

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



“ESTIMACIÓN DE LA MEJORA DE NIVELES DE RECEPCIÓN DEL ACCESO
RAN 3G DE UN OPERADOR MÓVIL AL INCORPORAR UN NODO B DENTRO
DEL CAMPUS UPAO – TRUJILLO”

TÉSIS PARA OBTENER EL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Telecomunicaciones

AUTORES:

Br. Jorge Martín Castañeda Palacios.

Br. Dante Giuseppe Ricalde Vera.

ASESOR:

Ing. Eduardo Elmer Cerna Sánchez

Trujillo – Perú

2015

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



“ESTIMACIÓN DE LA MEJORA DE NIVELES DE RECEPCIÓN DEL ACCESO
RAN 3G DE UN OPERADOR MÓVIL AL INCORPORAR UN NODO B DENTRO
DEL CAMPUS UPAO – TRUJILLO”

TESIS PARA OPTAR POR EL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Telecomunicaciones

AUTOR:

Br. Jorge Martín Castañeda Palacios.

Br. Dante Giuseppe Ricalde Vera.

ASESOR:

Ing. Eduardo Elmer Cerna Sánchez

Trujillo – Perú

2015

**“ESTIMACIÓN DE LA MEJORA DE NIVELES DE RECEPCIÓN DEL
ACCESO RAN 3G DE UN OPERADOR MÓVIL AL INCORPORAR UN NODO
B DENTRO DEL CAMPUS UPAO – TRUJILLO”**

Por:

Br. Jorge Martín Castañeda Palacios.

Br. Dante Giuseppe Ricalde Vera.

Jurado Evaluador:

Ing. FILIBERTO AZABACHE F.
PRESIDENTE
CIP N° 97916

Ing. LENIN LLANOS L.
SECRETARIO
CIP N° 139213

Ing. LUIS ALVARADO R.
VOCAL
CIP N° 149200

Ing. EDUARDO CERNA S.
ASESOR
CIP N° 80252

PRESENTACION

Señores Miembros del Jurado:

Dando cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada “Antenor Orrego”, para el título Profesional de Ingeniero Electrónico, es grato poner a vuestra consideración, la presente tesis titulada: **“ESTIMACIÓN DE LA MEJORA DE NIVELES DE RECEPCIÓN DEL ACCESO RAN 3G DE UN OPERADOR MÓVIL AL INCORPORAR UN NODO B DENTRO DEL CAMPUS UPAO – TRUJILLO”**.

Atentamente,

Trujillo, diciembre del 2015

Br. Jorge Martín Castañeda Palacios.

Br. Dante Giuseppe Ricalde Vera.

DEDICATORIA

A mi pequeña Harleth, por ser mi fuente de inspiración.
A Rosa mi compañera de toda la vida, por su amor y cariño.
A mis padres, por su apoyo incondicional.
A mis hermanos por estar siempre conmigo.

Jorge Castañeda P.

La presente tesis se la dedico a mi familia que gracias a sus consejos y palabras de aliento crecí como persona. A mis padres y a mis abuelos por su apoyo, confianza y amor.

Dante Ricalde V.

AGRADECIMIENTOS.

Agradecemos a nuestros Padres , por el esfuerzo de sacarnos adelante, por sus consejos y valores para hacer de nosotros mejores personas.

A nuestro Asesor de Tesis Ing. Eduardo Cerna Sánchez por su dedicación y apoyo en la realización del presente trabajo.

RESUMEN

“ESTIMACIÓN DE LA MEJORA DE NIVELES DE RECEPCIÓN DEL ACCESO RAN 3G DE UN OPERADOR MÓVIL AL INCORPORAR UN NODO B DENTRO DEL CAMPUS UPAO – TRUJILLO”

El presente trabajo consiste en realizar la estimación de los niveles de Recepción del acceso RAN 3G de un operador móvil dentro del campus UPAO Trujillo y la mejora de estos al incorporar un NodoB dentro del campus, para ello se consideró el uso de software libre tanto para la toma de datos como para la simulación de la solución propuesta (G-NetTrack y Radio Mobilerespectivamente).

El trabajo esta organizado de la siguiente forma:

En el capítulo 1, se revisa la problemática de la calidad de servicio del operador móvil mediante pruebas realizadas en campo y entrevistas realizadas a personal especialista en el rubro de las telecomunicaciones.

En el capítulo 2, se realiza una breve descripción de la tecnología 3G y de las técnicas usadas para realizar un correcto fiel test.

En el capítulo 3, se muestra el análisis y diseño de la solución propuesta, basándonos en la información recopilada en el capítulo 1 y 2, para lo cual se modelo en Radio Mobile la cobertura actual 3G en el campus UPAO tomando como muestra 60 puntos.

En el capítulo 4, se concluye que una de las soluciones para mejorar los niveles de recepción del operador móvil en el Campus UPAO Trujillo, es la incorporación de un NodoB en su interior.

ABSTRACT

"ESTIMATE OF THE IMPROVEMENT OF RECEIVED LEVELS OF ACCESS RAN 3G FROM A MOBILE OPERATOR BY INCORPORATING A NODE B IN THE CAMPUS UPAO - TRUJILLO"

The present work deals with the estimation of the received levels of Access RAN 3G from a mobile operator in campus UPAO - Trujillo and the improving of them by incorporating a Node B in the Campus, for which was considered the use of free software one for data collection and the other for the simulation of the proposed solution (G-NeTrack and Radio Mobile respectively).

The Thesis is organized as follows:

In Chapter 1, We reviewed the problematic of quality of service from a mobile operator through field tests and interviews with specialist staff in telecommunications.

In chapter 2, WE performed a brief description of 3G technology and the techniques used to make a correct Field Test.

In Chapter 3, We shown the analysis and design of the proposed solution, based on information gathered in Chapter 1 and 2, for which we model the 3G current coverage in campus UPAO using the software Radio Mobile taking 60 points as samples.

In chapter 4, We conclude that one of the solutions to improve the Received Levels from a mobile operator in the Campus UPAO Trujillo, is the incorporation of a Node B inside.

ÍNDICE GENERAL

PRESENTACIÓN	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	viii
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
CAPÍTULO I : INTRODUCCIÓN	15
I. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.1. Realidad Problemática	16
1.1.1. Delimitación	18
1.1.2. Características de la Realidad	18
1.1.3. Análisis de las Características	18
1.1.4. Formulación del Problema.....	19
1.1.5. Alcance	19
1.1.6. Justificación de la Investigación.....	19
1.1.7. Aportes.....	20
1.1.8. Hipótesis	20
1.1.9. Variables.....	20

1.2.	Objetivos.....	21
a.	Objetivo General.....	21
b.	Objetivos Específicos	21
CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO		22
2.1.	Antecedentes.....	23
2.2.	Fundamneto de la Investigación	24
	Tercera Generación (3G).....	24
	Descripción UMTS – 3G.....	24
	Arquitectura de Red.....	25
	Planificación y Optimización de Acceso Radio	27
	Indicadores de Red UMTS	28
	Drive Testing	29
	Tipos de Drive Test	30
	Scanning	20
	Benchmarking.....	30
	Drive Test simple.....	31
CAPÍTULO III : MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS		32
3.1.	Materiales	33
3.1.1.	Población y Muestra	33
3.1.2.	Unidad de análisis.....	33
3.2.	Metodología.....	33
3.2.1.	Diseño de la Investigación.....	33
3.2.2.	Variables de Estudio y Operacionalización.....	34
3.2.3	Instrumentos de Recolección de Datos.....	37
a.	Planos de Ubicación de Nodos B	37
b.	Pruebas de Drive Test.....	38

c.	Parámetros de Identificación de Nodos B	42
d.	Características Técnicas de los Nodos B	44
3.2.4.	Procesamiento de Datos.....	56
a.	Estimación de la Cobertura Actual	56
b.	Simulación del Nodo B en el Campus UPAO - Trujillo	58
CAPÍTULO IV : RESULTADOS		61
4.1.	Resultados.....	62
4.1.1.	Niveles de recepción obtenidos	62
4.2.	Discusión de Resultados	63
CAPÍTULO V : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		71
ANEXOS		74

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

CAPÍTULO I : INTRODUCCIÓN

Figura 1.1. Campus UPAO - Trujillo.....	16
---	----

CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO

Figura 2.1. Evolución UMTS.....	25
Figura2.2 Red UMTS.....	18
Figura 2.3 Canalización UMTS	18
Figura 2.4 Equipos utilizados en DriveTest.....	30

CAPÍTULO III : MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS

Figura 3.1 Plano de Ubicación de Nodos B de un operador alrededor Campus -Upao.....	37
Figura 3.2 Mediciones con el software G-NeTrack.....	38
Figura 3.3 Toma de datos dentro del Campus UPAO - Trujillo	39
Figura 3.4 Mapa de Pruebas realizadas en el Campus UPAO - Trujillo.....	40
Figura 3.5 Porcentaje de muestras por Site.....	41
Figura 3.6 Muestras de los Sites con baja incidencia en el Campus UPAO.....	41
Figura 3.7 Estructura de un Nodo B del operador Móvil.....	44
Figura 3.8 Tarjetas que confoman la BBU	45
Figura 3.9 Tarjetas FAN de BBU	46
Figura 3.10 Tarjetas UMPT.....	47
Figura 3.11 Tarjeta WBBP.....	48
Figura 3.12 Tarjeta UPEU	49
Figura 3.13 Tarjeta UPEU	49
Figura 3.14 Presentación Cables Coaxiales Heliax Andrew.....	51
Figura 3.15 Antena sectorial Argus CVVPX308.10R3.....	53

Figura 3.16 Patrón de radiación de la antena sectorial Argus.....	56
Figura 3.17 Simulación de la cobertura actual de un operador en el Campus UPAO.....	57
Figura 3.18 Estimación de la cobertura actual	58
Figura 3.19 Ubicación del nuevo Nodo B.....	59
Figura 3.20 Simulación del Nodo B dentro del Campus UPAO	60

CAPÍTULO IV : RESULTADOS

Figura 4.1 Niveles de Recepción al incluir el nuevo Nodo B dentro del campus UPAO...	62
Figura 4.2 Gráfico comparativo de los niveles de recepción antes y después de incorporar el Nodo B	65
Figura 4.3 Cuantificación de las muestras por Site antes y después de incorporar el Nodo B en el Campus UPAO	66

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO III : MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS

Tabla3.1	Parámetros de Identificación de los Nodos B.....	42
Tabla 3.2	Resumen de parámetros de los Nodos B	43
Tabla 3.3	Puertos en la Tarjeta UMPT	47
Tabla 3.4	Tipos WBBP de acuerdo a la cantidad de CE	48
Tabla 3.5	Características Técnicas Feeder LDF2-50.....	52
Tabla 3.6	Características Técnicas de la antena Argus CVVPX308.10R3	55
Tabla 3.7	Resumen de parámetros del nuevo Nodo B.....	60

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Tabla 4.1	Niveles de recepción antes y después de incorporar el nuevo Nodo B	63
-----------	--	----

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

I. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

Según el portal educativo de La Universidad Privada Antenor Orrego (2015), ésta fue creada el 26 de julio de 1988 por la ley N° 24879 del Congreso de la República tomando el nombre del ilustre intelectual peruano Don Antenor Orrego Espinoza, en la figura 1.1 se observa la distribución arquitectónica de los pabellones existentes y proyectados.



Figura 1.1: Campus-Upao Trujillo
Fuente: Portal UPAO (2015)

Inicia su labor académica con las carreras profesionales de Ingeniería Civil, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Agrónoma, Ingeniería de Computación y Sistemas y Arquitectura; dos años más tarde, se amplía con las carreras de Obstetricia, Educación Inicial, Derecho y Ciencias de la Comunicación.

Actualmente la UPAO ofrece 23 carreras profesionales, distribuidas en 9 facultades:

- Facultad de Ingeniería: Computación y Sistemas, Civil, Industrial, Electrónica, Software y Telecomunicaciones

- Facultad de Ciencias Agrarias: Industrias Alimentarias, Medicina Veterinaria y Agronomía
- Facultad de Arquitectura Urbanismo y Artes: Arquitectura
- Facultad de Ciencias de la Comunicación: Ciencias de la Comunicación
- Facultad de Educación y Humanidades: Educación Inicial y Educación Primaria
- Facultad de Derecho y Ciencias Políticas: Derecho
- Facultad de Medicina Humana: Medicina Humana, Psicología y Estomatología
- Facultad de Ciencias de la Salud: Enfermería y Obstetricia
- Facultad de Ciencias Económicas: Contabilidad, Administración y Economía y Finanzas

En entrevista realizada al representante de la oficina de admisión Ing. Luis Iparraguirre Vásquez, se observa que debido a la apertura de nuevas carreras y el desarrollo en la infraestructura en el campus UPAO (ver figura 1), se ha incrementado significativamente el número de estudiantes en los últimos cinco años.

En entrevista realizada al Ing. José Boracino, representante del área de Ingeniería de HB Sadelec (Cooperador del Operador Móvil) indica que el Campus-UPAO se ha incrementado la demanda de servicios móviles 3G en el área; lo cual conlleva a que esta zona se convierta en un sector de interés crítico para los operadores móviles de Trujillo.

De acuerdo a una entrevista realizada al Project Manager de la Contratista HB Sadelec (Cooperador del Operador Móvil) Ing. José Boracino, indica que el crecimiento de usuarios en el Campus-UPAO llega por momentos al tope máximo de la capacidad 3G de los operadores, siendo la tecnología 3G la más empleada entre los usuarios locales. Las quejas más comunes son problemas tales como retardos, caídas o imposibilidad de realizar llamadas, baja velocidad de carga y descarga de datos, lo cual se agudiza a nivel indoor.

1.1.1. Delimitación:

Por lo expuesto, la presente investigación se delimita a la problemática de los niveles de recepción del acceso RAN 3G de un operador móvil en el campus-UPAO Trujillo.

1.1.2. Características de la Realidad

- a. Zonas del campus-UPAO con niveles de señal 3G deficientes.
- b. Considerable número de intento de llamadas fallidas.
- c. Zonas de Campus-UPAO con baja velocidad de descarga 3G.

1.1.3. Análisis de las Características

Con la finalidad de verificar la problemática y la calidad de servicio de voz y datos 3G de un operador en el campus-UPAO Trujillo se realizaron pruebas de llamadas, conexión de datos y señal recibida en diferentes días y horas en las fechas del 14 de septiembre del 2015 al 19 de septiembre del 2015. Para ello se empleó un teléfono 3G común de usuario con herramientas de uso libre para las pruebas requeridas. Los resultados de las observaciones se describen a continuación.

a. Zonas del campus-UPAO con niveles de señal 3G deficientes :

Para la medición de los niveles de Rxlev se utilizó la aplicación celular G-NeTrack (ver figura A1.1). De los resultados obtenidos se pudo observar que aproximadamente el 70% está por debajo de -70dBm, resultado que no es óptimo para establecer comunicación. Existen áreas donde el nivel está por debajo de -90dBm con lo cual es poco probable establecer comunicación.

b. Considerable número de intentos de llamadas fallidos:

Para los test de llamadas se encontró que no hubo problemas a nivel outdoor mientras que a nivel indoor se observó que el 90% de las llamadas realizadas presentaban retrasos en el ingreso de las llamadas e

incluso llamadas fallidas (Ver figura A1.2). Lo cual es un indicador de problemas de cobertura a nivel indoor.

c. Zonas de Campus-UPAO con baja velocidad de descarga 3G :

Para el test de acceso a datos se realizó mediciones utilizando la aplicación celular Speedtest; obteniendo como resultado velocidades de descargas entre 1.03 a 3.63 Mbps lo cual se aprecia en la figura A2.1. Lo cual indica que el download es muy lento en comparación a lo que debería abastecer un nodo b bien dimensionado.

1.1.4. Formulación del Problema

¿De qué manera se puede mejorar los niveles de recepción del acceso RAN 3G de un operador móvil en el campus-UPAO Trujillo?

1.1.5. Alcance

El presente trabajo de investigación comprenderá el estudio a nivel de radiofrecuencia de la posible mejora en los niveles de recepción del acceso RAN 3G que podría introducir la inclusión de un nodo 3G dentro del Campus-UPAO Trujillo, para un operador móvil local. No se considerarán análisis de costos y retorno de inversión puesto que estos datos se considerarán de carácter confidencial por parte de los operadores.

1.1.6. Justificación de la Investigación

a. Justificación Académica :

El proyecto se justifica académicamente porque va dirigido a la aplicación de conocimientos adquiridos por los investigadores durante su formación de pregrado hacia la solución de un problema de cobertura 3G real.

b. Justificación social:

El proyecto se justifica socialmente porque va dirigido a la mejora de un servicio público lo cual contribuye a mejorar el acceso a información y

calidad de vida de los usuarios, en especial de los estudiantes de la Universidad Privada Antenor Orrego.

1.1.7. Aportes

Entre los aportes más resaltantes de este trabajo se pueden considerar:

- Una metodología de trabajo para llevar a cabo un diagnóstico en cuanto a calidad de servicio de voz y datos, así como cobertura de señal para operador local de la ciudad de Trujillo, mediante el uso de herramientas libres para Smartphones.
- Una metodología de diseño para el dimensionamiento del nodo 3G propuesto para el Campus-UPAO Trujillo.
- Una comparativa entre las mediciones realizadas y la posible mejora proyectada mediante técnicas de simulación de cobertura móvil.

1.1.8. Hipótesis

La incorporación de un Nodo B dentro del campus UPAO - Trujillo permite la mejora de los niveles de recepción del acceso RAN 3G de un operador móvil.

1.1.9. Variables

Variable Independiente

- Nodo B en interior del Campus UPAO - Trujillo.

Variable Dependiente:

- Niveles de recepción del acceso RAN 3G de un operador en el Campus UPAO – Trujillo.

1.2. OBJETIVOS

a. Objetivo General

- Realizar un estudio de la mejora en los niveles de recepción del acceso RAN 3G de un operador móvil al agregar un Nodo B dentro del campus UPAO - Trujillo.

b. Objetivos Específicos

- Describir los parámetros técnicos más importantes de un Nodo B para la determinación de su cobertura 3G.
- Estimar mediante simulación los niveles de recepción del acceso RAN 3G actual de un operador móvil en el campus UPAO - Trujillo.
- Estimar mediante simulación los niveles de recepción del acceso RAN 3G de un operador móvil al agregar un Nodo B en el interior del campus UPAO - Trujillo.
- Comparar los niveles estimados mediante simulación antes y después de la agregación del Nodo B en el interior del campus UPAO - Trujillo.

CAPÍTULO II:

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES

Para sustentar este proyecto de investigación se ha tomado como antecedentes diversos estudios relacionados con la aplicación de la tecnología 3G.

a. “Diseño e implementación de una red RF indoor en el Hospital de Emergencias Pediátricas para mejora de cobertura”

Tesis para optar el Título de Ingeniero de las Telecomunicaciones

Autor: Vera Tudela, Aldo Duarte

Fuente: Pontificia Universidad Católica del Perú

Ubicación: Universidad Católica del Perú, Lima - Perú

Año: 2013

Entre los aportes más importantes del trabajo se pueden mencionar los procedimientos y drive test realizados para determinar los niveles de recepción a nivel indoor.

b. “Diseño de Estación Celular para la localidad de Laredo – Trujillo – La Libertad”

Tesis para optar el Título de Ingeniero Electrónico

Autor: Guerra Amaya, José Rafael

Fuente: Pontificia Universidad Católica del Perú

Ubicación: Universidad Católica del Perú, Lima - Perú

Año: 2006

Entre los aportes más importantes del trabajo está los criterios de selección del equipamiento más apropiado para dar cobertura de telefonía móvil celular a la localidad de Laredo.

2.2. FUNDAMENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Tercera Generación (3G)

Según el autor Korhonen J. (2003), la tercera generación permite transmisión y datos a través de telefonía móvil mediante UMTS (Servicio Universal de Telefonía Móvil) el cual está basado en uno de los estándares de UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) establecido en la IMT-2000.

La tercera generación proporciona nuevos servicios que nos permiten transferir tanto voz y datos así como también transmitir solo datos como por ejemplo descarga de programas, poder enviar y recibir correos electrónicos, poder acceder a servicios de mensajería instantánea (WhatsApp, BlackBerry Messenger, Skype, etc.), además de esto brinda mejoras en lo que es diferentes formas de tarifación, mejora la calidad de servicio, entre otros.

Descripción de UMTS – 3G

Korhonen J. (2003) señala que esta tecnología modifica la forma de acceso múltiple ya que cambia de TDMA, utilizado por GSM, por WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access), la cual se eligió puesto que el utilizar códigos para el acceso múltiple permite mayor cantidad de accesos simultáneos que usando divisiones de tiempo en un pedazo de espectro que solo permitía 8 accesos por portadora.

En UMTS cada portadora WCDMA tiene un ancho de banda de 5 MHz, lo cual fue elegido porque esto le permitía alcanzar velocidades de transmisión desde los 384 Kbps hasta los 2 Mbps dependiendo de las condiciones climáticas. Esta fue la meta inicial de UMTS por lo tanto la primera versión de UMTS (Release 99) tuvo esta velocidad en su estándar.

En la Figura 2.1 se puede apreciar como es que UMTS ha evolucionado desde su aparición. Cada release mejoró algún aspecto en la arquitectura de UMTS y cada una con sus respectivas prestaciones.

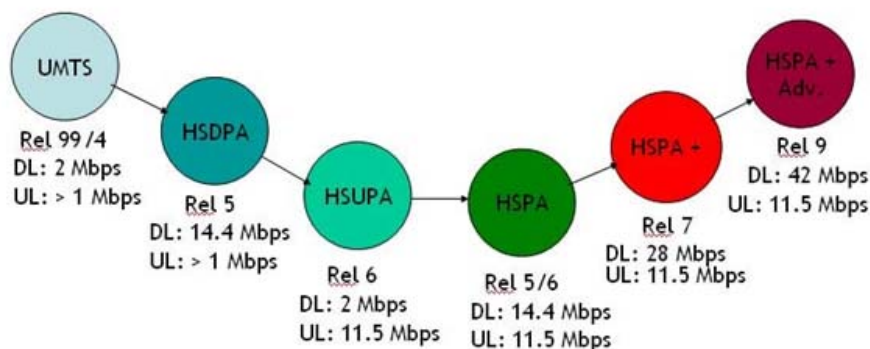


Figura 2.1: Evolución UMTS
Fuente: Korhonen J. (2003)

Arquitectura de Red:

Existen dos ámbitos que interactúan en la red UMTS, uno es la infraestructura de dominio que consiste en el núcleo de la red Core Network (NC) y el segundo es la red de acceso (UTRAN).

Según Kaaranen H. (2008) la red de acceso (UTRAN) está conformada por un punto de acceso llamado Nodo B y el RNC los cuales en conjunto proveen el método de acceso ya sea por dominio de paquetes o dominio de circuitos. Su relación es parecida a la existente en GSM entre la BTS y el BSC. Después de la RNC la información puede tomar dos caminos distintos dependiendo de si se requiere enviar voz o datos. A esta división en conjunto, es decir, que tanto la etapa de voz y el dominio de paquetes conforman el núcleo de la red (NC). En la Figura 2.2 se muestra la arquitectura de red de UMTS.

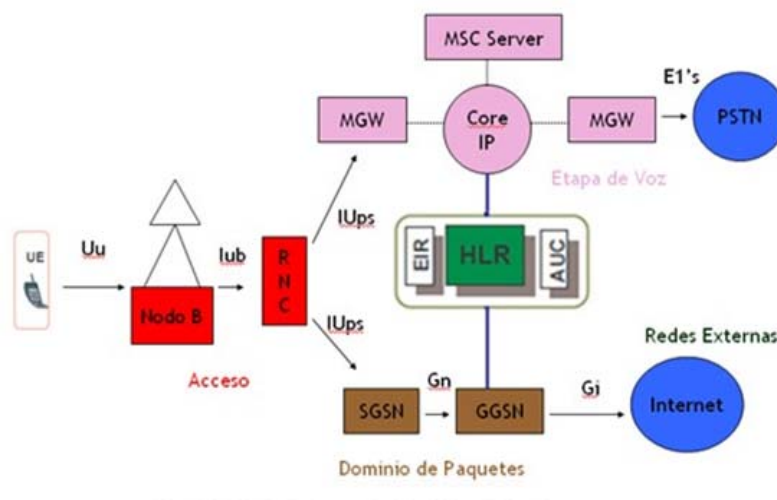


Figura 2.2: Red UMTS
Fuente: Kaaranen H. (2008)

Se puede notar que la información puede ir a la etapa de voz en donde lo novedoso es que es una etapa IP lo cual no existía en GSM, esto permite mejores transmisiones, facilitar la tarea de conmutación y también el control de la movilidad a través del MSC Server.

Interfase de Aire:

Desde la aparición de UMTS las velocidades de transmisión han sufrido cambios dramáticos y vertiginosos. Según Jhon W. (2006) estos cambios se han debido no por un cambio significativo de arquitectura de red sino por mejoras en la interfase de aire entre el móvil y el nodo B.

La

tecnología HSPA+ cambia la modulación usada en el downlink a 64QAM lo cual aumenta las tasas de transmisión considerablemente pero necesita una SNR considerablemente alta para una correcta demodulación. También se introduce la transmisión y recepción discontinua en donde si el nodo B no envía información significativa del sistema el receptor del móvil paga su recepción y así también el transmisor se apaga cuando no se tenga que enviar información. Esto ayuda a ahorrar energía en la batería del móvil y reduce la interferencia en ambos canales aumentando la capacidad del medio. Con estas mejoras la velocidad de transmisión pueden alcanzar picos de 28 Mbps..

En UMTS los canales lógicos son los que engloban la información dependiendo de su finalidad, esto es, si son de control de tráfico, y, a su vez, si son de tráfico se separan en que si es tráfico de voz o tráfico de datos. Los canales de transporte se usan para proteger al canal lógico mientras se transmiten y el canal físico es el espacio físico por donde el canal de transporte va a ir hasta llegar a su destino. Tal y como aprecia en la Figura 2.3.

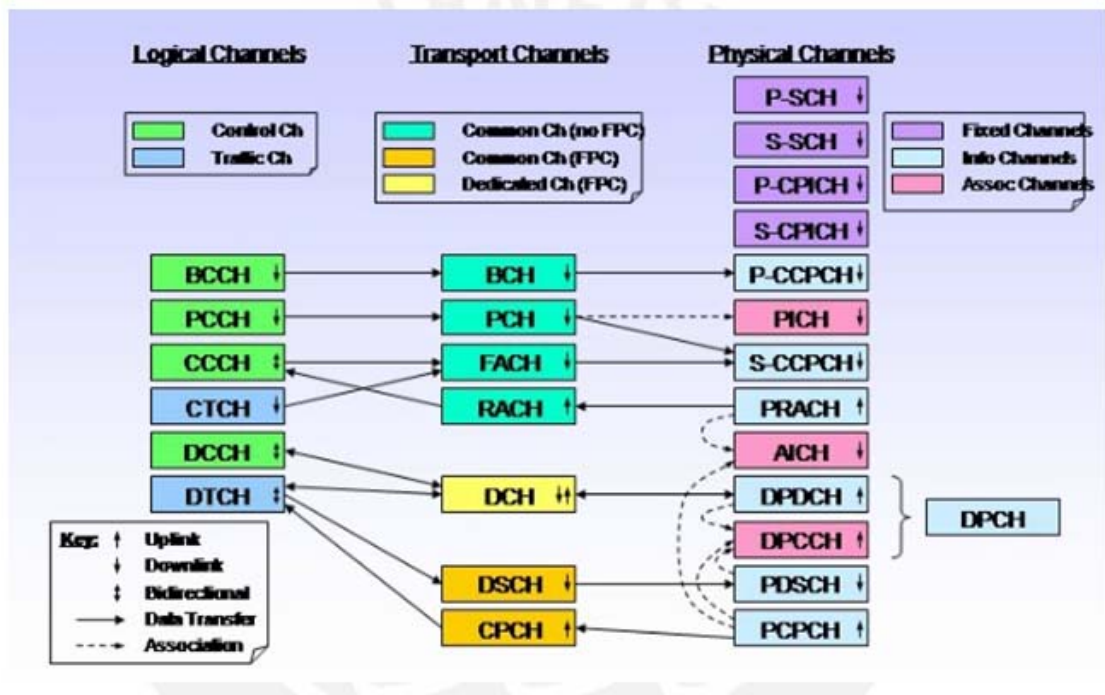


Figura 2.3: Canalización UMTS
Fuente: Sikka R. (2004)

Planificación y Optimización de Acceso de Radio

Según el manual de “Optimization: Parameter Planning and Networks Optimization” de Nokia Networks Oy, (2003) al momento de desplegarse una red de telefonía móvil hay dos factores que son fundamentales, los cuales son la planificación y la optimización. En todo proyecto donde se requiera acceso de radio éstos dos puntos son vitales para el buen desempeño futuro y el cumplimiento de los objetivos de lo que se espera implementar. Es por esto que se detallará puntualmente lo más resaltante de estos dos conceptos:

▪ Planificación de Acceso radio y Optimización de Acceso radio:

Nokia Networks Oy, (2003) señala que la planificación de una red móvil es el primer paso antes que ésta pueda ser desplegada. En esta etapa se definen los componentes a utilizar, la forma en que se instalarán, y cuáles serán los niveles de los parámetros de radio. Esto es decidido teniendo en cuenta factores técnicos para el correcto funcionamiento de la red, factores geográficos y climáticos puesto que cada red tendrá un contexto

distinto, y la limitante económica ya que el costo siempre es un factor a tomar en cuenta cuando se planifica.

Por otro lado, la optimización significa el modificar algo que ya está desplegado o realizar cambios sobre un proceso que se esté llevando a cabo con el fin de mejorar el desempeño o ampliar sus prestaciones. Es muy común en la red de telecomunicaciones la optimización periódica debido al continuo avance de la tecnología y lo cambiante de las demandas del mercado que impulsan la constante mejora de equipos e incremento de capacidades.

Indicadores de Red UMTS

Para la planificación de soluciones de acceso de radio existe un gran número de parámetros que se utilizan para medir la calidad de la cobertura y de la comunicación cuando una llamada está desarrollándose.

Holma & Toskala, (2006); señalan que para analizar una red UMTS por lo menos se tienen que considerar los siguientes parámetros:

- **RSCP** (Receive Signal Code Power) que es la potencia que mide el receptor del teléfono móvil proveniente del CPICH, la cual es constante y nos da una gran idea de cómo es la cobertura de la red en el área en que se está.
- **E_c/N_0** es la energía por chip sobre el total de la densidad espectral de potencia. Esto no permite cuantificar el nivel de interferencia en el medio.
- **PSC (Primary Scrambling Code)** mide el SC, que es el código de acceso múltiple en WCDMA, que domina en un punto y sirve para identificar el origen de la celda que da cobertura. Muchos PSC en una pequeña área incrementan la probabilidad de que se caiga una llamada.
- **CQI (Channel Quality Indicator)** es un indicador provisto por una conexión remota, generalmente por el nodo B, que da información acerca de la calidad del canal que se mide.

- **TXPower** que mide la potencia de transmisión del UE al momento de que se está llevando a cabo una llamada.
- **Throughput** que mide la velocidad de descarga de datos efectiva que se alcanza en una sesión en UMTS.

Drive Testing

Apolo J. (2012), define el Drive Test como una técnica muy utilizada para verificar la calidad del servicio de telefonía celular; la cual consiste en una prueba de calidad de una red móvil, esta prueba se realiza mediante un software instalado en una computadora que se dedica a analizar los datos que recibe de un GPS y un teléfono celular en modo de ingeniería, que se encarga de recoger los datos más relevantes de los canales y los eventos generados por la red. Estas mediciones se realizan utilizando un vehículo para recorrer una determinada zona.

En general, las pruebas de Drive Test son realizadas para optimizar la cobertura de una red móvil. Así, se pueden resolver problemas reportados por los usuarios debido a caídas de llamadas en curso o en una zona determinada o mejorar la calidad de señal cumpliendo con las normas técnicas y de salud especificadas por los debidos entes regulatorios.

Para realizar las pruebas de Drive Test, se utiliza un equipamiento como se muestra en la figura 5 que conste de:

- Un computador portátil con el software para Drive Test
- Fuente de alimentación portátil para automóvil
- Un módulo receptor GPS que proporciona la posición
- Un vehículo
- Dos terminales móviles: uno en modo ingeniería (field test) y otro en modo normal



Figura 2.4: Equipos que suelen ser utilizados en DriveTest
Fuente: <http://telefonicamoviles.gio.etsit.upm.es>

Tipos de Drive Test

La calidad de una red celular, es determinada por el grado de satisfacción del usuario de la red. Para determinar los distintos parámetros de la red, se hace uso de las siguientes tres clases de DriveTest:

- **Scanning:**

Según Apolo J, (2012) el scanning es el Drive Test más simple y consiste en la medición del nivel de potencia de las portadoras que atienden una región. Este tipo de medición se utiliza para determinar las zonas donde se presenta interferencia co-canal e interferencia de canal adyacente. El Scanning se puede desarrollar a cualquier hora del día, ya que no afecta el tráfico generado por los usuarios en la zona.

- **Benchmarking:**

Apolo J, (2012) señala que este tipo de medición es muy usado por los operadores, consiste en comparar el desempeño de la red celular de un operador con sus competidores. Para realizar este tipo de medición se requiere un equipo, que cuenta con un terminal para cada operador, estos se deben encontrar en igualdad de condiciones, por lo general se ubican en la parte posterior del vehículo. Los terminales son controlados por un

dispositivo que genera llamadas automáticamente hacia unas líneas fijas, las cuales están conectadas a un terminal que responde automáticamente, y envía una grabación de voz la cual, es analizada y calificada por el dispositivo; los datos son almacenados en la unidad del disco duro.

- **Drive Test Simple:**

Según Apolo J, (2012) el Drive Test simple consiste en la verificación de los indicadores de desempeño de la red celular. También se requiere de un teléfono móvil que genere llamadas automáticamente a otro destino, por lo general una línea fija, para que los valores capturados no se vean afectados por un mal desempeño de la región de la red donde, se encuentra el destinatario.

CAPÍTULO III: MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. Población y Muestra

La población está constituida por todas las observaciones que pueden realizarse como parte de un procedimiento de simulación con la herramienta de software radiomobile, cuantificándose un total de 60 puntos de observación del nivel de potencia de recepción, con la configuración actual y propuesta para el campus UPAO. Estos 60 puntos de observación constituyen nuestra población y muestra.

3.1.2. Unidad de Análisis

Variación de los niveles de recepción acceso RAN 3G para un operador móvil dentro de la cobertura outdoor del campus UPAO – Trujillo.

3.2. METODOLOGÍA

La metodología empleada en el presente proyecto de tesis será por medio del método inductivo. Se tomarán datos de campo para realizar una evaluación de los niveles de potencia 3G de un operador en el campus UPAO - Trujillo y se obtendrán Tablas, Planos y Mapas que permitirán evaluar la posible mejora en los niveles de recepción del acceso RAN 3G.

3.2.1. Diseño de la Investigación

Para la metodología, se empleará la siguiente estructura:



O : Datos obtenidos de la simulación de los niveles de potencia de recepción del acceso RAN 3G actuales de un operador móvil en el campus UPAO - Trujillo.

X : Simulación de la presencia de un Nodo B en el interior del campus UPAO Trujillo mediante algoritmo Longley Rice.

- R : Datos obtenidos de los niveles de recepción del acceso RAN 3G de un operador móvil en el interior del campus UPAO - Trujillo mediante la simulación de un nodo B.

3.2.2. Variables de Estudio y Operacionalización

a. Variable Independiente

- Nodo B en interior del Campus UPAO - Trujillo.

Definición conceptual

Un Nodo B es la estación base que se encarga de la conectividad vía radio entre el abonado y la red. Se encarga de dar la calidad que requieren los distintos servicios, control de carga y sobrecarga de datos, da los tiempos y capacidades a cada uno de los usuarios.

Definición Operacional

De acuerdo a la ubicación dentro del campus UPAO - Trujillo y los parámetros de potencia, el Nodo B se encarga de llevar las señales hacia el sistema radiante con lo cual se obtiene determinados niveles de recepción en los clientes.

b. Variable Dependiente:

- Niveles de recepción del acceso RAN 3G de un operador en el Campus UPAO - Trujillo

Definición conceptual:

Son las potencias que mide el receptor del teléfono móvil en el interior del campus UPAO - Trujillo.

Definición Operacional:

De acuerdo a la señal recibida desde el Nodo B se obtendrán diversos niveles de potencia en exteriores, los cuales dependerán del uso de canales de tráfico.

a. Variable Independiente.

Tabla 3.1 Operacionalización de la Variable Independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	UNIDADES MEDIDA	INSTRUMENTO
Nodo B en el interior Campus UPAO - Trujillo.	Coordenada de ubicación	Grados de Latitud y Longitud	Mapas de Ubicación Google Earth
	Potencia de Transmisión	dBm	Hoja de especificaciones Técnicas
	Umbral de Recepción	dBm	
	Pérdidas Internas	dB	Reporte de Cálculos
	Sectorización	Numero de sectores	Plano de Distribución
	Ganancia de antenas	dBi	Hoja de especificaciones Técnicas
	Apertura de antenas	Grados de Apertura	
	Azimut de antenas	Grados de Azimut	Plano de Distribución
	Elevación de antenas	Grados DownTilt	Plano de Distribución
	Altura de sistema Radiante	Metros	Plano de Distribución
	ChannelElements	Número de Channelements	Hoja de especificaciones Técnicas

Fuente: Elaboración Propia

b. Variable Dependiente.

Tabla 3.2 Operacionalización de la Variable Dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES	UNIDADES MEDIDA	INSTRUMENTO
Niveles de recepción del acceso RAN 3G	Nivel RSCP Outdoor modo tráfico	dBm	Reporte de Simulación

Fuente: Elaboración Propia

3.2.3. Instrumentos de Recolección de Datos

a. Planos de Ubicación de Nodos B de un Operador alrededor Campus UPAO

En un estudio de campo realizado en el Campus UPAO se pudo recolectar información correspondiente a la ubicación de estaciones celulares en los alrededores del Campus UPAO - Trujillo, tal como se muestra en la siguiente Figura N° 3.1.

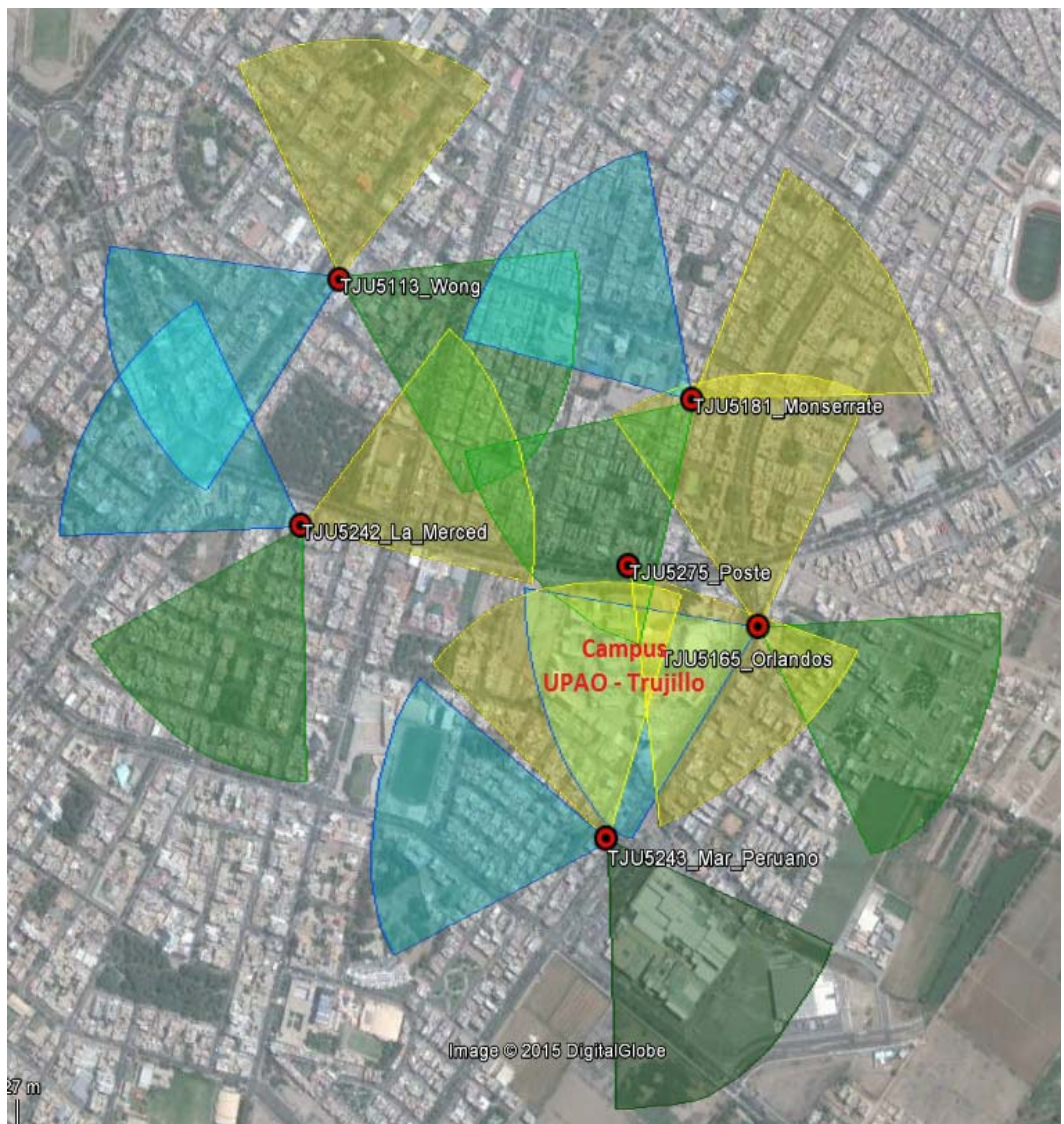


Figura N° 3.1. Plano de Ubicación de Nodos B de un operador alrededor Campus UPAO

Fuente: Centro de Operación y Mantenimiento del operador (2015)

Como se aprecia en la Figura N° 3.1. Existen seis estaciones ubicados en los alrededores del Campus UPAO – Trujillo que brindan cobertura de acceso 3G como son: Wong, La Merced, Monserrate, Poste, Orlandos y Mar Peruano.

b. Pruebas de Drive Test

Con la finalidad simular la cobertura actual de acceso 3G de un operador en el interior del campus UPAO – Trujillo con el software RadioMobile , se realizó una toma de muestras de los niveles de recepción que servirán para calibrar el RadioMobile; permitiendo que la simulación de la cobertura actual se acerquen a los valores reales.

Para la toma de muestras se utilizó el software libre G-NeTrack; como se muestra en la figura 3.2 este software permite registrar el RSCP, CELLID, la tecnología y su ubicación, los cuales son los datos más relevantes para nuestra toma de muestras. Cabe aclarar que la toma de mediciones se realizó a nivel outdoor debido a la pérdida de precisión del software en ambientes cerrados.

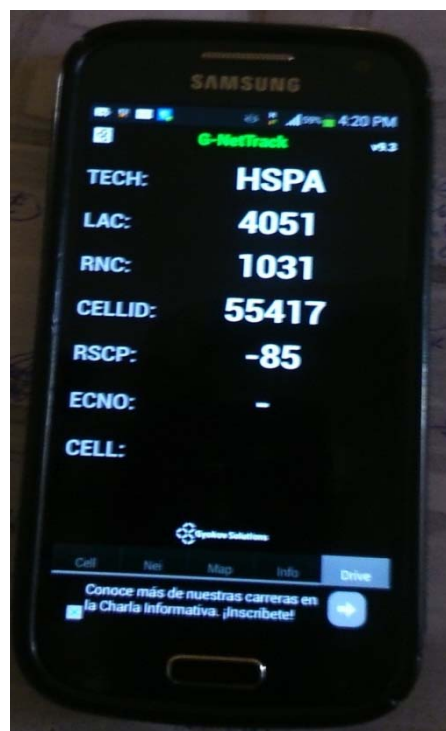


Figura 3.2: Mediciones con el software G-NeTrack

Fuente: Elaboración Propia

Para la toma de mediciones se realizó un desplazamiento por las distintas instalaciones del campus UPAO – Trujillo, con la finalidad de obtener un área que sea lo más representativa de la cobertura actual. En la figura 3.3 se aprecia la toma de datos realizados en los exteriores de la Biblioteca UPAO.



Figura 3.3: Toma de datos de las mediciones dentro del Campus UPAO-Trujillo.
Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N° 3.4 se aprecia el recorrido realizado para la medición de los niveles de recepción en el interior del Campus UPAO – Trujillo. En la imagen se aprecia que las zonas con más bajo nivel de recepción, los cuales están identificados con puntos amarillos, naranjas y rojos; se encuentran en la parte Sur y Suroeste del Campus UPAO.



Figura N° 3.4: Pruebas realizadas en el Campus UPAO Trujillo
Fuente: Elaboración Propia

En la figura N° 3.5 se puede apreciar que los sites: Orlandos, Poste y Mar Peruano representan la mayoría de mediciones tomadas del Campus UPAO – Trujillo obteniendo porcentajes de 40%,31% y 22% respectivamente. Mientras que las mediciones de los sites: Wong, La Merced y Monserrate solo ocupan el 1%, 3% y 3% respectivamente.

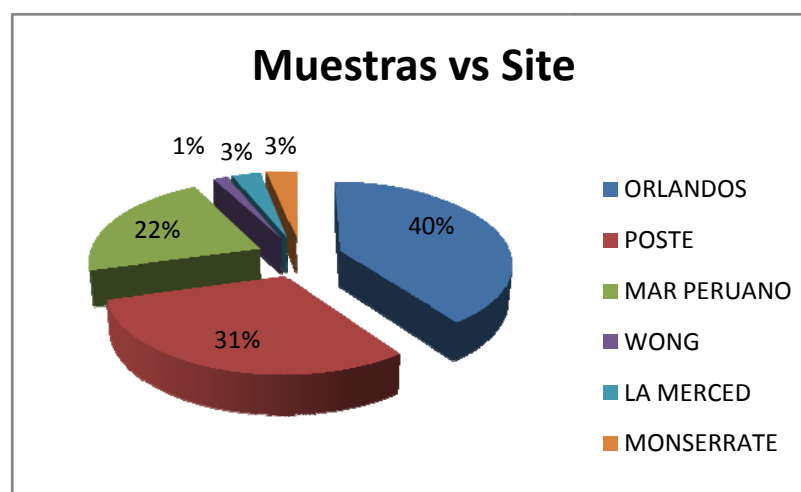


Figura N° 3.5: Porcentaje de muestras por site
Fuente: Elaboración Propia

En la figura N° 3.6 se puede apreciar las cinco muestras que pertenecen a los sites Wong, La Merced y Monserrate los cuales tienen una baja incidencia en el campus UPAO – Trujillo.



Figura N° 3.6. : Muestras de los Sites con baja incidencia en el campus UPAO Trujillo
Fuente: Elaboración propia

c. Parámetros de Identificación de Nodos B

En la Tabla N° 3.1. se aprecia los seis sites con sus respectivos CELLID, Sectores y Carriers; estos datos nos permitirán identificar a que sector del nodo B se engancha cada una de las mediciones realizadas con la herramienta G-NeTrack..

Tabla N° 3.1: Parámetros de Identificación de los Nodos B

Sites	CARRIER	SECTOR	CELLID	CARRIER	SECTOR	CELLID
<i>WONG</i>	1	1	51135	2	1	41055
	1	2	51136	2	2	41056
	1	3	51137	2	3	41057
<i>MONSERRATE</i>	1	1	51815	2	1	49415
	1	2	51816	2	2	49416
	1	3	51817	2	3	49417
<i>POSTE</i>	1	1	52755	2	1	51985
	1	2	52756	2	2	51986
	1	3	52757	2	3	51987
<i>LA MERCED</i>	1	1	52425	2	1	53225
	1	2	52426	2	2	53226
	1	3	52427	2	3	53227
<i>ORLANDOS</i>	1	1	51655	2	1	55415
	1	2	51656	2	2	55416
	1	3	51657	2	3	55417
<i>MAR PERUANO</i>	1	1	52438	2	1	52748
	1	2	52439	2	2	52749
	1	3	52430	2	3	52740

Fuente: Centro de Operación y Mantenimiento del operador (2015)

En la Tabla N° 3.2 se muestra un resumen de los parámetros de los Sites, los cuales son de gran importancia para la simulación en RadioMobile.

Tabla N° 3.2: Resumen de parámetros de los Nodos B

SiteOrlandos			
Latitud	-8.12756		
Longitud	-79.03019		
Altura Antena	21 m		
Sectores	S1	S2	S3
Azimuth	0°	125°	250°
Tilt	7°	6°	5°

Site Poste	
Latitud	-8.12655
Longitud	-79.0321
Altura Antena	15 m
Sectores	S1
Azimuth	145°
Tilt	4°

Site Mar Peruano			
Latitud	-8.13033		
Longitud	-79.03275		
Altura Antena	18 m		
Sectores	S1	S2	S3
Azimuth	350°	150°	280°
Tilt	5°	6°	5°

Fuente: Elaboración propia

d. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS NODOSB DEL OPERADOR MOVIL.

Los NodosB del Operador móvil, emplean equipamiento Huawei, los cuales actualmente tiene la posibilidad de albergar 3 tecnologías (2G/3G/4G) utilizando el mismo equipamiento. Para nuestro caso de estudio, se detallará la estructura de un NodoB estándar, el cual está constituido por una BBU (Unidad de Banda Base), 3 RRU (Unidad de radio remota) y la sección radiante, la cual se encuentra conformada por antenas sectoriales, típicamente irradiando sobre 03 sectores con un haz de apertura de 65°. Ver figura 3.7

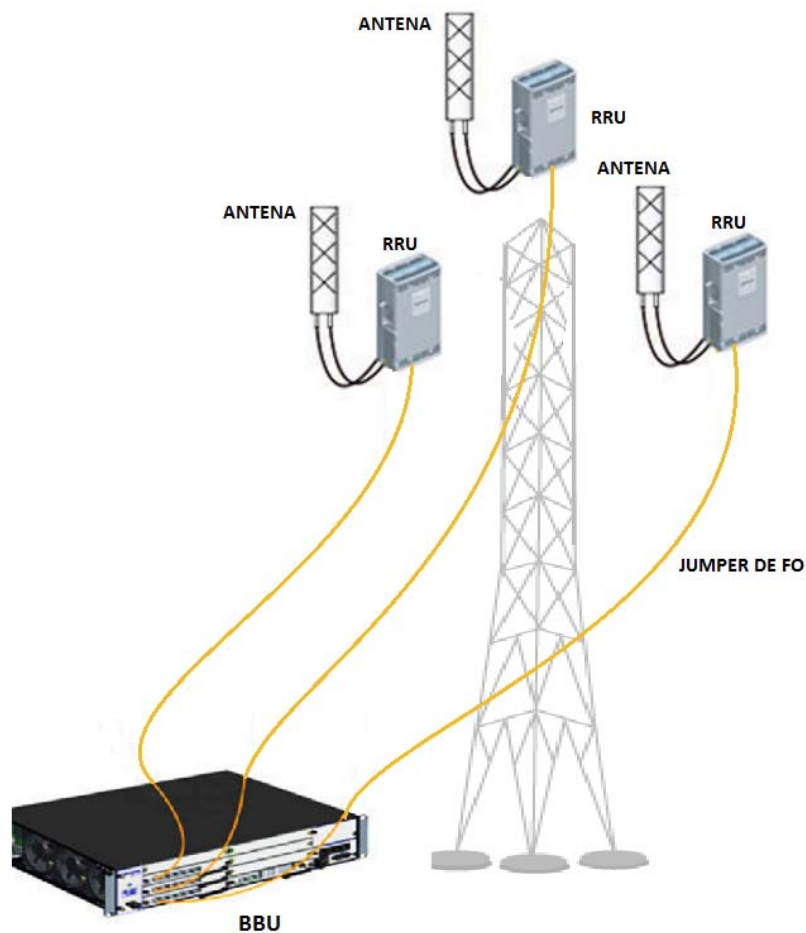


Figura 3.7: Estructura de un NodoB del Operador Movil
Fuente: Data Sheet Equipamiento Huawei

Características de la BBU.

La BBU como una unidad de control de banda de base, cuenta con las siguientes características:

- Administra de forma centralizada toda la estación base, incluyendo la operación y mantenimiento, señalización de procesamiento, y el reloj del sistema.
- Procesa el uplink y downlink de la banda base.
- Cuenta con puertos físicos, que se utilizan para conectar el NodoB con la Red del operador móvil (RNC)
- Cuenta con Puertos CPRI que nos permiten realizar la conexión con las RRUs.
- Cuenta con puerto USB para la descarga del software hacia el NodoB.

La BBU esta conformada a su vez por una serie de tarjetas, tal como se muestra en la siguiente figura:

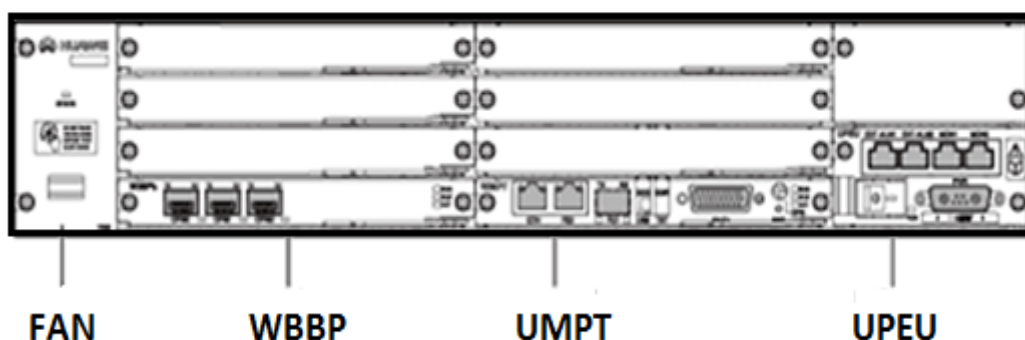


Figura 3.8: Tarjetas que conforman la BBU

Fuente:Data Sheet Equipamiento Huawei

Descripción de las tarjetas que conforman la BBU.

FAN.

Es la unidad de ventilación de la BBU y cuenta con las siguientes funciones:

- Disipar el calor de la BBU.
- Controlar la temperatura de entrada.
- Controla la velocidad de rotación de los ventiladores.
- Informa el estado de los ventiladores a la UMPT.

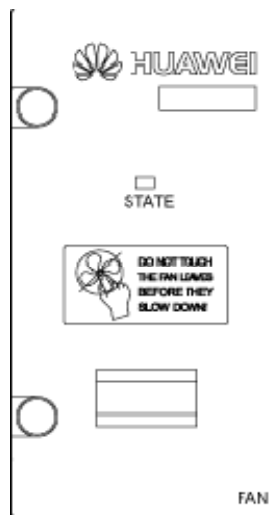


Figura 3.9: Tarjeta FAN de BBU.

Fuente: Fuente: Data Sheet Equipamiento Huawei

UMPT (Unidad de Procesamiento y Transmisión Principal)

Es la tarjeta controladora del NodoB, en la cual se encuentran los puertos de TX hacia la Red del Operador Móvil, se detalla sus principales características:

- Realiza funciones OM, incluida la gestión de configuración, gestión de equipos,
- Supervisión del rendimiento, el procesamiento de señalización y conmutación activo / en espera.

- Proporciona referencia de reloj.
- Cuenta con puerto USB para el comisionamiento de la BBU.

En la siguiente figura se muestran sus puertos:

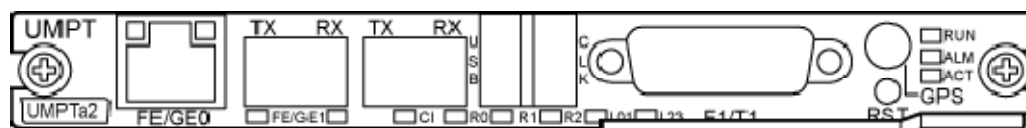


Figura 3.10: Tarjeta UMPT

Fuente: Fuente: Data Sheet Equipamiento Huawei

En la siguiente tabla se muestran sus puertos y características:

Tabla 3.3: Puertos en la tarjeta UMPT

Label	Connector	Number of Ports	Description
FE/GE0	RJ45	1	FE/GE electrical port
FE/GE1	SFP	1	FE/GE optical port
USB	USB	1	Software loading and Ethernet commissioning port 1. The security of the USB port is ensured by encryption. 2. When the USB port functions as a commissioning Ethernet port, ensure that an OM port has been opened and the user has obtained required authorities for accessing the base station through the OM port before accessing the base station through the USB port.
CLK	USB	1	Transmits Remote Global Positioning System (RGPS) or time of day (TOD) clock signals and information about serial ports
E1/T1	DB26 female	1	Transmits and receives four links of E1/T1 signals
GPS	SMA	1	GPS antenna port
S0	SFP	1	Reserved

Fuente: Fuente: Data Sheet Equipamiento Huawei

WBBP (Unidad de Proceso Banda Base WCDMA)

Esta tarjeta tiene como propósito principal actuar como una interfaz entre la BBU y las RRUs, se detalla sus principales características:

- Procesa las señales en banda base tanto en uplink como en downlink.

- Cuenta con 6 Puertos Opticos que permite conectar las RRUs a traves de Jumper de FO (CPRI0 to CPRI5)

En la siguiente figura se muestra la configuración de sus puertos:



Figura 3.11: Tarjeta WBBP

Fuente: Fuente: Data Sheet Equipamiento Huawei

Tipos de WBBP de acuerdo a la cantidad de CE

En la siguiente tabla, se detalla algunos modelos de tarjetas WBBP, las cuales varían de acuerdo a la capacidad que se requiere tener en el NodoB, tanto a nivel UL como en DL.

Tabla 3.4: Tipos de WBBP de acuerdo a la cantidad de CE.

Number	Number of Cells	UL CE Number	DL CE Number	Maximum HSDPA Traffic	Maximum HSUPA Traffic
WBBPa	3	128	256	15Mbps	6Mbps
WBBPb1	3	64	64	15Mbps	6Mbps
WBBPb2	3	128	128	15Mbps	6Mbps
WBBPb3	6	256	256	30Mbps	12Mbps
WBBPb4	6	384	384	40Mbps	12Mbps

Fuente: Fuente: Data Sheet Equipamiento Huawei

UPEU (Universal Power and Environment interface Unit)

Esta tarjeta es la encargada de suministrar la energía DC para el correcto funcionamiento de la BBU, se detalla sus principales características:

- Convierte la energía de entrada -48 Vdc a 12 Vdc.
- Proporciona una salida potencia de 360 W.

- Se pueden instalar 2 UPEU con el fin de aumentar la potencia, llegando hasta 650 W.

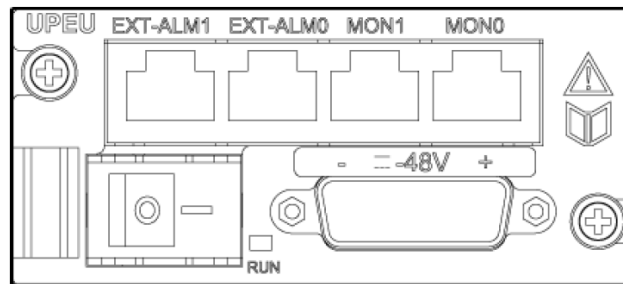


Figura 3.12: Tarjeta UPEU.

Fuente: Fuente: Data Sheet Equipamiento Huawei

Características de la RRU.

La RRU es una unidad de radio remota, una o más RRU constituyen la parte de radiofrecuencia (RF) de una estación base distribuida.

La RRU puede ser instalado en un poste, pared o soporte, también se puede instalar cerca de las antenas para acortar la longitud de alimentación, reducir la pérdida en los feeders, y mejorar la cobertura del sistema.

Proporciona funciones como: modular y demodular señales de banda base y señales de radiofrecuencia, procesamiento de datos, y detección de ondas estacionarias.

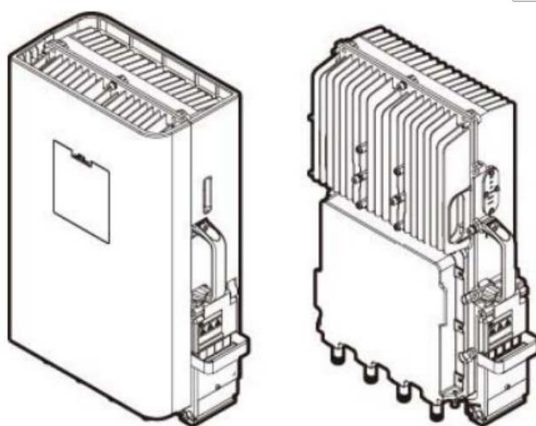


Figura 3.13: Tarjeta UPEU.

Fuente: Fuente: Data Sheet Equipamiento Huawei

La RRU cuenta con los siguientes puertos:

- 2 puertos ópticos infrarrojos, utilizados para transmitir datos, señal de reloj y la señal de sincronización.
- 2 puertos tipo N, que se utiliza para conectarse a la antena.
- 1 puerto de la fuente de alimentación, que se utiliza para conectarse a -48V DC.
- 1 puerto de monitoreo externo, que se utiliza para obtener las alarmas y señal de estado del dispositivo externo y administrar el dispositivo externo a través del puerto RS485.

Características Técnicas de Feeders coaxiales

El cable coaxial Heliac es un cable utilizado para transportar señales eléctricas de alta frecuencia que posee dos conductores concéntricos, uno central, llamado vivo, encargado de llevar la información, y uno exterior, de aspecto tubular, llamado malla, blindaje o trenza, que sirve como referencia de tierra y retorno de las corrientes. Entre ambos se encuentra una capa aislante llamada dieléctrico, de cuyas características dependerá principalmente la calidad del cable. Todo el conjunto suele estar protegido por una cubierta aislante (también denominada chaqueta exterior). El modelo utilizado en los NodosB del operador Movil cuenta con un diámetro de 3/8", el cual contiene cobre de alta pureza para una mejor conducción de las señales electrónicas y su aislamiento coaxial esta hecho de espuma plástica y de un envolvente corrugado el cual facilita la propagación de las señales en alta frecuencia. Sobre todos estos elementos se coloca una chaqueta envolvente de polietileno de alta resistencia para el soporte de tendidos en exteriores. La Figura N° 3.14 nos muestra la presentación de este elemento.

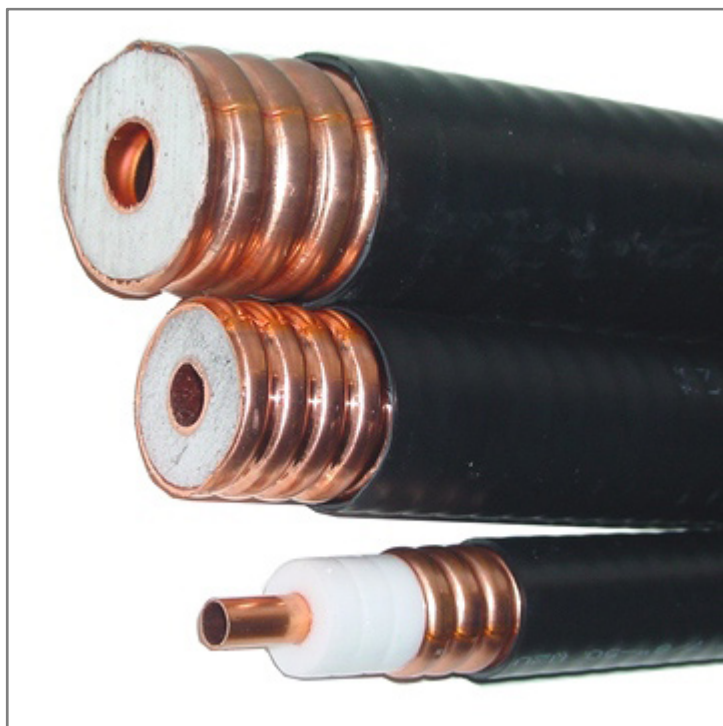


Figura N° 3.14:1 Presentación Cables Coaxiales Heliax Andrew

Fuente: Andrew Commscope (disponible en www.commscope.com/catalog/andrew. 2015).

Tabla N° 3.5:Características Técnicas Feeder LDF2-50

<div> <div>Andrew Products</div> <div> <div>HELIAX® Corrugated Coaxial Low Loss Foam Dielectric Cable</div> <div>LDF2-50 & LDF2RK-50</div> <div>Standard and Fire Retardant Jackets</div> </div> </div> <div> </div>																															
<div>Low Loss Foam Dielectric</div> <p>HELIAX® 50 Ω foam dielectric cables feature an annularly corrugated outer conductor that provides excellent shielding while offering flexibility.</p>																															
<div>Application</div> <p>LDF cables are available in sizes from 1/4" to 2-1/4" to meet application requirements for cellular and personal communications, land mobile radio, earth station antenna jumpers, equipment room and antenna jumpers, CATV, HF communications, VLF, military data links, AM and FM broadcast, terrestrial microwave, and CCTV.</p> <p>Fire Retardancy Test Method: IEC 60332-1, IEC 60332-3C-24, UL-VW1/CATVX, IEEE 383, UL-1685</p>																															
<div>Coaxial Cable</div> <table> <tr> <th>Anixter Number</th><th>Andrew Number</th><th>Description</th><th>Operating Frequency Band</th><th>Cable Weight</th><th>Diameter Over Jacket</th><th>Peak Power</th><th>Operating Temperature</th></tr> <tr> <td>LDF2-50</td><td>LDF2-50</td><td>LDF2-50, HELIAX® Low Density Foam Coaxial Cable, corrugated copper, 3/8 in, black PE jacket</td><td>1 - 13000 MHz</td><td>0.08 lb/ft 0.12 kg/m</td><td>0.440 in</td><td>15.6 kW</td><td>-55°C to +85°C (-67°F to +185°F)</td></tr> <tr> <td>LDF2RK-50</td><td>LDF2RK-50</td><td>LDF2-50, HELIAX® Low Density Foam Coaxial Cable, corrugated copper, 3/8 in, black non-halogenated, fire retardant polyolefin jacket</td><td>1 - 13000 MHz</td><td>0.08 lb/ft 0.12 kg/m</td><td>0.440 in</td><td>16.6 kW</td><td>-30°C to +80°C (-22°F to +176°F)</td></tr> </table>								Anixter Number	Andrew Number	Description	Operating Frequency Band	Cable Weight	Diameter Over Jacket	Peak Power	Operating Temperature	LDF2-50	LDF2-50	LDF2-50, HELIAX® Low Density Foam Coaxial Cable, corrugated copper, 3/8 in, black PE jacket	1 - 13000 MHz	0.08 lb/ft 0.12 kg/m	0.440 in	15.6 kW	-55°C to +85°C (-67°F to +185°F)	LDF2RK-50	LDF2RK-50	LDF2-50, HELIAX® Low Density Foam Coaxial Cable, corrugated copper, 3/8 in, black non-halogenated, fire retardant polyolefin jacket	1 - 13000 MHz	0.08 lb/ft 0.12 kg/m	0.440 in	16.6 kW	-30°C to +80°C (-22°F to +176°F)
Anixter Number	Andrew Number	Description	Operating Frequency Band	Cable Weight	Diameter Over Jacket	Peak Power	Operating Temperature																								
LDF2-50	LDF2-50	LDF2-50, HELIAX® Low Density Foam Coaxial Cable, corrugated copper, 3/8 in, black PE jacket	1 - 13000 MHz	0.08 lb/ft 0.12 kg/m	0.440 in	15.6 kW	-55°C to +85°C (-67°F to +185°F)																								
LDF2RK-50	LDF2RK-50	LDF2-50, HELIAX® Low Density Foam Coaxial Cable, corrugated copper, 3/8 in, black non-halogenated, fire retardant polyolefin jacket	1 - 13000 MHz	0.08 lb/ft 0.12 kg/m	0.440 in	16.6 kW	-30°C to +80°C (-22°F to +176°F)																								

Fuente: LDF2-50.Product Specification Andrew Commscope (2013).

Características del Sistema Radiante en banda 850

Antena Sectorial Argus CVVPX308.10R3.

Las antenas que conforman el sistema radiante de los NodosB del operador móvil, incluyen antenas sectoriales multibanda, las cuales son empleadas en la banda 850 MHz para el servicio 3G. Típicamente estas antenas poseen polarización cruzada ($\pm 45^\circ$), con un haz de radiación de 65° . La figura 3.15 nos muestra la antena AntenaArgus CVVPX308.10R3 vista de diferentes ángulos:



Figura N° 3.15: Antena Sectorial Argus CVVPX308.10R3

Fuente: <http://www.commscope.com/catalog/andrew/>

Entre las características técnicas más destacables se pueden mencionar:

- Banda de operación: Triband (1) 790-960 MHz y (2) de 1710 a 2170 MHz
- Ancho de haz horizontal: 65°
- Ancho de haz vertical: 11.2°
- Polarización Cruzada: $\pm 45^{\circ}$
- Ganancia: 15.5 dBi
- Dimensiones_
 - Largo: 2025.0 mm
 - Ancho: 354.0 mm
 - Profundidad : 210.0 mm

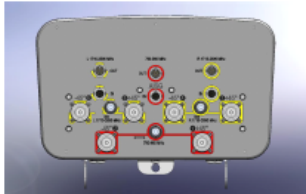
En la siguiente tabla se detalla las características de la antena Argus CVVPX308.10R3.

Tabla 3.6: Características técnicas de la antena Argus CVVPX308.10R3

Product Specifications

COMMScope®

POWERED BY



CVVPX308.10R3

Argus® Tri-band Antenna, 790–960 MHz and 2 x 1710–2690 MHz, 65° horizontal beamwidth, internal electrical tilt with manual override.



- Integrated Internal Remote Electrical Tilt (RET), with independent control of electrical tilt with manual override on all arrays

Electrical Specifications

Frequency Band, MHz	790–890	890–960	1710–1920	1920–2180	2300–2690
Gain, dBi	15.5	15.9	16.5	17.0	17.9
Beamwidth, Horizontal, degrees	65	64	61	60	63
Beamwidth, Vertical, degrees	11.2	10.4	8.3	7.3	5.9
Beam Tilt, degrees	0–10	0–10	0–10	0–10	0–10
USLS (First Lobe), dB	17	18	18	18	18
Front-to-Back Ratio at 180°, dB	25	25	25	25	25
CPR at Boresight, dB	17	14	20	18	14
CPR at Sector, dB	9	9	7	4	7
Isolation, dB	25	25	25	25	25
Isolation, Intersystem, dB	30	30	30	30	30
VSWR Return Loss, dB	1.43 15.0	1.43 15.0	1.5 14.0	1.5 14.0	1.5 14.0
PIM, 3rd Order, 2 x 20 W, dBc	-150	-150	-150	-150	-150
Input Power per Port, maximum, watts	300	300	250	250	250
Polarization	±45°	±45°	±45°	±45°	±45°
Impedance	50 ohm	50 ohm	50 ohm	50 ohm	50 ohm

Electrical Specifications, BASTA*

Frequency Band, MHz	790–890	890–960	1710–1920	1920–2180	2300–2690
Gain by all Beam Tilts, average, dBi	15.3	15.7	16.2	16.7	17.4
Gain by all Beam Tilts Tolerance, dB	±0.3	±0.2	±0.4	±0.3	±0.5
	0° 15.4	0° 15.7	0° 16.3	0° 16.7	0° 17.6
Gain by Beam Tilt, average, dBi	5° 15.3	5° 15.7	5° 16.2	5° 16.7	5° 17.4
	10° 15.2	10° 15.6	10° 16.3	10° 16.7	10° 17.1
Beamwidth, Horizontal Tolerance, degrees	±1.4	±1.3	±2.5	±2.3	±5.9
Beamwidth, Vertical Tolerance, degrees	±0.7	±0.3	±0.5	±0.6	±0.5
USLS, beampeak to 20° above beampeak, dB	18	18	18	18	18
Front-to-Back Total Power at 180° ± 30°, dB	25	26	24	25	27
CPR at Boresight, dB	17	15	21	19	18
CPR at Sector, dB	9	10	7	5	8

* CommScope® supports NGMN recommendations on Base Station Antenna Standards (BASTA). To learn more about the benefits of BASTA, [download the whitepaper Time to Raise the Bar on BSAs.](#)

General Specifications

Antenna Brand	Argus®
Antenna Type	DualPol® multiband with internal RET
Band	Multiband
Brand	Argus® DualPol®
Operating Frequency Band	1710 – 2690 MHz 790 – 960 MHz
Performance Note	Outdoor usage

Fuente: <http://www.commscope.com/catalog/andrew/>

En la Figura N° 3.16 nos muestra el patrón de radiación de la antena tanto en Vertical como en Horizontal, donde se verifican los 65° y 11°

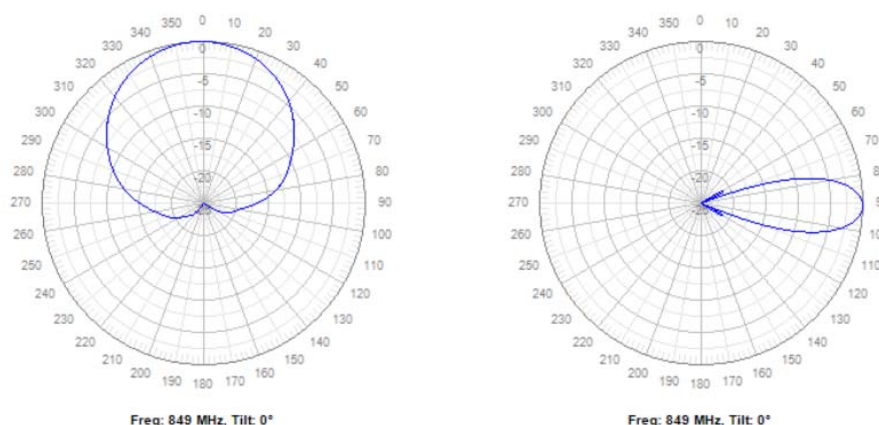


Figura 3.16: Patrón de Radiación de la antena Sectorial Argus CVVPX308.10R3

Fuente: <http://www.commscope.com/catalog/andrew/>

3.2.4. PROCESAMIENTO DE DATOS

a. Estimación Cobertura Actual Operador Campus UPAO

Para la realización de la simulación se consideró descartar las muestras y los Sites de Wong, La Merced y Monserrate debido a la poca participación que tienen sus mediciones dentro de la cobertura del Campus UPAO - Trujillo; quedando solo los sites más representativos que son Orlandos, Poste y Mar Peruano.

Además se limitó a simular el sector 3 del SiteOrlandos, el sector 1 del Site Poste y el sector 1 del Site Mar Peruano debido a que las muestras tomadas se conectan a dichos sectores; además se consideró la ubicación de 60 puntos los cuales permitirán calibrar el software RadioMobile para que los resultados obtenidos se acerquen lo más posible a las mediciones reales.

En base a los parámetros obtenidos de los Nodos B (Orlandos, Poste y Mar Peruano) y las consideraciones mencionadas anteriormente se procedió a realizar la calibración del Software RadioMobile con la finalidad de obtener

[illegible]

Fuente: Elaboración propia

57

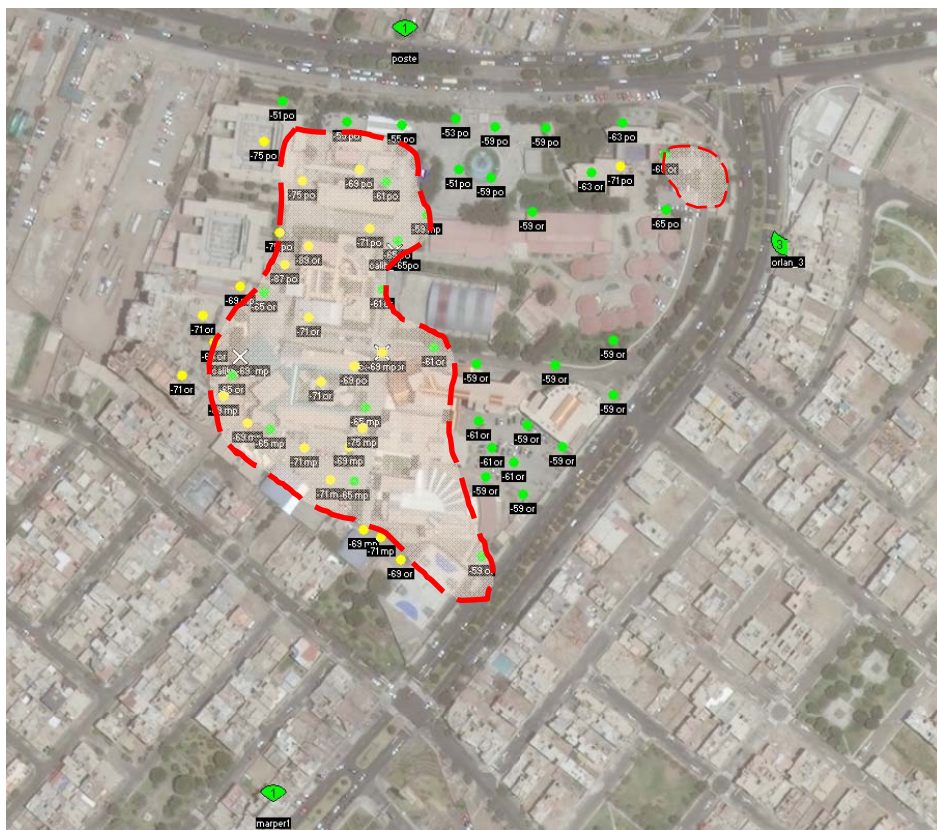


Figura N° 3.18: Estimación de la Cobertura Actual de un Operador en el Campus UPAO - Trujillo

Fuente: Elaboración propia

b. Nodo B en Campus UPAO –Trujillo

Para la simulación del Nodo B dentro del Campus UPAO – Trujillo se tomó las siguientes consideraciones:

Al nuevo Nodo B se le asignó el nombre UPAO; el cual contará con una configuración estándar de un Nodo B en zona Urbana del operador móvil que involucra dos carriers y tres RRUs para los sectores propuestos, cabe aclarar que no se estableció un CELLID debido a que estos códigos son asignados por el operador a través de un software.

Para la ubicación del nuevo Nodo B se decidió colocarlo sobre el Pabellón E, tal y como se aprecia en la figura N° 3.19; debido a que desde ese punto con el empleo de tres sectores se puede cubrir en su totalidad la parte Noreste, Oeste y Suroeste de la zona Crítica de bajo nivel de recepción.

Tabla N° 3.7: Resumen de parámetros del nuevo Nodo B

Site UPAO			
Latitud	-8.127911		
Longitud	-79.03259		
Altura	15		
N° carriers	2		
Sectores	S1	S2	S3
Azimuth	345°	145°	250°
Tilt	8°	8°	8°
Sistemas Radiantes			
Modelo Antena	CVVPX308.10R3		
Ganacia de antenas	16	dBi	
Potencia de Transmisión	43	dBm	
Pérdidas en Feeder	3	dBm	

Fuente :Elaboración propia.

Con las consideraciones mencionadas anteriormente se procedió a realizar la simulación con el Nodo B incorporado, obteniéndose el siguiente resultado.

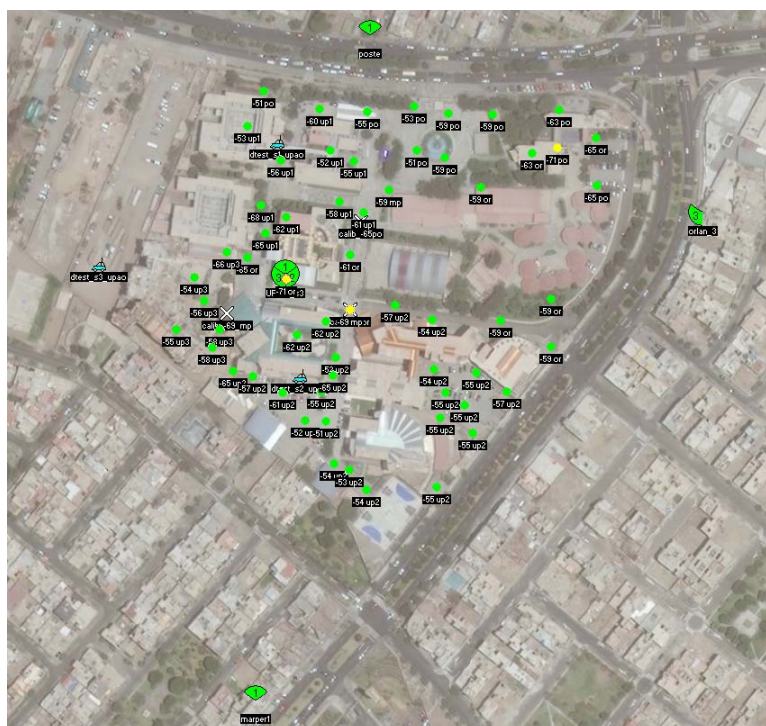


Figura N°3.20 : Simulación del Nodo B dentro del Campus – UPAO.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Como se observa en la Figura N° 4.1 existen tres puntos que presentan un nivel recepción inferiores a -65 dBm, Uno de los puntos se encuentra ubicado cerca al Pabellón A, en una zona muy alejada del nuevo Nodo B; el segundo punto se encuentra ubicado debajo del nuevo Nodo B; y el tercer punto cerca al Pabellón H.

4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Al realizar la comparación de los niveles de recepción antes y después de incorporar el Nodo B en el Campus UPAO – Trujillo; se pudo observar que un total de 39 puntos ahora se enganchan al nuevo Nodo B mostrando a su vez una mejora considerable en sus niveles de recepción tal y como se aprecia en la Tabla N° 4.1.

Existe un total de 21 muestras que aún mantienen conectividad con sus antiguos Site, esto se debe a diferentes razones como: la cercanía a dichos sites les permite alcanzar un mejor nivel de recepción y la presencia de obstáculos que posiblemente bloqueen la señal recibida del nuevo Nodo B; impidiendo que se conecten a esta.

Tabla N°4.1 :Niveles de Recepción antes y después de incorporar el Nodo B

N° Test	ANTES		DESPUES	
	Nrx (dbm)	SECTOR	Nrx (dbm)	SECTOR
1	-65	ORLANDOS S3	-58	UPAO S3
2	-69	ORLANDOS S3	-56	UPAO S3
3	-61	ORLANDOS S3	-57	UPAO S2
4	-71	ORLANDOS S3	-62	UPAO S2
5	-71	ORLANDOS S3	-55	UPAO S3
6	-71	ORLANDOS S3	-71	ORLANDOS S3
7	-63	ORLANDOS S3	-63	ORLANDOS S3
8	-59	ORLANDOS S3	-59	ORLANDOS S3
9	-61	ORLANDOS S3	-54	UPAO S2
10	-71	ORLANDOS S3	-54	UPAO S3
11	-59	ORLANDOS S3	-55	UPAO S2

12	-61	ORLANDOS S3	-55	UPAO S2
13	-59	ORLANDOS S3	-55	UPAO S2
14	-59	ORLANDOS S3	-55	UPAO S2
15	-59	ORLANDOS S3	-55	UPAO S2
16	-61	ORLANDOS S3	-55	UPAO S2
17	-65	ORLANDOS S3	-65	ORLANDOS S3
18	-59	ORLANDOS S3	-59	ORLANDOS S3
19	-59	ORLANDOS S3	-54	UPAO S2
20	-59	ORLANDOS S3	-59	ORLANDOS S3
21	-65	ORLANDOS S3	-65	ORLANDOS S3
22	-69	ORLANDOS S3	-54	UPAO S2
23	-89	ORLANDOS S3	-62	UPAO S1
24	-61	ORLANDOS S3	-61	ORLANDOS S3
25	-59	ORLANDOS S3	-59	ORLANDOS S3
26	-59	ORLANDOS S3	-57	UPAO S2
27	-69	MAR_PERUANO S1	-69	MAR_PERUANO S1
28	-65	MAR_PERUANO S1	-52	UPAO S2
29	-71	MAR_PERUANO S1	-53	UPAO S2
30	-59	MAR_PERUANO S1	-59	MAR_PERUANO S1
31	-69	MAR_PERUANO S1	-54	UPAO S2
32	-71	MAR_PERUANO S1	-52	UPAO S2
33	-69	MAR_PERUANO S1	-55	UPAO S2
34	-69	MAR_PERUANO S1	-58	UPAO S3
35	-69	MAR_PERUANO S1	-65	UPAO S3
36	-75	MAR_PERUANO S1	-65	UPAO S2
37	-65	MAR_PERUANO S1	-51	UPAO S2
38	-65	MAR_PERUANO S1	-57	UPAO S2
39	-71	MAR_PERUANO S1	-61	UPAO S2
40	-69	MAR_PERUANO S1	-66	UPAO S3
41	-51	POSTE S1	-51	POSTE S1
42	-53	POSTE S1	-53	POSTE S1
43	-55	POSTE S1	-55	POSTE S1
44	-61	POSTE S1	-55	UPAO S1

45	-65	POSTE S1	-61	UPAO S1
46	-66	POSTE S1	-60	UPAO S1
47	-75	POSTE S1	-53	UPAO S1
48	-71	POSTE S1	-58	UPAO S1
49	-75	POSTE S1	-68	UPAO S1
50	-59	POSTE S1	-59	POSTE S1
51	-59	POSTE S1	-59	POSTE S1
52	-69	POSTE S1	-52	UPAO S1
53	-59	POSTE S1	-59	POSTE S1
54	-51	POSTE S1	-51	POSTE S1
55	-75	POSTE S1	-56	UPAO S1
56	-87	POSTE S1	-65	UPAO S1
57	-65	POSTE S1	-65	POSTE S1
58	-63	POSTE S1	-63	POSTE S1
59	-71	POSTE S1	-71	POSTE S1
60	-69	POSTE S1	-62	UPAO S2

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N° 4.2 se aprecia de manera gráfica la considerable mejora al comparar los niveles de recepción antes y después de la incorporación del Nodo B dentro del Campus UPAO – Trujillo. Las muestras en rojo representan los niveles de recepción después de incorporar el Nodo B observándose una mejora significativa en los niveles de recepción al ver que un gran número de ellas está por encima de -60 dBm lo cual no se aprecia en las muestras de color azul que representan el antes del incorporación del Nodo B que incluso muestran valores entre -80 y -90 dBm.

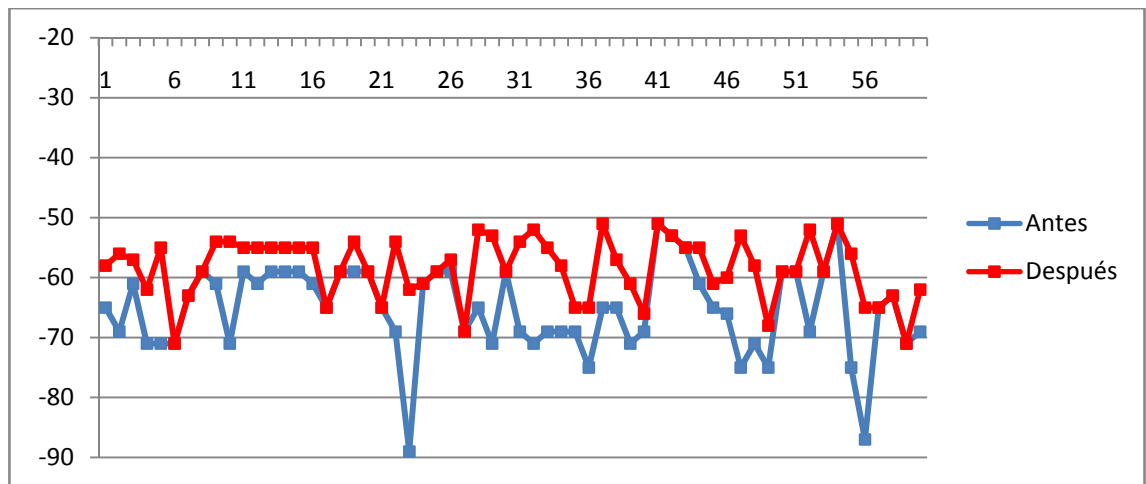


Figura N° 4.2: Gráfico comparativo de las mediciones de los Niveles de recepción antes y después de incorporar el Nodo B .

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 4.3 se puede apreciar que antes de la incorporación del Nodo B un 23% de las muestras se conectaban al Setor 1 del Site Mar Peruano, un 33% al Sector 1 del Site Poste y un 44% se conectaban al sector 3 del SiteOrlandos; siendo este el sector más predominante en el Campus UPAO; Pero luego de la incorporación del Nodo B , el Site UPAO se convierte en el sector Predominante con un 65% de las muestras; quedando el SiteOrlandos con 15%, el Site Poste con 17% y Mar Peruano con 3%.

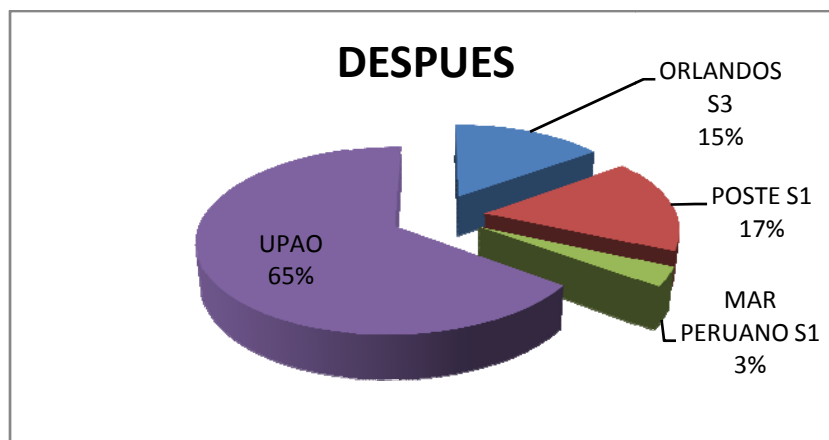
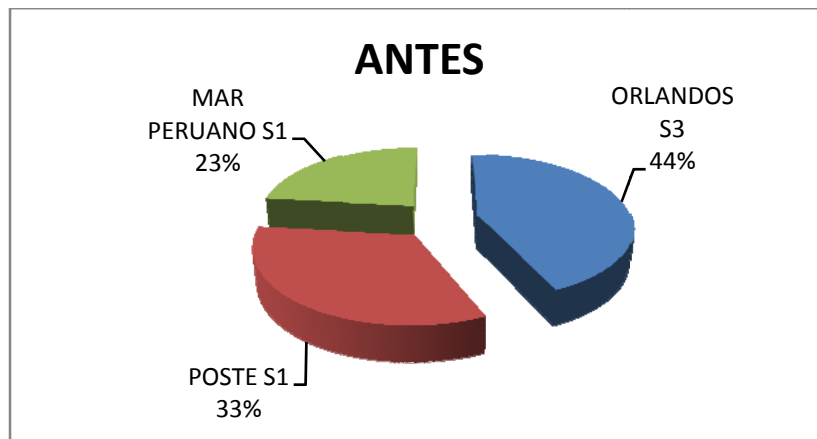


Figura 4.3: Cuantificación de las muestras por Site antes y después de incorporar el Nodo B en el Campus UPAO – Trujillo.

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO V:

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- De acuerdo al trabajo realizado, se llega a determinar los parámetros mas importantes para la estimación de la cobertura de un Nodo B siendo estos la potencia de transmisión, su umbral de recepción, número de carriers, pérdidas por estación, pérdidas por ensombrecimiento, la ganancia de las antenas, la altura de las antenas; así también como los parámetros del móvil, como son su potencia de transmisión y su umbral de recepción.
- Se realizó la simulación de la cobertura del acceso RAN 3G del operador móvil dentro del campus UPAO de la ciudad Trujillo, llegándose a determinar que existen zonas en las cuales se tienen niveles de servicio deficiente o niveles de recepción de potencia deficientes, los cuales están en el sector del pabellón de ingeniería (G) y algunos sectores en el limite de los pabellones A y B.
- Al agregar un NodoB en la ubicación del pabellón E del campus UPAO Trujillo, se puede notar que se mejoraría notablemente los niveles en el pabellón G y también en los sectores alrededor del pabellón E , H y K manteniéndose todavía algunos espacios vacíos por temas de la cobertura natural de la estación,
- Al comparar los niveles estimados en la configuración actual sobre los niveles de la simulación colocando el NodoB dentro del campus UPAO Trujillo, se evidencia que la nueva estación absorbería aproximadamente un 65% de todas las muestras, lo cual es un porcentaje de referencia para el tráfico a soportar por cada estación a partir de la nueva configuración.

5.2. RECOMENDACIONES

- Una de las dificultades que se ha tenido en la ejecución de este trabajo a sido el procesamiento de la información por tener una herramienta manual como es el Radio Mobile, sin embargo existen otras herramientas profesionales tales como ATOLL o TEMS las cuales nos permitirían hacer la misma simulación de manera automática con un numero mayor de muestras, lo cual permitiría mejorar la predicción que se pueda tener respecto de las mejoras de los niveles de recepción.
- Otro factor limitante fue el modelamiento en 3D, ya que en este trabajo nos limitamos a realizar ajustes de parámetros en Radio Mobile para tratar de emular los niveles medidos con nuestra herramientas drive test, pero existen otras herramientas que nos permiten simular edificaciones en 3D permitiéndonos realizar una mejor predicción de los niveles de recepción.
- Se recomienda extender el presente trabajo aun estudio a nivel indoor, debido a que la herramienta utilizada para el drive test perdía precisión en ambientes muy cerrados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS

- APOLO. James. (2012). *Measuring and Improving Network Performance* (1st Edition), USA: HarperCollins.
- HOLMA,H. & TOSKALA, A.(2006). *HSDPA/HSUPA for UMTS* (1st Edition),Singapore: John Wiley & Sons Ltd.
- KAARANEN,Heiki(2008). *UMTS networks* (2nd Edition),Singapore: John Wiley & Sons Ltd.
- KORHONEN,Juha(2003). *Introduction to 3G Mobile Communications* (1st Edition),USA: Artech House Ltd.

AUTOR CORPORATIVO

- Nokia Siemens Networks(2000). *Extended Planning Introduction* (1st Edition),USA: Nokia Networks Oy.
- Nokia Siemens Networks(2003). *Optimization: Parameter Planning and Network Optimization*(1st Edition),USA: Nokia Networks Oy.
- Huawei Technologies Co.,Ltd.(2011). *3900 Series Base Station ProductDescription*, China: Huawei Technologies.
- Huawei Technologies Co.,Ltd.(2011).*RRU3908 V2 Hardware Description*, China: Huawei Technologies.
- Kathrein.(2015). *65° Dual Band Tri-sector Antenna with GPS*.USA: Kathrein.
- CommScope (2011). *Product specifications CVVPX308.10R3*.USA:CommScope.

TESIS

- VERA TUDELA, Aldo. (2013). *Diseño e implementación de una red RF indoor en el Hospital de Emergencias Pediátricas para mejora de cobertura*. Universidad Católica del Perú. Lima - Perú.
- GUERRA AMAYA, José. (2006). *Diseño de Estación Celular para la localidad de Laredo – Trujillo – La Libertad*. Universidad Católica del Perú. Lima - Perú.

INTERNET

- Información UPAO (2015). Fecha de Consulta : 02 de septiembre del 2015.
URL : <http://www.upao.edu.pe/>
- Drive Testing de telefónica móviles. Fecha de Consulta: 05 de setiembre del 2015. URL: <http://telefonicamoviles.gio.etsit.upm.es/drivetest/>
- Antenas Andrew Commscope (2015). Fecha de consulta : 20 de Noviembre del 2015 URL: <http://www.commscope.com/catalog/andrew/>

ANEXOS

ANEXO 01



Figura A1.1 : Niveles de potencia RSCP (RXLev,dBm)

Fuente: Elaboración propia

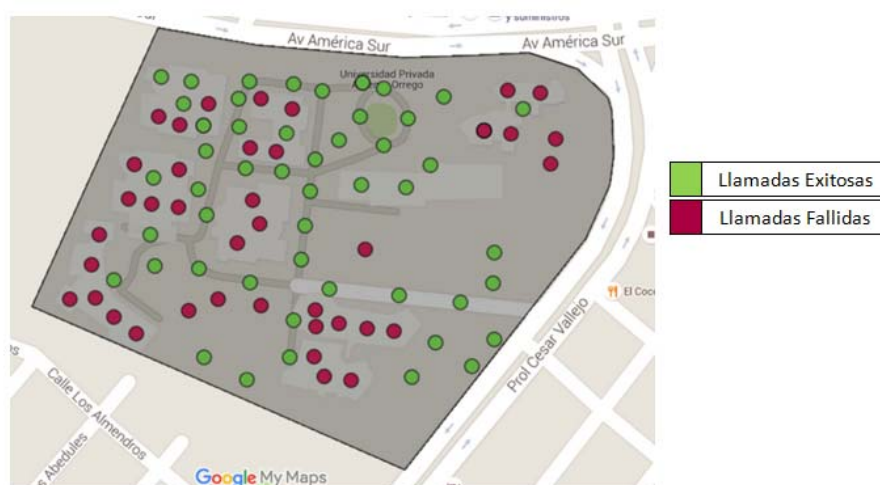


Figura A1.2: Llamadas fallidas / Llamadas exitosas

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 2



Figura A2.1: Acceso a Datos Download (Mbps)

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 3

FOTOGRAFÍAS TRABAJO DE CAMPO-UPAO TRUJILLO



Figura A3.1.- Reconocimiento Estaciones Base del Operador Móvil.

Fuente:Trabajo de campus septiembre 2015

ANEXO 4



Figura A4.1.- Mediciones con el software Speedtest.

ANEXO 05: Guía de Entrevista N° 01

Entrevistado:

Luis Iparraguirre Vásquez

Entrevistador: Dante Ricalde V.

Fecha: 14 de septiembre del 2015

Institución:UPAO oficina de admisión Campus-Trujillo

Objetivo

Conocer el incremento de estudiantes que ha experimentado la universidad los últimos cinco años.

Dirigido a:

Representante de la oficina de admisión del Campus-Upao Trujillo.

Preguntas

1. ¿Considera Ud. que la convocatoria de estudiantes se ha incrementado en los últimos cinco años?
2. ¿Considera Ud. que se ha incrementado la demanda de servicios celulares en la universidad?
3. ¿Ha experimentado algún tipo de falla del servicio de voz y datos en el Campus-Upao Trujillo?

Resumen.

1. Si. Con la apertura de nuevas carreras, la universidad ha incrementado considerablemente el número de alumnos, lo que también ha motivado a la construcción de nuevos pabellones para dar la comodidad a la gran cantidad de jóvenes estudiantes.
2. Definitivamente que sí, y este aumento a mi parecer no solamente es en la universidad, sino a nivel nacional, ya que actualmente el teléfono móvil se ha convertido en una necesidad.
3. Si. Mayormente he tenido problemas dentro de las oficinas y los primeros pisos de los pabellones nuevos.

ANEXO 06: Guía de Entrevista N° 02

Entrevistado:

Fecha: 15 septiembre 2015

Ing- José Boracino

Institución:HB Sadelec

Entrevistador:Jorge Castañeda P.

Objetivo

Conocer la percepción del personal involucrado en la ingeniería de campo de los operadores móviles de la ciudad de Trujillo respecto de la percepción de la calidad de servicio en el campus-Upao Trujillo.

Dirigido a:Representante del Área de Ingeniería vinculado a operadores locales de la ciudad de Trujillo.

Preguntas

1. ¿Cómo califica la cobertura 3G de los operadores móviles en el Campus-UPAO Trujillo?
2. ¿Considera que existen deficiencia de cobertura 3G de parte de los operadores móviles dentro del campus-upao Trujillo?
3. ¿Cuáles son las posibles soluciones ante esa problemática?

Resumen

1. Actualmente se está cubriendo aproximadamente un 90% con señal 3G en el Campus UPAO.
2. Se ha detectado en varios ambientes Indoor bajos niveles de señal, lo cual dificulta que los usuarios puedan utilizar su servicio de voz y datos.
3. Como posibles soluciones tenemos la instalación de nuevas radio bases al contorno de la UPAO, esto con la finalidad de orientar algunos sectores hacia el campus, pero como solución definitiva se debería implementar un Nodo B dentro del campus UPAO