cometidos en una instalación de este tipo. Esto conlleva a que la empresa evite gastos innecesarios por tema de Clean Up (Levantamiento de observaciones fuera de fecha de la implementación).

CONCLUSIONES

- Este proyecto de ingeniería se realizó durante los meses de diciembre del 2016 a enero del 2017, la supervisión de la implementación de la solución EasyMacro con antenas de la empresa Huawei se realizó en tres fases, la primera, es la verificación del material para la implementación en donde básicamente se realiza el inventario de los equipos brindados por la operadora móvil, la segunda, es la seguridad y salud en el trabajo, donde todo el personal técnico en campo debe cumplir con el llenado de los formatos de seguridad, cercado del área y uso correcto de EPPs, y la tercera fase consiste en la implementación de la solución, partiendo de los equipos a instalar, los escenarios y los pasos de la implementación.
- Con este proyecto de ingeniería pude conocer otras soluciones a implementar nodoB y la diferencia en costos y tiempo de implementación, comparándola con una estación base convencional. Además, pude analizar todas las fases involucradas dentro de una supervisión remota.
- El motivo principal por el cual el cliente, decidió utilizar los equipos de la marca Huawei, es íntegramente por el costo del mismo, por qué tanto los equipos de la marca Huawei como los de otras marcas reconocidas en el mercado de las telecomunicaciones (Ericsson, Nokia, Laird, etc.), poseen características y parámetros técnicos muy similares, tales como el peso, escenario de instalación, rango de frecuencia en operación, etc.
- Con la supervisión de la implementación de la solución EasyMacro con antenas Huawei, se corroboró que los acabados de la instalación tales

como etiquetado, encintado y vulcanizado se haya realizado de acuerdo a estándar.

- Con la realización de las pruebas de señal de la solución EasyMacro, específicamente las pruebas de llamadas, se demostró que la calidad de señal es mejor debido a que ahora existe mayor cobertura en la zona alumbrada. A su vez las pruebas de descarga y carga de datos, sirvieron para tener una referencia de la transmisión de datos, estos valores fueron los óptimos teniendo en cuenta bajo que frecuencias trabaja la operadora móvil en las tecnologías 3G y 4G.
- La supervisión remota a tiempo real, reduce el número de incidencias en aproximadamente 80%, esto debido a que el área de proyectos se encarga de filtrar e indicar si la instalación es correcta en cada etapa y según los estándares y manuales de instalación, (se considera incidencia a toda situación subestándar ocurrido durante la implementación tanto por problemas de instalación, seguridad o personal técnico). En este caso, se realizó la supervisión de la implementación de la solución EasyMacro sin pormenores en la instalación.

RECOMENDACIONES

- Para la supervisión de la implementación de la solución EasyMacro, es indispensable cumplir con las fases de elaboración, principalmente cerciorarse que se cumpla lo requerido a nivel de SST, es decir que el personal técnico en campo cuente con el uso correcto de sus EPPs y que éstos estén en buen estado. Antes de realizar cualquier trabajo por más mínimo que sea en el site, el personal técnico en campo debe completar sus formatos de seguridad indicando con letra legible los riesgos y peligros que presenta su tipo de trabajo. Además, el personal en campo debe estar correctamente identificado, con su carnet de riesgo eléctrico, carnet de altura, y carnet de la empresa para así por cualquier auditoría tener todos sus documentos en regla.
- Para la implementación de la solución, es primordial que la escalera telescópica usada tenga una base antideslizante para así evitar cualquier accidente durante la instalación.
- Al momento de trabajar en la caja AC, el personal técnico debe tomar todas las medidas del caso al momento de los trabajos en caliente.
- El personal técnico en campo debe cuidar la limpieza en su área de trabajo por eso también es indispensable cercar el área donde va a laborar.
- Para la realización de las pruebas de señal de la solución EasyMacro es necesario contar con datos móviles asociados a una tarjeta sim que se encuentre dentro de su red, es decir pertenezca al operador móvil, en este caso Entel.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, M. (2015), *Arquitectura funcional y protocolos de LTE*, España, p. 36.
- Casimiro, S. (2011), *Técnicas de acceso Múltiple*, Perú, p.2-8.
- Chimbo, M. (2012). Análisis de la propuesta de evolución de redes 3G y su convergencia a la tecnología 4G para redes de telefonía móvil, Ecuador.
- C.A CONSUMIBLES. (2015), *Que son y para qué sirven las antenas sectoriales*, México. Recuperado de <http://www.caconsumibles.com/blog/conectividad-a-internet/que-son-y-para-que-sirven-las-antenas-sectoriales/>.
- Ditzel, S. (2008). *Análisis del comportamiento de RF en espacios edificados* (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Chile.
- Eveliux. (2012), *Teorema de la máxima capacidad de Shannon*, México. Recuperado de <http://www.eveliux.com/mx/Teorema-de-la-maxima-capacidad-de-Shannon.html>.
- FCFM. (2012), *Antenas, polarización y diagramas de radiación*, Chile, p.7.
- Forum Huawei. (2014), *UBBP board for BBUs*, China. Recuperado de <http://forum.huawei.com/thread-71213-1-1.html>
- Gonzales, E. (2014). *Despliegue de una red de acceso radio en comunicaciones móviles* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Huawei. (2015), *AAU3940, Hardware Description*, China.
- Huawei. (2013), *BBU3900 V100R008C00, Hardware Description*, China.

- Inictel. (2010). *Comunicaciones Inalámbricas, evolución UMTS*, Perú, p. 25.
- Jiménez, L. (2012). *Sistema de supervisión y soporte para nodos LTE* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica de Madrid, España.
- León, S. (2015). *Infraestructura para una BTS de telefonía móvil urbana* (Tesis de pregrado). Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla, España.
- López, N. (2011), *Efecto de las redes 4G en los servicios móviles en Chile*, Chile, p. 33.
- MTC. (2008). *Plan Nacional de atribución de frecuencias*, Perú, p. 3.
- MTC. (2008), *Registro Nacional de Frecuencias*, Perú. Recuperado de http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/concesion/registros/rnf/Bandas_1850-1910.html.
- Sáez, A. (2016). *Investigación de nuevas tecnologías en una BTS3900 existente* (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma de Madrid, España.
- Teleco. (2015). *UMTS. Arquitectura*. Brasil. Recuperado de http://www.teleco.com.br/es/tutoriais/es_tutorialumts/pagina_2.asp
- ToT4-Blog. (2013). *Descripción de la arquitectura de red de LTE*. España. Recuperado de <http://intotally.com/tot4blog/2013/07/11/lte-for-beginners-day-2-brief-description-about-lte-network-architecture/?lang=es>
- TRICALCAR. (2007), *Antenas y cables*, p. 6-8.
- UDLA. (2005). *Descripción UMTS*, México: pág. 22-28.

- Vera, A. (2013). *Diseño e implementación de una red RF indoor en el hospital de emergencias pediátricas para mejora de cobertura*. (Tesis de pregrado). Universidad Católica del Perú, Perú.
- Vidal, L. (2013). *Procedimiento para la instalación y puesta en funcionamiento de una estación 3G, caso Claro- Perú* (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma, Perú.
- WNI México. (1999), *Tipos de antenas y funcionamiento*, México. Recuperado de http://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=62: antenassoporte&catid=31: general&Itemid=79.
- W3ii. (2016). *LTE Arquitectura de Red*. Recuperado de http://www.w3ii.com/es/lte/lte_network_architecture.html
- Yacchirema, C. (2014), *Arquitectura 4G-LTE*. Recuperado de <http://inalambricas-lte4g.blogspot.pe/2014/08/arquitectura-lte-la-arquitectura-lte.html>.

ANEXOS

ANEXOS DE IMPLEMENTACIÓN

Anexo 1 - Gastos estimados en la implementación de solución EasyMacro

ITEM	CANTIDAD	GASTOS ESTIMADOS
EQUIPOS PRINCIPALES		
ANTENA AAU3940 HUAWEI	01 UNID	8 775 USD
RECTIFICADOR DPU30D - M06A1	01 UNID	2 000 USD
TARJETA UBBP	01 UNID	11 000 USD
EQUIPO COMPLEMENTO		
CAJA PANDUIT	01 UNID	20.5 USD
PATCHCORD	01 UNID	12 USD
TRANSCEIVER	02 UNID	60 USD
BREAKER DE 16A	01 UNID	10 USD
MATERIAL CABLEADO		
CONDUIT DE ½"	15 M	37 USD
CABLE 12AWG	3 M	4 USD
CABLE DE TIERRA DE 16 MM + CONECTOR	7 M	17 USD
MATERIAL COMPLEMENTO		
CINTILLO, ETIQUETAS		43 USD
CINTA VULCANIZANTE	01 ROLLO	20 USD
CINTA AISLANTE	01 ROLLO	1 USD
MANO DE OBRA		
PERSONAL TECNICO	03 TECNICOS	1 800 USD
TOTAL		23 799.5 USD

ANEXOS FOTOGRÁFICOS

Anexo 2 - Formatos de seguridad

N° Registro	REGISTRO DE INDUCCIÓN, CAPACITACIÓN, ENTRENAMIENTO Y SIMULACROS DE EMERGENCIA			
DATOS DEL EMPLEADOR				
RAZÓN SOCIAL O DENOMINACIÓN SOCIAL ¹	RUC ²	DOMICILIO LEGAL ³	TIPO DE ACTIVIDAD ECONÓMICA ⁴	N° DE TRABAJADORES EN EL CENTRO LABORAL ⁵
Keneth Integral SAC	2060051181	Av Peru 3716. S.M.P		3

TIPO Inducción: Personal nuevo, cambio de puesto, etc. Capacitación: Técnica basada en competencias Entrenamiento: En campo, desarrollo de habilidades Simulacro: Actividad preventiva	MARCAR (X)				
	INDUCCIÓN ⁶ <input type="checkbox"/>	CAPACITACIÓN ⁷ Diaria ¹⁰ <input type="checkbox"/> Específica <input checked="" type="checkbox"/>	ENTRENAMIENTO ⁸ <input type="checkbox"/>	SIMULACROS DE EMERGENCIA ⁹ <input type="checkbox"/>	
LUGAR DE TRABAJO / NOMBRE DEL SITE ¹⁰					
Familias Unidas					
TEMA ¹¹					
Reubicación de Antena					
FECHA ¹²					
18/12/16					
NOMBRE DEL CAPACITADOR O ENTRENADOR ¹³					
Wilmar Juarez					
N° DE HORAS o MINUTOS ¹⁴					
5 min					
N°	APELLIDOS Y NOMBRES DE LOS CAPACITADOS ¹⁵	N° DNI ¹⁶	Cargo ¹⁷	Empresa ¹⁸	Firma ¹⁹
1	Jorge Goello	47643383	técnico	keneth	
2	Jorge Perez	45549999	Tecnico	keneth	
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
*Mediante mi firma puesta en la presente lista de asistencia, certifico haber sido instruido sobre el tema tratado en el evento y me comprometo a dar fiel cumplimiento a las instrucciones señaladas en este evento.					

OBSERVACIONES ²⁰:	
RESPONSABLE DEL REGISTRO ²¹	
Nombre:	Wilmar Juarez
Cargo:	Coordinador
Fecha:	18/12/16
Firma:	

Nota: El Residente de obra o Supervisor de Campo, realizará el registro y entregará el documento al área de Seguridad y Salud en el Trabajo

Formato de Charla de seguridad de 5 minutos

Área de Seguridad y Salud en el Trabajo de TELRAO PERÚ S.A.

FORMATO DE INSPECCION DE EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL

Código: OHS-FORM-000
Versión: V.3
Fecha de Emisión: 01/08/14
Fecha de Revisión: 01/08/14
Fecha de Aprobación: 01/08/14

INFORMAL
 PLANIFICADO

Marcar con una X el tipo de Inspección

LUGAR (NOMBRE DEL SITE):	EPP A INSPECCIONAR												HORA :	EN CASO DE RENOVACIÓN O CAMBIO DE EPP:	FECHA:	OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			
	N°	NOMBRE Y APELLIDOS DEL TRABAJADOR	ZAPATOS DE SEGURIDAD (con puna de acero o Deltacros)	CASCO DE SEGURIDAD	BARBIQUEJO / GOMETERIA	GUANTES DE BACOMA O CUERO	GUANTES DE KEVLAR, PVC o Deltacros	PROTECTORES DE OIDO	RESPIRADOR SEMIFACIAL	LENTES OSCUROS	LENTES CLAROS	CARETA FACIAL					UNIFORME (león clásico y polo o camisa de manga larga)	OTROS 1:	OTROS 2:
	1	Wilmar Juarez	X	X	X	X	X												
	2	Jorge Gello	X	X	X	X	X												
	3	Jorge Perez	X	X	X	X	X												
	4																		
	5																		
	6																		
	7																		
	8																		
	9																		
	10																		
INSPECCIONADO POR:																	RESPONSABLE DEL SEGUIMIENTO :		
FIRMA :																	FIRMA :		

Formato de Uso de EPPs

Formato Check List de Herramientas Manuales y Eléctricas Portátiles.
(TRP-SST-EST-Op100-FOR1-V0.0)

Formato Check List de Herramientas Manuales y Eléctricas Portátiles.		Código: TRP-SST-EST-Op100-FOR1-V0.0														
Nombre del Proyecto (SITE): <u>MO1963-LH-DO-familias</u> Responsable del proyecto: _____ <u>Unidas</u>																
Inspeccionado por: _____		Firma: _____	Fecha: _____													
Supervisor de Obra: _____		Firma: _____	Empresa: _____													
A: Condiciones Generales de las HE (cinta del mes) B: Cordones eléctricos o mangueras C: Empalmes y Conexiones D: Interruptores y/o botones		E: Almacenamiento adecuado F: Guardas y dispositivos de seguridad G: Conexión a Tierra o doble aislamiento H: Equipada con interruptor de trabajo continuo														
I: Ajustes correctos con herramienta adecuada J: Prueba de aislamiento K: Está protegida y provista con interruptor de bloqueo																
Marca en el recuadro correspondiente de acuerdo a tu evaluación: Bueno: <input checked="" type="checkbox"/> Defectuoso: <input checked="" type="checkbox"/> No aplica: <input type="checkbox"/> NA																
HERRAMIENTA MANUAL O ELÉCTRICA PORTÁTIL	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	CCS *			Acción Correctiva	Responsable
												1	2	3	Defina qué se realizará	Defina quién lo realizará
Alicate Corte	<input checked="" type="checkbox"/>															
Llave Alem	<input checked="" type="checkbox"/>															
Cutter	<input checked="" type="checkbox"/>															
Desarmador	<input checked="" type="checkbox"/>															
Observaciones:																
															Nombre: _____	
															Nombre: _____	
															Nombre: _____	
* CCS: Clasificación de Condición Sub Estándar: 1 = CRÍTICA: El trabajo es paralizado y la acción correctiva deberá ser completada antes de las 24 horas. 2 = MODERADA: La acción correctiva deberá ser completada antes de 72 horas. 3 = MENOR: La Acción correctiva deberá ser completada antes de las 2 semanas. COLOR DE INSPECCIÓN MENSUAL ENERO Y JULIO = AMARILLO; FEBRERO Y AGOSTO = VERDE; MARZO Y SETIEMBRE = ROJO; ABRIL Y OCTUBRE = AZUL; MAYO Y NOVIEMBRE = NEGRO; JUNIO Y DICIEMBRE = BLANCO																

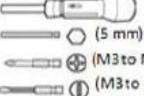
Área de Seguridad y Salud en el Trabajo

Formato de Herramientas Manuales

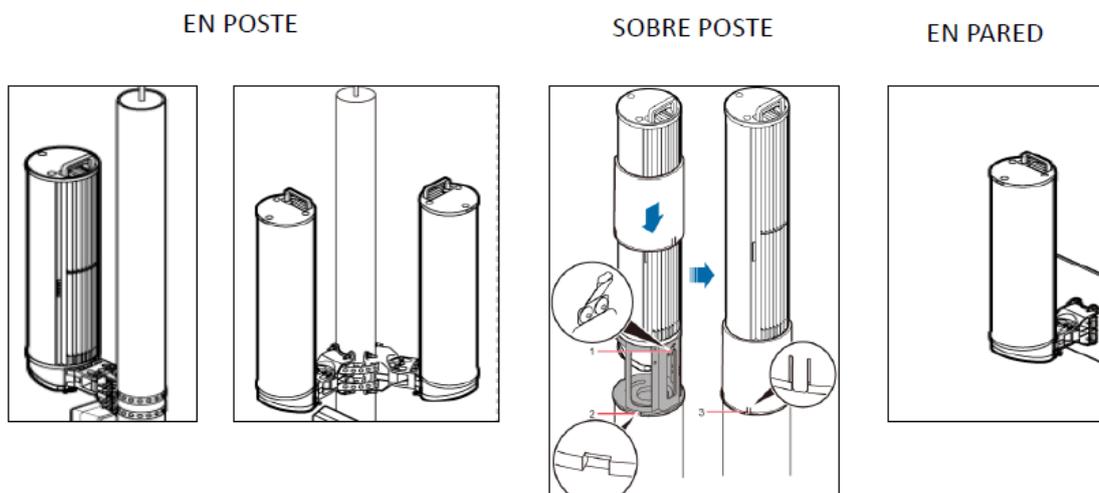
Anexo 3 - Equipo principal



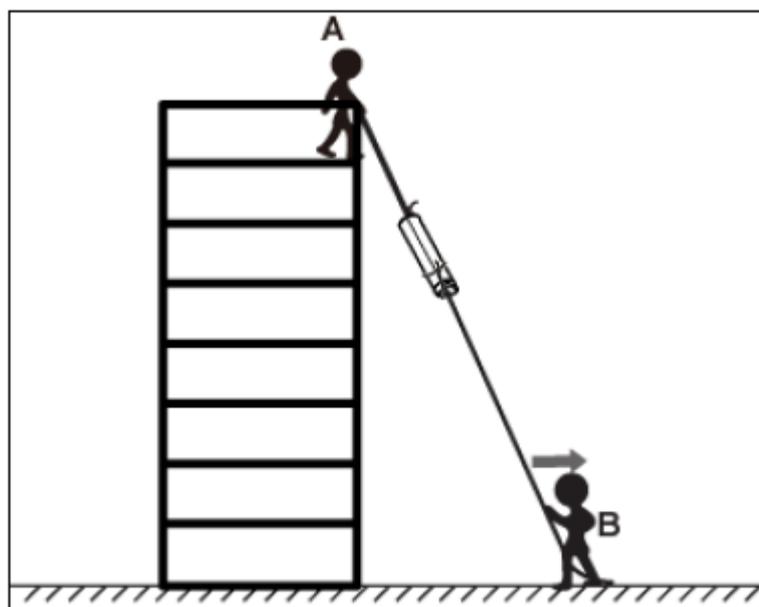
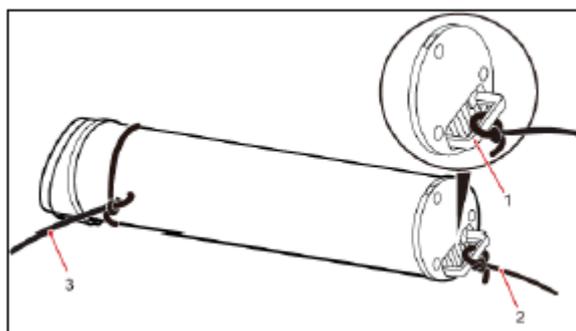
Anexo 4 – Herramientas a utilizar

	 (M3 to M6)	 (Tamaño ≥ 32 mm)		 (Tamaño: 17 mm or 19 mm)	
Llave hexagonal M6	Destornillador de punta plana y destornillador de estrella	Llave francesa	Cuchilla de uso general	Llave combinada	Crimpeadora para terminales de cable de poder
			 (5 mm) (M3 to M6) (M3 to M5)	 (17 mm, 19 mm, or 32 mm) (30 N·m to 50 N·m)	
Cortador de cable	Pelacables	Alicates de corte	Destornilladores	Torquímetro	Pistola de calor
					
Multímetro y wincha	Guantes y pulsera contra descarga electrostática	Martillo y mazo de goma	Brújula	Site Máster	Inclinómetro

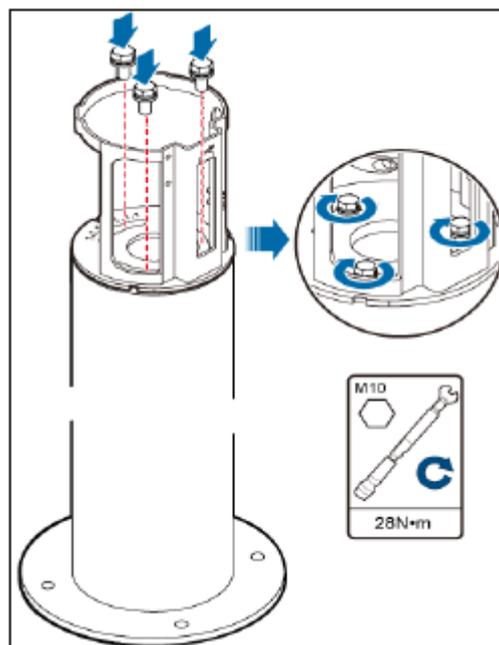
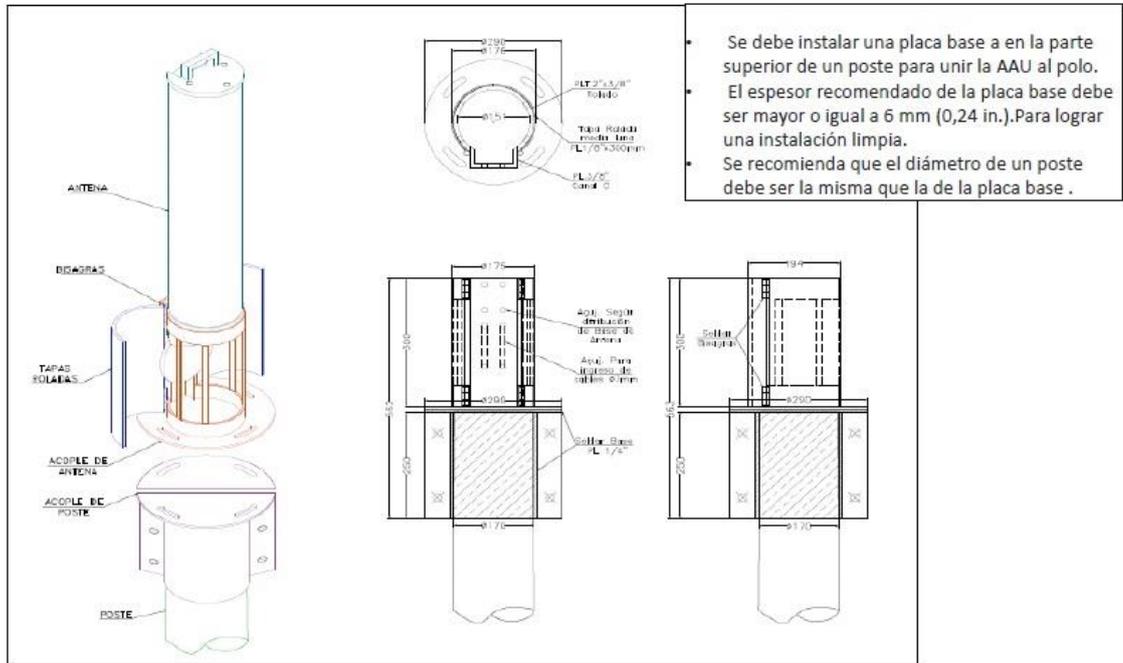
Anexo 5 – Tipos de escenario de instalación antena EasyMacro



Anexo 6 – Izaje de la antena



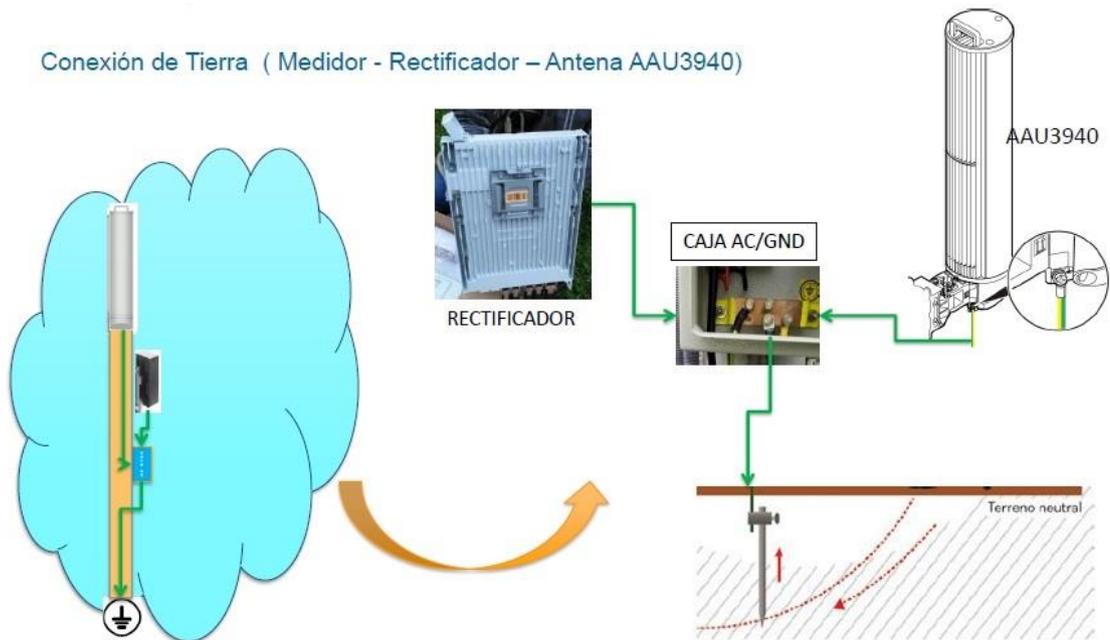
Anexo 7 – Anclaje de la placa base de la antena



Anexo 8 – Especificaciones del pozo a tierra

Para el aterramiento se dispondrá de un Pozo a tierra debe tener las siguientes especificaciones: Pozo a Tierra vertical con resistencia a 10ohms, Con excavación de 2.8m de profundidad y 0.6x0.6m de lado. Con varilla de cobre electrolítico de 2.40m y $\frac{3}{4}$ " de diámetro como electrodo central, con cable de cobre de 35mm² en forma de arrollamiento helicoidal alrededor de electrodo central, relleno con tierra de cultivo mezclada con bentonita sódica y productos mineralizados ionizantes que ayuden a disminuir la resistencia. Con aplicación de las dosis necesarias de gel químico o cemento conductor para lograr la resistencia requerida y que garanticen una duración libre de mantenimiento de 04 años como mínimo. Cable de arrollamiento helicoidal y cable de acometida a tierra unidos a electrodo.

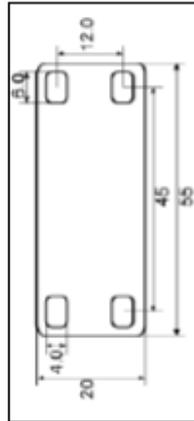
Conexión de Tierra (Medidor - Rectificador – Antena AAU3940)



Anexo 9 – Estándar de etiquetas EasyMacro

La cantidad de etiquetas dependerá del número de sectores a agregar, se anexa la cantidad mínima Por 01 Sector adicional.

UBICACIÓN	USO ESPECIFICO	LEYENDA	CANTIDAD	TAMAÑO	COLOR
AAU3940 - RECTIFICADOR	ENERGIA DC SECTOR	PWR_AAU_EM	2	55X20	AMARILLO
AAU3940(CPRI - UBBP/BBU)	ETIQUETADO FO	LTE/WCDMA_AAU_EM	2	55X20	AMARILLO
AAU3940 - Barra de aterramiento	ATERRAMIENTO	GND_AAU_EM	2	40X10	AMARILLO
RECTIFICADOR	ENERGIA AC	AC_RECT_EM	2	40X10	AMARILLO
RECTIFICADOR-Barra de Aterramiento	ATERRAMIENTO	GND_RECT_EM	2	40X10	AMARILLO
Etiquetado Total	Etiquetado de cada cableado de Easymacro	EASYMACRO	20	Sticker	BLANCO



EASYMACRO_ID_Name Site to Site ANCLA_ID_Name

ANEXOS DE ENTREGABLES DE CONFORMIDAD

Anexo 10 – Check list

		PROYECTO DE EXPANSIONES	
Id del Site : 0101963_LM	Nombre de sitio: DO_Familias Unidas	Fecha Inicio: 18/12/2016	Fecha Fin : 18/12/2016
Dirección de sitio: Av. German Aguirre	Distrito: S.M.P	Provincia: Lima	Departamento: Lima
Contrata: Incochec	Responsable: Pedro Fuentes	Coordinador: Wilmar Juarez	Telefono : 986967302

Formato de Verificación de Implementación de Estaciones Celulares 2G/3G/LTE			
INFORMACIÓN GENERAL			
Tipo instalación/tipo antena	Expansion / AAU3940		
Tipo gabinete power	APM30H		
NUMERO SERIAL DE BBU	2102119940P087008700		
Nombre de jefe grupo implementación/ numero celular	Jorge Coello / 986499128		
Coordinador o IM de contratista/numero celular	Wilmar Juarez / 986967302		
IMPLEMENTACIÓN DE GABINETE POWER PLANT			
	SI	NO	NA
Energía VAC estable y alimentado desde breaker 40amp			Conforme
Gabinete power plant (TP48220A/APM) y gabinetes de baterías correctamente instalados, de acuerdo al estándar de instalación.			OBSERVACIONES
Gabinete power plant (TP48220A/APM) y gabinetes de baterías se encuentran limpia y sin daño físico en el hardware y pintura.			
Aterramiento de Gabinete power plant(TP48220A/APM) y gabinetes de baterías correctamente instalados			
Instalación de baterías correctamente instaladas (04 BB en APM y 03 BB en TP)			
Conexión de alarmas externas a regleta de alarmas y verificación			
Etiquetados en general realizado			
Encendido de equipos power plant realizado (TP48220A/APM)			
Verificación de autonomía de baterías realizado			
Gabinete power plant se encuentra sin ninguna alarma			
Revisión de Protocolo de Pruebas del equipo de AA (donde aplique).			
Prueba de descarga de baterías ejecutada y exitosa (respaldo de 4 horas)			
Prueba de medición de voltaje de las baterías.			
Prueba de envío de alarmas			
Limpieza de zona de trabajo			
BBU Y TARJETAS			
	SI	NO	NA
Check List BBU			Conforme
La BBU se encuentra instalada en el gabinete de acuerdo a estándar de instalación.			OBSERVACIONES
La BBU se encuentra limpia y sin daño físico en el hardware y pintura.			
Los conectores de la FO y de energía de la BBU están sujetos correctamente.			
Cables de energía DC, GND, FO, Ethernet e interconexión cumplen con radios de curvatura y están correctamente instalados			
Los conectores, cables de energía y FO en la BBU no presentan daño alguno en todo su recorrido.			
DCDU correctamente instalado y con todos los puertos operativos			
Pruebas de alternancia de alimentación de DCDU verificada			
Etiquetados en general realizado			
SISTEMA RADIANTE			
	SI	NO	NA
Las antenas están instaladas con la orientación correcta, acorde al datafill de RF			Conforme
La ubicación de instalación de las antenas no presenta obstrucción			OBSERVACIONES
Las RRU's (3942 y LTE) y antenas se encuentran instaladas de acuerdo TSS (ubicación) y a estándar de instalación.			
Las RRU's y antenas se encuentran ancladas y niveladas correctamente a las diversas estructuras (polos,mástiles, pared,			
La superficie de las RRU's y antenas están limpias y la pintura de las unidades está intacta.			
Los brackets de sujeción de RRU y antenas están correctamente instalados y ajustados.			
Aterramientos de RRU y antenas correctamente realizado			
Los conectores, cables de energía y FO de las RRU's, están sujetos correctamente y no presentan ningún daño en su			
Los cables de energía y FO de las RRU's, usan cintillos para su correcta sujeción (blancas indoor, negras outdoor).			
Los cables feeder RF que van desde la RRU hacia las antenas son flexibles y de 1/2" estando sus conectores debidamente			
Las antena TELNET instalada con la orientación correcta, instalada sobre brida, acorde al datafill de RF			
Instalación de coaxiales correctamente instalados TELNET			
Medición de VSWR certificado en todas las líneas de RF, jumper-carga y jumper-antena, mediciones umbrales 1.3			
Instalación correcta de motores RET en antenas TELNET			
Se conecto correctamente cables interfaces de motor RET - RRU's			
Se configuro manualmente los TILT eléctricos en las antenas TELNET			
Etiquetados en general realizado			

Anexo 11 - Pruebas de llamadas y descarga de datos



SECTOR 1-3G

Sector 1 - 3G	Sector 1 - 3G
Sector 1 - 3G	Sector 1 - 3G
RESULTADO CARGA - DESCARGA DATOS SECTOR 1	
<p>Sus resultados se adjuntan a este correo electrónico en formato CSV.</p> <p>Ookla opera Speedtest.net con una infraestructura masiva global para minimizar el impacto de la congestión y latencia de Internet. En Speedtest.net se realizan millones de pruebas cada día en cientos de servidores y es el último recurso para probar el ancho de banda y la información relacionada. Visítelo en su ordenador hoy para saber por qué.</p> <p>Fecha,ConnType,Lat,Lon,Descargar,Cargar,Latencia,ServerName,Ipinterno,Ipexterno "2016-11-29 11:22","Hspap","-12.01893","-77.07991",27.46,4.29,24,"Lima","10.214.48.161","132.157.64.255"</p>	

SECTOR 1 - 4G

Sector 1 - 4G	Sector 1 - 4G
Sector 1 - 4G	Sector 1 - 4G
RESULTADO CARGA – DESCARGA DATOS SECTOR 1	
<p>Sus resultados se adjuntan a este correo electrónico en formato CSV.</p> <p>Ookla opera Speedtest.net con una infraestructura masiva global para minimizar el impacto de la congestión y latencia de Internet. En Speedtest.net se realizan millones de pruebas cada día en cientos de servidores y es el último recurso para probar el ancho de banda y la información relacionada. Visítelo en su ordenador hoy para saber por qué.</p> <p>"2016-11-29 11:04","Lte","-12.01893","-77.07991",79.34,43.17,13,"Lima","10.214.48.161","132.157.64.255"</p>	

Anexo 12 – Reporte fotográfico EasyMacro

Tipo	Descripción	Foto	Periodicidad	Comentarios
General	Panoramica foto a de predio	Foto 1		Foto vista panoramica en donde se aprecia el Tipo de Poste y la Ubicación (Antes)
	Panoramica foto a de predio	Foto 2		Foto vista Ubicación de Pozo a Tierra
	Panoramica foto a de predio (despues)	Foto 3		Foto vista sector 4 desde exterior de predio(Despues)
		Foto 4		Foto vista sector 5 desde exterior de predio(Despues)
		Foto 5		Foto vista sector 6 desde exterior de predio(Despues)
Sito	Fotos de Seguridad - en el Area de Trabajo	Foto 6		Foto de Area de Trabajo delimitado
	Foto Frontal	Foto 8		Foto Frontal del APM/ TP/GAB. BATERIAS con puertas cerradas.
		Foto 9		Foto Frontal del APM/ TP/GAB. BATERIAS con puertas abiertas.
	Vista de Panduit	Foto 10		Vista de Panduit.
		Foto 11		Vista de Conexion de FO en Panduit, etiquetado
		Foto 12		Recorrido de FO Panduit- BBU
BBU	Fotos BBU	Foto 13		Foto vista de BBU
		Foto 14		Foto vista de conecionado interno BBU easy macro panoramico
		Foto 15		Foto vista de Conecionado en USBP - Etiqueta
		Foto 16		Vista de Rectificador Panoramico
Rectificador	Fotos Rectificador	Foto 17		Vista de Anclaje Rectificador
		Foto 18		Vista de Alimentacion AC ambos lados, vista de etiquetado, encintado, vulcanizado
		Foto 19		Vista de Aterramiento GND ambos lados, vista de etiquetado, encintado, vulcanizado, ETIQUETA DE EQUIPO
Tablero AC	AC	Foto 20		Tablero AC Panoramico - Vista antes tablero sin conecionado
		Foto 21		Conecionado interno Tablero AC
		Foto 22		Panoramica EASYMACRO
Panoramico	Recorrido de Cables EASYMACRO	Foto 23		Recorrido de Cables EASYMACRO
		Foto 24		Base de Easymacro cerrada.
		Foto 25		Vista de Modelo de AAU/COMPACTA sector 4
Modelo	Serial	Foto 26		Vista de Modelo de AAU/COMPACTA sector 5
		Foto 27		Vista de Modelo de AAU/COMPACTA sector 6
Azimuth	AZIMUTH EASYMACRO	Foto 28		Azimuth EM sector 4
		Foto 29		Azimuth EM sector 5
		Foto 30		Azimuth EM sector 6
		Foto 31		Conecionado DC y Aterramiento con Compuerta Abierta antena AAUSB40 sector4
		Foto 32		Conecionado DC y Aterramiento con Compuerta Abierta antena AAUSB40 sector5
		Foto 33		Conecionado DC y Aterramiento con Compuerta Abierta antena AAUSB40 sector6
		Foto 34		Conecionado FO EASYMACRO SECTOR 4
		Foto 35		Conecionado FO EASYMACRO SECTOR 5
		Foto 36		Conecionado FO EASYMACRO SECTOR 6
FO	UBICACION DE FO POST	Foto 37		FIBRA OPTICA ANTES EN POSTE

Foto 1,2: **Panoramica de Poste y Ubicación (a Pozo a Tierra)** [Retorno](#)


Foto 2, 3, 4, 5: **Panoramica de Predio (antes)** [Retorno](#)


Foto 6: **Fotos de Seguridad - en el Area de Trabajo** [Retorno](#)


Foto 7: **Fotos de Seguridad - en el Area de Trabajo** [Retorno](#)


Foto 8, 9: **Vista de Gabinetes (puerta abierta y cerrada)** [Retorno](#)




Foto 20:



Foto 21:



Foto 22,23,24:



Foto 25,26,27:

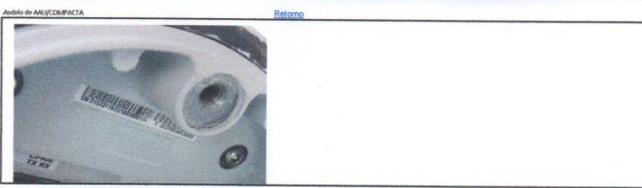


Foto 28,29,30:



Foto 31, 32, 33:

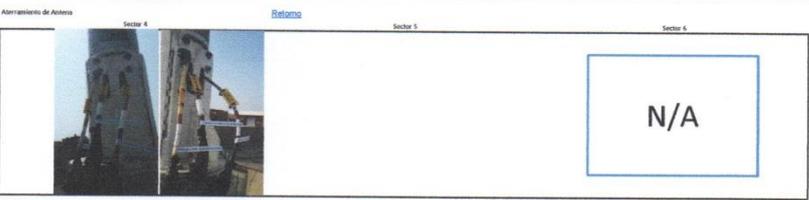


Foto 34, 35 36:





ANEXOS DE HOJAS TÉCNICAS

Anexo 13 – Hoja técnica de la antena AAU3940

2 Technical Specifications

2.1 Electrical Specifications

Table 2-1 Electrical specifications of the AAU3940

Frequency Range (MHz)	1710–1880	1920–2170
Polarization	+45°, -45°	
Electrical Downtilt (°)	-3–12, continuously adjustable	
Gain (dBi)	14	14.5
Horizontal 3 dB beam width (°)	70	70
Vertical 3 dB beam width (°)	14	14
Grounding	DC grounding	

2.2 Frequency Band

Table 2-2 Frequency bands supported by the AAU3940

Frequency Band (MHz)	RX Frequency Band (MHz)	TX Frequency Band (MHz)
1800	1730 to 1780	1825 to 1875
2100	1920 to 1980	2110 to 2170

Anexo 14 - Hoja Técnica del rectificador DPU30D - M06A1

Small Site Distributed Power System

Introduction

Distributed Power System (DPS) is a new-generation power solution specialized for compact sites. It can be installed on poles or walls. DPS can be used for Easy macros, small cell base stations, and remote RRU's. It consists of DC, AC, and battery modules.

DPU30D: Converts AC/HVDC to -48V DC, supplies three branches of DC output and one branch for the battery module

DPU30A: Supplies a branch of single-phase AC output and a branch of DC output for a battery unit or DC load

DBU20B: Provides reliable power backup

Application Scenarios

- RRU/AAU remote sites
- Easy Micro sites
- Lampsites
- Atocell (hot-spot/blank-spot coverage)



Features

- Simple**
 - Fast deployment (10 mins by 1 person), flexible evolution
 - Multiple inputs: AC/HVDC
 - Support mobile App (based on Bluetooth) and "smart" OSS
- Efficient**
 - Industry-leading efficiency (96%) distributed power system
- Reliable**
 - IP65
 - -40°C to +55°C working temperature
 - 3 to 5 years routine maintenance-free

Specifications

	Product Model	DC Module DPU30D	AC Module DPU30A	Battery Module DBU20B
System	Dimensions (W x D x H)	300 mm x 50 mm x 400 mm	300 mm x 50 mm x x 400 mm	300 mm x 120 mm x 400 mm
	Weight	7 kg	7 kg	18kg
	Capacity	1,500W	1,500W	1,000W/20Ah
Input	Input Mode	220V AC single-phase 110V AC dual-line wire, HVDC	220V AC single-phase; 110V AC dual-line wire	NA
	Input Voltage	AC: 85V to 300V HVDC: 85V to 400V	AC: 85V to 300V	NA
Output	Output Voltage	-48V DC	220V AC	-48V DC

Remark:
HVDC: High-Voltage Direct Current



DPU30D
DC Module



DPU30A
AC Module



DBU20B
Battery Module