

Plan de modernización de la estación base SDOMINGO2 hacia la nueva tecnología LTE 4G para la empresa SPEED TECH Telecomunicaciones CIA. LTDA.

Katherine Daniela Morillo García
Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, Universidad Técnica del Norte
Ibarra, Ecuador
kdmorillo@utn.edu.ec

Resumen— El presente proyecto consiste en el diseño de un plan de modernización hacia la tecnología LTE-4G en la estación SDOMINGO2 en la ciudad de Santo Domingo de los Colorados para la empresa SpeedTech Telecomunicaciones, con la finalidad de que la zona de cobertura de la estación se amplíe llegando a cubrir sectores que carecen de los servicios de telefonía móvil que brinda la estación, logrando también entregar un mejor servicio de voz y datos a los usuarios de la red.

Términos indexados— GSM, UMTS, LTE, SURVEY, ESTACIÓN BASE.

I. INTRODUCCIÓN

Speed Tech Telecomunicaciones Cia. Ltda., es una empresa ecuatoriana que brinda servicios y soluciones de ingeniería en Telecomunicaciones, mediante el desarrollo de Levantamientos Técnicos de Información de Sitios (TSS; Technical Site Survey) y estudios de campo y cobertura para la proyección de nuevas tecnologías en Nodos existentes o sitios nuevos (Roll Out). Speed Tech trabaja como cooperador de Huawei Cia. Ltda., quien a su vez trabaja directamente con la operadora móvil Claro para la realización de sus proyectos de innovación de nuevas tecnologías y actualización de las existentes.

Documento recibido en octubre del 2017. Esta investigación se realizó como proyecto previo a la obtención del título profesional en la carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA) de la Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de Julio sector El Olivo, Ibarra-Ecuador. K. Morillo, egresada de la carrera Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación (teléfono 5932-640-967; e-mail: kdmorillo@utn.edu.ec).

La provincia de Santo Domingo de los Tsachilas forma parte del proyecto GUL (GSM, UMTS y LTE), en dicha provincia ha crecido el número de usuarios móviles, exigiendo así a la operadora mayor calidad en cobertura y transmisión. El sitio denominado SDOMINGO2 en la actualidad brinda las tecnologías GSM 2G en la banda de frecuencia de 850MHz y 1900MHz y UMTS 3G en la banda de frecuencia de 850MHz.

La modernización de la estación hacia la nueva tecnología LTE 4G abarca también la modernización de GSM y 2da. Portadora de UMTS, lo que permitirá a los usuarios de la red móvil celular comprendida por este sector contar con una conexión móvil más eficiente, satisfaciendo así las necesidades de los usuarios de tener una transmisión y recepción de buena calidad y velocidad, ampliando también la zona de cobertura de la estación permitiendo brindar dichos servicios a más usuarios que a esta red se conecten.

II. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES MÓVILES

Un sistema de comunicaciones móviles, es un enlace entre dos terminales mediante radiocomunicación, de estos dos terminales uno puede estar en movimiento y otro estático ubicados en localizaciones indeterminadas, dando así la posibilidad de que un terminal sea fijo como una estación base.

En los sistemas móviles de comunicaciones se transmite información de usuario o tráfico, además de

una adicional que se denomina en general como señalización, la cual es necesaria para establecer, liberar y supervisar las llamadas, así como también para la protección de la información contra perturbaciones que puedan hallarse en el ambiente.

A. SISTEMA GLOBAL DE COMUNICACIONES MÓVILES – GSM

Global System For Mobile Communications, GSM, es una tecnología móvil celular de segunda generación (2G) que ha venido funcionando desde los inicios de la década de los 90s con la finalidad de prestar servicios de voz y datos de alta calidad, los cuales se conmutan en una amplia gama de bandas del espectro radioeléctrico como se muestra en la tabla I.

TABLA I
DISTRIBUCIÓN DE LAS BANDAS DE FRECUENCIA PARA GSM

Banda	Nombres	Canales	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)	Notas
GSM 850	GSM 850	128 - 251	824,0 - 849,0	869,0 - 894,0	Usada en los EEUU, Sudamérica y Asia La banda con que nació GSM en Europa y la más extendida
	P-GSM 900	1 - 124	890,0 - 915,0	935,0 - 960,0	
GSM 900	E-GSM 900	975 - 1023	880,0 - 890,0	925,0 - 935,0	E-GSM, extensión de GSM 900 GSM ferroviario (GSM-R)
	R-GSM 900	N/A	876,0 - 880,0	921,0 - 925,0	
GSM 1800	GSM 1800	512 - 885	1710,0 - 1785,0	1805,0 - 1880,0	Usada en Norteamérica, incompatible con GSM 1800 por solapamiento de bandas
GSM 1900	GSM 1900	512 - 810	1850,0 - 1910,0	1930,0 - 1990,0	

Entre los servicios más típicos que ofrece GSM, aparte del de comunicación de voz, está el de mensajes cortos o SMS, la descarga de tonos y música, juegos, localización y el de navegación WAP.

B. SISTEMA UNIVERSAL DE TELECOMUNICACIONES MÓVILES – UMTS

Universal Mobile Telecommunications System más conocido como UMTS, es una tecnología móvil celular de tercera generación (3G) que también se la conoce como W-CDMA, es la sucesora de las tecnologías de segunda generación como GSM, GPRS y EDGE.

Esta tecnología basa su funcionamiento en el Protocolo de Internet (IP) brindando soporte a voz y datos en paquetes proporcionando la posibilidad de transferirlos en una llamada telefónica, así como la

carga y descarga de programas o aplicaciones móviles, intercambio de email y mensajería instantánea. Así como GSM, UMTS tiene su respectiva distribución de bandas de frecuencia como se muestra en la tabla II.

TABLA II
BANDAS DE FRECUENCIA PARA UMTS

Banda de Operación	Nombres	Espectro Total	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)	Notas
Band VII	2600	2x70 MHz	2500 - 2570	2620 - 2690	Nueva Banda 3G
Band I	2100	2x60 MHz	1920 - 1980	2110 - 2170	Banda Principal WCDMA
Band II	1900	2x60 MHz	1850 - 1910	1930 - 1990	Banda PCS en USA y América
Band IV	1700/2100	2x45 MHz	1710 - 1755	2110 - 2155	Nueva Banda 3G en USA y América
Band III	1800	2x75 MHz	1710 - 1785	1805 - 1880	Europa, Asia y Brasil
Band IX	1700	2x35 MHz	1750 - 1785	1845 - 1880	Japón
Band VIII	900	2x35 MHz	880 - 915	925 - 960	Europa y Asia
Band V	850	2x25 MHz	824 - 849	869 - 894	USA, América y Asia
Band VI	800	2x10 MHz	830 - 840	875 - 885	Japón

C. LONG TERM EVOLUTION – LTE

La Tecnología de Evolución a Largo Plazo es una tecnología cuyo desarrollo se hizo en respuesta a la creciente demanda de alta capacidad de ancho de banda en redes móviles inalámbricas, diseñada principalmente para brindar soporte al constante acceso de terminales móviles a internet.

LTE es una tecnología de radio acceso de cuarta generación o 4G, de alta capacidad, estandarizada por la 3GPP, que es el grupo de Proyecto Asociación de Tercera Generación; siendo así LTE una evolución de las redes HSPA. Las bandas de frecuencia estándares en que se implementa esta tecnología incluyen las bandas: 700MHz, 850MHz, 1700MHz, 1800MHz, 1900MHz, 2100MHz, 2600MHz.

D. COMPONENTES DE UNA ESTACIÓN BASE

Una estación base es una estación fija que se constituyen por equipos transceptores, sistemas radiantes y elementos de conexión entre unos y otros. Su principal característica es que deben ser fuentes y destinatarias de tráfico y de señalización.

La figura 1 muestra los componentes de una estación base a manera general.

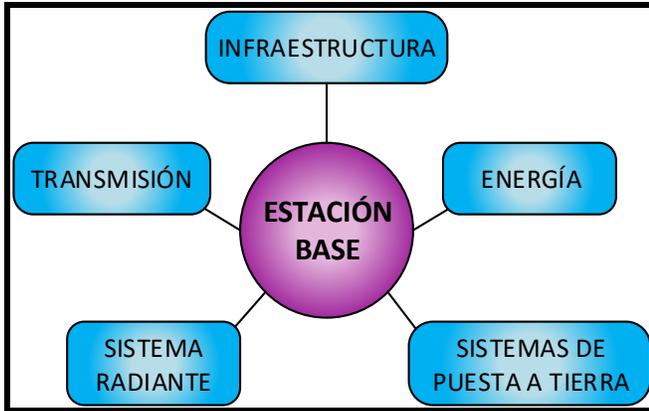


Fig. 1. Componentes de una estación base

1) Infraestructura

Se refiere a toda la parte de obra civil que se encuentra dentro de la estación, la cual básicamente se compone de: tipos de estructuras, tipos de estaciones, escalerillas y pasamuros.

2) Energía

Es la parte que se encarga de alimentar con energía eléctrica a todos los equipos de una estación. La energía que entra a la estación es tipo AC (corriente alterna), la cual debe transformarse en energía tipo DC (corriente directa) para poder llegar a los equipos de transmisión y demás.

3) Sistemas de puesta a tierra

Son el principal mecanismo de protección para las instalaciones eléctricas. Es por donde se conduce desvíos de la corriente eléctrica eventuales hacia la tierra. En las estaciones base se utilizan dos tipos de sistemas de puesta a tierra, las barras de tierra que se distribuyen a lo largo de todo el espacio ocupado por la estación y el pararrayos.

4) Sistema radiante

Se refiere a todo lo que inmiscuye a las antenas, tanto de microondas como de telefonía móvil celular. De manera general se realiza la medición del ángulo de azimut y la medición de las inclinaciones o tilts eléctricos y mecánicos.

5) Transmisión

Aquí se define el tipo de transmisión a emplearse para cada tecnología instalada y el equipo de transmisión correspondiente.

III. SITUACIÓN ACTUAL DE LA ESTACIÓN BASE SDOMINGO2

La estación base SDOMINGO2, es una estación fija diseñada para conectar dispositivos móviles a una red fija celular. Actualmente esta estación trabaja con las tecnologías 2G-GSM (850MHz y 1900MHz) y 3G-UMTS (850MHz); además de brindar comunicaciones vía microonda

A. PROCESO DE DESARROLLO DEL SURVEY

El survey no es más que la visita técnica a una estación para obtener respaldos de toda la información de los equipos y sistemas existentes. Este survey debe cumplir con un proceso de desarrollo específico para que no quede ningún pendiente en la estación. En la figura 2 se muestran las etapas del desarrollo del survey.



Fig. 2. Proceso del Survey para la estación SDOMINGO2

B. ACCESO A LA ESTACIÓN BASE SDOMINGO2

Es necesario determinar de manera específica la ubicación geográfica de la estación y el ingreso a ella, tomando en cuenta el estado de las vías de acceso y las dificultades que puedan encontrarse para el ingreso de equipos y personal.

1) Ubicación

La estación SDOMINGO2 se encuentra ubicada en la ciudad de Santo Domingo, provincia Santo Domingo de los Tsáchilas perteneciente a la región Sierra del Ecuador. Su dirección exacta es: Av. Quevedo S/N y Abraham Calazacon (Junto al Parque de la Madre). En la figura 3 se muestra las coordenadas de la estación, obtenidas por el GPS.



Fig. 3. Coordenadas geográficas SDOMINGO2

2) Acceso

Se debe determinar la dirección exacta del sitio, el tipo y estado de la vía de acceso hacia él, además de un respaldo fotográfico de las obstrucciones físicas que se pueden encontrar en el lugar donde está ubicada la estación.

C. INFRAESTRUCTURA SDOMINGO2

1) Tipo de estructura SDOMINGO2

La estación SDOMINGO2 posee una torre como estructura, en la cual están instaladas las antenas de microondas y de telefonía móvil celular. En la figura 4 se muestra la estructura de la estación.



Fig. 4. Estructura estación SDOMINGO2

En la tabla III se muestran los datos obtenidos mediante la medición de las estructuras empleando la cinta métrica.

TABLA III
DATOS ESTRUCTURA SDOMINGO2

Parámetros a medir	Valor
Altura torre	21m
Altura edificio	9m
Altura total estructura	30m
Altura canastilla	1.5m

2) Tipo de estación SDOMINGO2

SDOMINGO2 es una estación indoor, ya que posee un cuarto de equipos en el cual se encuentran los racks de rectificación y transmisión, al igual que las RRUs, BBU y baterías.

3) Escalerillas SDOMINGO2

Se encontraron escalerillas de 30cm de ancho instaladas sobre la torre, hasta conectarse con el cuarto de equipos, las cuales se encuentran copadas, sin espacio para cables futuros. Dentro del cuarto de equipos se encuentran escalerillas de 30cm de ancho las cuales no están copadas en su totalidad, dejando espacio para futuros cables a instalarse.

4) Pasamuros SDOMINGO2

La estación posee un pasamuros a una altura de 2m para el paso de los cables que conectan los equipos del cuarto con las antenas en la torre. El pasamuros existente se encuentra copado sin espacios disponibles para futuros cables.

D. ENERGÍA SDOMINGO2

1) TDE SDOMINGO2

La estación cuenta con un tablero de distribución de energía tipo nicho con un breaker principal de dos polos de 70amp. Posee un total de 15 breakers instalados de los cuales solo 8 están en funcionamiento.

Mediante la utilización de un multímetro en AC, se deben realizar las medidas necesarias tanto de voltaje como de corriente. En la tabla IV se muestran las medidas obtenidas en el TDE de la estación.

TABLA IV
MEDICIONES EN AC DEL TDE

Parámetro	Valor
Voltaje entre fases	232v
Consumo F1	17.73A
Consumo F2	18.70A

2) Sistema de rectificación SDOMINGO2

Como sistema de rectificación la estación SDOMINGO2 posee una Power Plant tipo y marca Eltek compuesta por 4 rectificadores en operación. Se encuentra ubicada en un rack dentro del cuarto de equipos. En la figura 5 se muestra una fotografía de la Power Eltek de la estación.



Fig. 5. Power Plant SDOMINGO2

En la Power Plant se toma los valores de voltaje y corriente de carga en DC que se mira en el display de la Power, en este caso la corriente de carga es de 82A y el voltaje de salida es de -53.88v.

E. SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA SDOMINGO2

Se encontraron dos mecanismos de protección a tierra para sus equipos, estos son las barras de tierra y el pararrayos.

En lo que respecta a las barras de tierra se encontraron un total de 12 a lo largo de todo el sitio, de las cuales 6 están en la torre sobre las escalerillas

de cables, 1 debajo del pasamuros en la parte externa del cuarto de equipos y 5 dentro del cuarto de quipos sobre las escalerillas de cables.

El pararrayos de la estación está ubicado en la canastilla de la torre en su propio mástil. Tiene una cabeza multipuntas cuya bajante se encuentra en buen estado.

F. SISTEMA RADIANTE SDOMINGO2

La estación base SDOMINGO2 actualmente trabaja sobre dos tecnologías: GSM y UMTS; además de las antenas de microonda. Tomando en cuenta ambas tecnologías en la estación de encuentra un total de 8 antenas celulares y 2 antenas microonda.

Los valores o parámetros a medirse en lo que respecta al sistema radiante de cada tecnología son: modelo de antena, bandas de frecuencia, altura de la antena desde el suelo, ángulo de azimut, inclinación mecánica e inclinación eléctrica.

1) Sistema radiante de GSM

En la estación la tecnología GSM, en lo que respecta al sistema radiante, tiene 3 sectores: X, Y, Z; en el cual el sector Z tiene su expansión, por lo tanto, para GSM se tienen 4 antenas celulares, las cuales se conectan a la BTS FLEXI y a la BTS ULTRA, para luego conectarse a su respectivo equipo de transmisión.

En la tabla V se muestran los valores obtenidos por el survey en lo que respecta a la tecnología de GSM.

TABLA V
SISTEMA RADIANTE EXISTENTE DE GSM

Parámetros	Sector X		Sector Y		Sector Z		Sector Z Exp.
Antenas por Sector	1		1		1		1
Modelo de Antena	Kathrein 742266		Kathrein 742266		Kathrein 742266		Kathrein 742266
Número de Bandas	Dual Band		Dual Band		Dual Band		Dual Band
Bandas de Operación	850MHz	1900MHz	850MHz	1900MHz	850MHz	1900MHz	1900MHz
Altura de la Antena Desde el Suelo	28m	28m	28m	28m	28m	28m	28m
Azimut de la Antena	340°	340°	105°	105°	250°	250°	250°
Inclinación Mecánica	3°	3°	2°	2°	0°	0°	2°
Inclinación Eléctrica	7°	4°	7°	5°	6°	6°	6°

2) Sistema radiante de UMTS

En la estación la tecnología UMTS, en lo que respecta al sistema radiante, tiene 4 sectores: X, Y, Z y W, por lo tanto, para UMTS se tienen 4 antenas celulares, las cuales se conectan a sus respectivas RRU's, para luego conectarse a las tarjetas en la BBU y al equipo de transmisión.

En la tabla VI se muestran los valores obtenidos por el survey en lo que respecta a la tecnología de UMTS.

TABLA VI
SISTEMA RADIANTE EXISTENTE DE UMTS

Parámetros	Sector X		Sector Y		Sector Z		Sector W	
Antenas por Sector	1		1		1		1	
Modelo de Antena	Kathrein 742266		Kathrein 742266		DBXCP-4545A-VTM		DBXLH-6565C-VTM	
Número de Bandas	Dual Band		Dual Band		Dual Band		Dual Band	
Bandas de Operación	850 MHz	1900 MHz						
Altura de la Antena Desde el Suelo	31m	31m	31m	31m	31m	31m	28m	
Azimut de la Antena	330°	330°	115°	115°	215°	215°	290°	290°
Inclinación Mecánica	4°	4°	4°	4°	3°	3°	2°	2°
Inclinación Eléctrica	6°	6°	7°	6°	4°	7°	2°	5°

3) Antenas Microondas

En la estación SDOMINGO2 existen dos antenas microondas, de estas antenas la información que se necesita es: altura de la antena, diámetro y azimut y la dirección a donde apunta. En la tabla VII se tiene la información obtenida de dichas antenas.

TABLA VII
ANTENAS MICROONDAS

Altura	Diámetro	Azimut	Dirección
15m	0.6m	110°	SDPUCE
14m	0.6m	110°	SDVIAQUEVEDOI

G. SISTEMA DE TRANSMISIÓN SDOMINGO2

Cada tecnología tiene su propio equipo y tipo de transmisión, teniendo así transmisiones independientes. En este caso es importante conocer el modelo y fabricante del equipo de transmisión; en caso de ser transmisión TDM se debe contabilizar los E1 conectados, si se trata de transmisión IP es necesario conocer la ubicación del puerto al cual se encuentra conectado el equipo.

1) Transmisión de GSM

La red GSM en la estación SDOMINGO2 emplea una transmisión de tipo TDM, por lo tanto, utiliza una transmisión por E1, teniendo un total de 10 E1 conectados distribuidos de la siguiente manera: 5 E1 para 850MHz y 5 E1 para 1900MHz. Al tratarse de este tipo de transmisión el equipo a empleado en la estación es una Flexi Hopper del fabricante es NOKIA cuya capacidad es de 1-10Mbps.

2) Transmisión de UMTS

Para la red UMTS en la estación SDOMINGO2 se tiene una transmisión tipo IP, cuyo equipo es una SAR-M del fabricante Alcatel-Lucent, cuya capacidad es de 1-25Mbps, la transmisión de UMTS sale de este equipo para conectarse a un patch panel, en el cual se conecta en el puerto Fe (Fast Ethernet) número 6, para posteriormente llegar a la BBU de la estación.

H. GABINETES Y EQUIPOS SDOMINGO2

1) BTS Flexi

Es el gabinete donde se encuentran los TRX físicos de la red GSM para los sectores X, Y, Z, todos en las dos bandas de frecuencia, 850MHz y 1900MHz; teniendo un total de 4 TRX por cada sector en cada banda. Las antenas GSM se conectan a la Flexi mediante cables jumper o feeder, dependiendo de la distancia que los separe. En la tabla VIII se muestra la longitud de los cables desde las antenas hasta la Flexi.

TABLA VIII
LONGITUD DE CABLES ANTENAS-FLEXI

Sector	Grosor Cable Feeder	Jumper 850MHz	Jumper 1900MHz	Feeder 850MHz	Feeder 1900MHz
X	7/8"	1.5m x 4	1.5m x 4	30m x 2	30m x 2
GSM		corridas	corridas	corridas	corridas
Y	7/8"	1.5m x 4	1.5m x 4	30m x 2	30m x 2
GSM		corridas	corridas	corridas	corridas
Z	7/8"	1.5m x 4	1.5m x 4	30m x 2	30m x 2
GSM		corridas	corridas	corridas	corridas

2) BTS Ultra

En la BTS Ultra se encuentran los TRX físicos de la expansión del sector Z GSM en la banda de frecuencia de 1900MHz con un total de 4 TRX. Al igual que en la BTS Flexi, la antena de la expansión del sector Z GSM se conecta a la Ultra mediante cables jumper o feeder, dependiendo de la distancia que los separe. En la tabla IX se muestra la longitud de los cables desde la antena hasta la Ultra.

TABLA IX
LONGITUD DE CABLES ANTENAS-ULTRA

Sector	Grosor Cable Feeder	Jumper 850MHz	Jumper 1900MHz	Feeder 850MHz	Feeder 1900MHz
Z EXP. GSM	7/8"	NO APLICA	1.5m x 4 corridas	NO APLICA	30m x 2 corridas

3) RRUs de UMTS

Una RRU es la interfaz que conecta a la antena con cualquier tecnología, cumpliendo con las funciones de un amplificador de señal, permitiendo la existencia de TRX lógicos.

En la estación SDOMINGO2 se tienen 4 RRUs del modelo 3908 para 850MHz del fabricante Huawei, uno por sector, es decir una RRU para cada antena UMTS. En la figura 6 se muestra el rack que contiene las RRUs de la estación.



Fig. 6. RRUs UMTS SDOMINGO2

4) Rack de la BBU

La BBU es uno de los componentes más importantes en una estación base ya que en ella se encuentran instaladas las tarjetas para la transmisión.

La BBU posee 2 tarjetas WBBPb4 en los slots 2 y 3 respectivamente, y una tarjeta WMPT en el slot 7, además de las tarjetas UEIU y UPEU.

Juntamente con la BBU se encuentra la unidad de distribución de corriente continua, más conocida como DCDCU, aunque en algunos casos se la nombra como DC Box. En la estación se tiene una DCDCU modelo DPD32-1-6, el cual es un modelo antiguo que requiere ser cambiado, ya que no proporciona suficiente espacio para próximas instalaciones.

IV. DISEÑO DE MODERNIZACIÓN PARA LA ESTACIÓN BASE SDOMINGO2

A. MODERNIZACIÓN DE GSM

Consiste en cambiar las BTSs existentes donde se encuentran instalados los TRXs físicos de la estación, por nuevos equipos Huawei llamados RRUs donde se instalarán los nuevos TRXs lógicos. Es por esta razón que en lo que respecta al sistema radiante no se realizará ningún cambio en cuanto a antenas, lo único que cambiará son las corridas de jumper y feeder, valor que dependerá de la ubicación de las nuevas RRUs.

1) Ubicación de RRUs

Al momento de realizar la visita técnica a la estación se determina el lugar o espacio en el cual se instalarán las nuevas RRUs. Teniendo en cuenta la regla de que cada RRU debe estar lo más cercana posible a su antena, el lugar determinado para instalar las nuevas RRUs de GSM, UMTS y LTE se muestra en la figura 7.

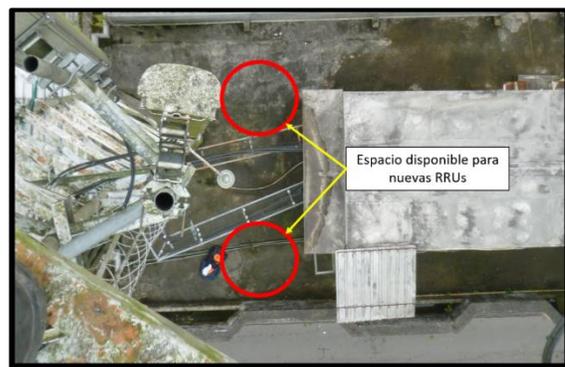


Fig. 7. Espacio disponible para RRUs

2) Configuración del sistema radiante de GSM proyectado

En la tabla X se muestra la configuración para el sistema radiante de GSM proyectado, donde se mantiene los modelos de antenas, ángulos de azimut, inclinaciones mecánicas y eléctricas existentes, lo único que cambia son las corridas de jumper y feeder, debido a la ubicación de las nuevas RRUs para GSM.

TABLA X
CONFIGURACIÓN RF GSM PROYECTADO

Parámetros	Sector X		Sector Y		Sector Z		Sector Z Exp.
Antenas por Sector	1		1		1		1
Modelo de Antena	Kathrein 742266		Kathrein 742266		Kathrein 742266		Kathrein 742266
Número de Bandas	Dual Band		Dual Band		Dual Band		Dual Band
Bandas de Operación	850MHz	1900MHz	850MHz	1900MHz	850MHz	1900MHz	1900MHz
Altura de la Antena	28m						
Desde el Suelo							
Azimut de la Antena	340°	340°	105°	105°	250°	250°	250°
Inclinación	3°	3°	2°	2°	0°	0°	2°
Mecánica							
Inclinación	7°	4°	7°	5°	6°	6°	6°
Eléctrica							
Longitud de Jumper	3m x 4 corridas						
Tipo de Feeder	½"	½"	½"	½"	½"	½"	½"
Longitud de Feeder	24m x 2 corridas						

B. SEGUNDA PORTADORA DE UMTS

Debido a que actualmente la tecnología de UMTS trabaja únicamente sobre la banda de los 850MHz, se expandirá su funcionamiento hacia la banda de los 1900MHz, lo que se conoce como "segunda portadora".

La proyección de segunda portadora requiere la implementación de nuevas RRUs para la banda de los 1900MHz, además de la adecuación de las antenas, es decir si se tiene antenas Single Band con puertos únicamente para 850MHz se las debe cambiar por antenas Dual Band con puertos para ambas frecuencias.

En la tabla XI se muestra la configuración proyectada para el sistema radiante de UMTS; ya que en esta tecnología se abre una nueva banda, se deben cambiar las antenas existentes de los sectores X, Y y Z debido a que son antenas Single Band con puertos únicamente de 850MHz, por antenas Dual Band con puertos de 850MHz y 1900MHz. Para el cambio de antenas se debe tener en cuenta una equivalencia entre el modelo antiguo y el nuevo en lo que respecta al grado de apertura de la antena.

TABLA XI
CONFIGURACIÓN RF UMTS PROYECTADO

Parámetros	Sector X		Sector Y		Sector Z		Sector W	
Antenas por Sector	1		1		1		1	
Modelo de Antena	Kathrein 742266		Kathrein 742266		DBXCP-4545A-VTM		DBXLH-6565C-VTM	
Número de Bandas	Dual Band		Dual Band		Dual Band		Dual Band	
Bandas de Operación	850 MHz	1900 MHz						
Altura de la Antena	31m	28m						
Desde el Suelo								
Azimut de la Antena	330°	330°	115°	115°	215°	215°	290°	290°
Inclinación	4°	4°	4°	4°	3°	3°	2°	2°
Mecánica								
Inclinación	6°	6°	7°	6°	4°	7°	2°	5°
Eléctrica								
Longitud de Jumper	3m x 4 corridas							
Tipo de Feeder	7/8"	7/8"	7/8"	7/8"	7/8"	7/8"	7/8"	½"
Longitud de Feeder	28m x 2 corridas	24m x 2 corridas	24m x 2 corridas					

C. PROYECCIÓN DE LTE

En la estación SDOMINGO2 se instalarán 3 sectores (X, Y, Z) ya que así lo ha requerido la operadora móvil propietaria de la estación, el mismo que se encarga de entregar los datos para su diseño como son los modelos de antenas, alturas de las antenas, azimuts e inclinaciones. En la tabla XII se muestra la tabla de configuración para la proyección de LTE.

TABLA XII
CONFIGURACIÓN RF LTE PROYECTADO

Parámetros	Sector X	Sector Y	Sector Z
Antenas por Sector	1	1	1
Modelo de Antena	ADU451819	ADU451819	ADU451819
Número de Bandas	Dual Band	Dual Band	Dual Band
Bandas de Operación	AWS	AWS	AWS
Altura de la Antena	28m	28m	28m
Desde el Suelo			
Azimut de la Antena	0°	140°	270°
Inclinación	3°	3°	3°
Mecánica			
Inclinación	4°	4°	4°
Eléctrica			
Longitud de Jumper	3m x 4	3m x 4	3m x 4
Tipo de Feeder	½"	½"	½"
Longitud de Feeder	24m x 2	24m x 2	24m x 2

1) Modelo de antena para LTE

La operadora móvil propietaria de la estación SDOMINGO2 utiliza dos tipos de antenas del fabricante Huawei, el modelo ADU451819 (Dual Band) y el modelo AQU4518R9 (Quad Band), para la solución de este sitio se planteó la utilización de antenas Dual Band ADU451919, específicamente tres antenas, una para cada sector, porque su peso es menor que la antena AQU4518R9 y no es recomendable cargar mucho peso en la torre de la

estación, debido a que su estado no se encuentra al 100%.

2) *Altura para las antenas de LTE*

Se decidió instalar las nuevas antenas de LTE junto a las antenas existentes de GSM a una altura de 28m con referencia al suelo, por las siguientes razones: a una altura menor de los 28m se encuentran las antenas de microondas; y a una altura superior a los 28m está la canastilla de la torre y no es posible instalar más peso en ella.

3) *Azimuts para LTE*

La determinación de los azimuts para LTE se realizó con el propósito de cubrir las zonas huecas a donde no llegaba la cobertura por parte de la estación SDOMINGO2, ampliando así su zona de cobertura. Los azimuts determinados para LTE son:

- Sector X LTE: 0°
- Sector Y LTE: 140°
- Sector Z LTE: 270°

4) *Inclinación mecánica para LTE*

Es la inclinación física de la antena con respecto al plano horizontal, lo que hace que este parámetro de configuración sea de mucha importancia para direccionar a la antena hacia su objetivo de cobertura, complementando al azimut de la misma. El valor obtenido es un ángulo de 3° para los Tilts mecánicos de los tres sectores de LTE.

5) *Inclinación eléctrica para LTE*

El tilt eléctrico depende principalmente de que tan grande es la zona a cubrir, ya que mientras más densa sea esta zona, menor será el valor del tilt eléctrico; porque éste hace que el lóbulo de la antena se reduzca conforme incrementa su valor, es decir, que el valor del tilt eléctrico es inversamente proporcional al lóbulo de radiación de la antena. Los valores entregados para la configuración del tilt eléctrico en la estación SDOMINGO2 es de 4° para cada sector.

D. *DIMENSIONAMIENTO DE RRUs*

Existen tres modelos de RRUs del fabricante Huawei que pueden emplearse en un proyecto de modernización, estas son: RRU 3942 para las bandas de 850MHz y 1900MHz; la RRU 3952 únicamente para la banda de 850MHz y la RRU 3953 únicamente para la banda de 1900MHz.

El operador móvil de la estación ha decidido emplear la RRU 3942 para los proyectos de modernización, ya que el mismo modelo puede ser configurado en las dos bandas de frecuencia que se manejan en las estaciones base en Ecuador, es decir en 850MHz y 1900MHz

1) *RRU Huawei 3942*

Esta RRU es multibanda y multifrecuencia; tiene 4 conectores en su parte inferior, lo que quiere decir que puede trabajar con dos tecnologías distintas a la vez, ya que para cada tecnología se requieren de 2 conectores, un transmisor y un receptor. Por lo tanto, la RRU 3942 permite los siguientes modos de configuración:

- **GO (GSM Only):** Cuando la RRU se configura únicamente para trabajar con la tecnología de GSM en 850MHz o 1900MHz.
- **UO (UMTS Only):** Cuando la RRU se configura únicamente para trabajar con la tecnología de UMTS en 850MHz o 1900MHz.
- **GU (GSM-UMTS):** Cuando la RRU se configura para trabajar con ambas tecnologías (GSM y UMTS) en 850MHz o 1900MHz.

2) *Modo de configuración para nuevas RRUs*

Para determinar el modo de configuración para las nuevas RRUs a instalarse en la estación se deben tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- El número de nuevos TRX a configurarse para cada sector.
- El espacio disponible para las nuevas RRUs.
- La potencia de salida de las nuevas RRUs.

El número de TRX proyectado es 6 para todos los sectores en ambas bandas. Las potencias de salida calculadas están dentro del rango de las potencias máximas, por lo tanto, el modo de configuración para las nuevas RRUs sea GU (GSM y UMTS). En la figura 8 se muestra el fotomontaje de las nuevas RRUs.

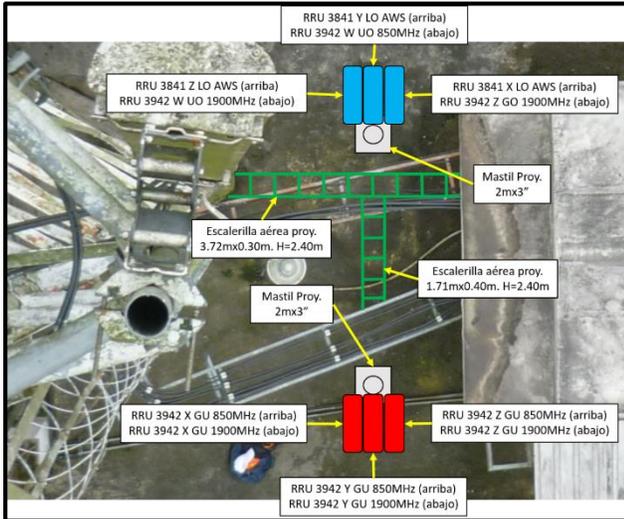


Fig. 8. Fotomontaje RRUs SDOMINGO2

E. REQUERIMIENTOS DE TARJETAS PARA LA BBU

Como en la estación SDOMINGO2 se tiene 4 sectores para GSM y UMTS va a ser estrictamente necesario instalar una BBU adicional a la existente, ya que esta no podría dar abasto a las nuevas configuraciones para LTE y las nuevas RRUs de GSM.

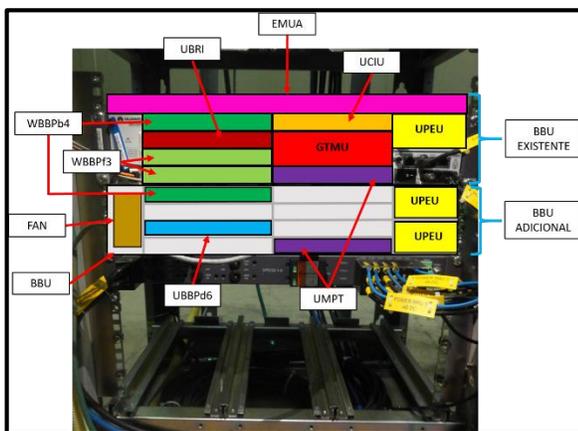


Fig. 9. Fotomontaje tarjetas BBU

En la figura 9 se muestra los cambios a realizarse en la BBU existente en lo que respecta a la instalación de tarjetas. Estos cambios son:

- Se debe instalar una nueva BBU adicional.
- La tarjeta WBBPb4 del slot 2 se reubica en el slot 0 de la BBU existente.
- La tarjeta WBBPb4 del slot 3 se reubica en el slot 0 de la nueva BBU.
- En la BBU existente se debe instalar dos tarjetas WBBPf3 o WBBPd2 en los slots 2 y 3 para segunda portadora de UMTS.
- En la BBU existente se debe instalar una tarjeta UBRI en el slot 1. Esta es la tarjeta de interfaz de radio de banda base universal, que se utiliza cuando se tienen más de 3 sectores GSM.
- En la BBU existente se debe instalar la tarjeta UCIU en el slot 4, esta tarjeta se encarga de interconectar a la BBU existente con la nueva BBU.
- En la BBU existente se debe instalar la tarjeta GTMU en los slots 5 y 6, esta tarjeta es para la tecnología GSM, conecta las RRUs de GSM con el equipo de transmisión.
- En la BBU existente se reemplaza la tarjeta WMPT por la UMPT, esta tarjeta es universal para GSM, UMTS y LTE.
- En la BBU existente se reemplaza la tarjeta UEIU por otra UPEU.
- En la nueva BBU se debe instalar la tarjeta FAN que se encarga del control del estado de la BBU, manteniendo la temperatura conveniente para su funcionamiento.
- En la nueva BBU se debe instalar la tarjeta UBBPd6 en el slot 2, esta es la tarjeta para LTE.
- En la nueva BBU se debe instalar la tarjeta UMPT en el slot 7.
- En la nueva BBU se deben instalar dos tarjetas UPEU.

F. REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA

En lo que respecta a la energía en DC, se debe instalar un nuevo rectificador en la Power Plant para que soporte el consumo de las nuevas cargas que genera un valor de 144A. Este nuevo rectificador necesita de un nuevo breaker para que soporte su consumo; este breaker debe ser de 63A, ya que la potencia de los rectificadores Eltek es de 3kW con un voltaje de 48V, por lo tanto, su corriente es de 62.5A.

Las RRUs necesitan alimentación de energía proveniente de las DC Boxes o DCDUs, las cuales se instalan junto a las BBUs. La DC Box DPD32-1-6 existente es un modelo antiguo, que no tiene los suficientes puertos para conectar las nuevas RRUs; por este motivo es necesario cambiar esta DC Box por la DCDU-03B, ya que se instalará una nueva BBU en la estación, esta BBU necesita de su propia DC Box. De esta manera en el Rack de las BBUs, en lo que respecta a energía se instalarán dos nuevas DC Box del modelo DCDU-03B.

G. SISTEMA DE TRANSMISIÓN SDOMINGO2 PROYECTADO

En el caso de GSM, actualmente se tiene transmisión por E1, es decir TDMA mediante una Flexi Hopper. Para su modernización, la transmisión será por IP conectándose a la SAR-M existente en cualquiera de sus puertos fast ethernet disponibles. Esto es posible ya que su esquema de conexión será similar al de UMTS, pues en lugar de las BTSs estarán las RRUs.

Para UMTS y LTE, el equipo SAR-M me permite realizar una cotransmisión de ambas tecnologías, es decir que la transmisión de UMTS y LTE se harán por el mismo puerto fast ethernet.

H. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Para verificar que el diseño de modernización de la estación SDOMINGO2 logra cubrir las zonas delimitadas por sus azimuts, con un alcance mínimo de 500m desde la antena hacia el objetivo, se realiza la simulación de la estación mediante el software Radio Mobile.

En la figura 10 se observa el resultado obtenido por el software de simulación Radio Mobile, en el cual se simuló la cobertura alcanzada por cada una de las tres tecnologías, GSM, UMTS y LTE.

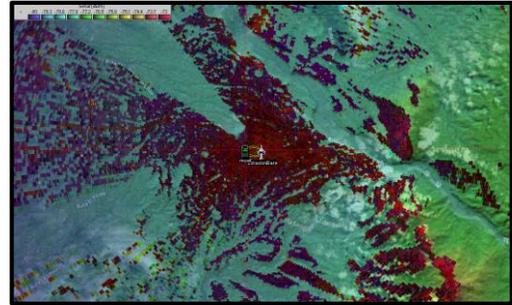


Fig. 10. Cobertura alcanzada por las tres tecnologías en la estación SDOMINGO2

Después de haber realizado el diseño para la modernización de la estación SDOMINGO2 con su respectiva prueba de funcionamiento, es importante tener una visualización general de cómo quedará la arquitectura general de la red de telecomunicaciones en dicha estación, con las tecnologías existentes y sus cambios correspondientes; y la nueva tecnología LTE.

En la figura 11 se muestra la arquitectura general de red que adquiriría la estación SDOMINGO2, en caso de que el plan de modernización presentado en este proyecto se instale. Cabe resaltar que el color rojo representa a la tecnología de GSM, el color verde representa a UMTS y el color azul a LTE.

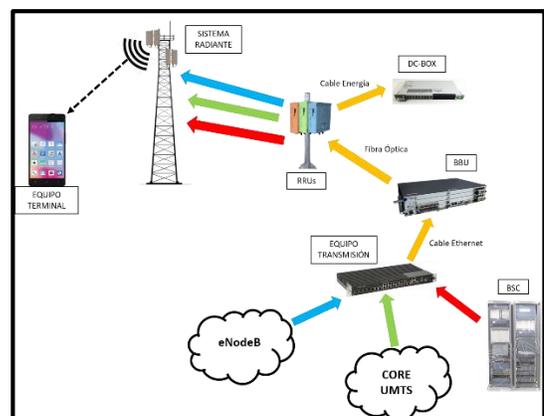


Fig. 11. Arquitectura de red proyectada de la estación SDOMINGO2

V. CONCLUSIONES

Se desarrolló el plan de modernización de la estación SDOMINGO2 para la empresa SpeedTech Telecomunicaciones, en el cual se indica las configuraciones respectivas a realizarse en cada una de sus tecnologías (GSM, UMTS y LTE), además de los equipos y materiales necesarios para la implementación del plan; el cual permitirá que la zona de cobertura se amplíe, cubriendo las áreas cercanas a la estación que actualmente no se benefician de los servicios que ella brinda.

Gracias al análisis de la situación actual de la estación SDOMINGO2, se identificó las tecnologías existentes en ella y las bandas de frecuencia sobre las que trabajan, teniendo como resultado que GSM trabaja en la banda de 850MHz y 1900MHz con equipos Nokia más conocidos como BTSs, los cuales tienen una tecnología un tanto obsoleta para los tiempos actuales; mientras que la tecnología UMTS trabaja únicamente en la banda de los 850MHz con equipos Huawei conocidos como RRUs de un modelo antiguo, que limita futuras proyecciones y actualizaciones en la estación base.

Al realizar los cálculos de potencia para el dimensionamiento de las nuevas RRUs, se pudo determinar el modo de configuración adecuado de dichos equipos para optimizar recursos como el espacio físico en la estación y el incremento del número de TRX, tomando en cuenta los requerimientos del cliente en cuanto a modelos de equipos se refiere.

Con la propuesta de cambio de equipos Nokia (BTSs) de GSM por los nuevos equipos Huawei (RRUs), se logrará obtener una mejor administración de los TRX, dejando abierto el panorama para un futuro crecimiento de la red ya que ahora los TRX serán lógicos.

Al abrir la banda de 1900MHz para UMTS, se tiene mayor potencia en la transmisión hacia el objetivo de cobertura de cada sector, ya que se

aumentará el número de TRX de 4 a 6 para cada sector en la nueva banda de frecuencia.

Con la implementación de LTE, los usuarios se beneficiarán de una transmisión de datos móviles más rápida y se alcanzarán zonas de cobertura cercanas a las ya existentes por los azimuts configurados.

El plano en AutoCad de la estación base con los cambios a realizarse, es de mucha ayuda para el momento de la implementación, ya que da una idea clara y específica de los cambios físicos a realizarse en ella; mientras que la simulación en Radio Mobile permite tener una idea del alcance que tendrá cada tecnología en un ambiente real que incluye obstrucciones de visibilidad considerables como montañas.

REFERENCIAS

- Aguirre Álvarez, J. M., & Chávez González, L. A. (2010). Estudio y Diseño de Transmisores y Receptores UMTS. Guayaquil - Ecuador.
- Alvarez Paredes, D. C. (2014). repositorio.utn.edu.ec. Retrieved from <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/3771>
- ARCOTEL. (2015, Febrero 13). Resolución ARCOTEL-2015-000100. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Asanza Quezada, A. G., & Cisneros Paladines, E. (2009). dspace.espol. Retrieved from <https://www.dspace.espol.edu.ec/.../Evaluación%20de%20la%20Tendencia%20Tecnol...>
- Calderón, M., & Escandón, J. (2010). Introducción a WCDMA para UMTS. <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/186/3/Capitulo%202.pdf>.
- CEDEÑO, E. F. (Octubre, 2015). DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN NODO B ADICIONAL EN UNA ZONA DE ALTO TRÁFICO DE LA CIUDAD DEL COCA PROVINCIA DE ORELLANA PARA AUMENTAR CAPACIDAD Y COBERTURA DE LA RED UMTS. Quito.
- Cerquides, D. R. (Enero 2010). Comunicaciones Móviles 2G y 3G+. Trabajo Personal Diapositivas.
- Chimbo Rodríguez, M. C. (2012). Analisis a la Propuesta de Evolución de Redes 3G y su Convegenia a la Tecnología 4G para Redes de Telefonía Móvil. Cuenca - Ecuador.

- Dans, E. (jueves 11 de noviembre de 2004). UMTS La ceguera intencionada. Avance de las Nuevas Tecnologías.
- Donate Prieto, F. (2012). GPRS. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11980/fichero/CAP%CDTULO+3++FUNDAMENTOS+GSM+Y+UMTS%252F3.4+GPRS.pdf>.
- Fajardo Patrón, D. (2004). catarina.udlap.mx. Retrieved from http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/fajardo_p_d/
- Falcone, F., Huidrobo, J. M., & Millán, R. (2008). ramonmillan.com. Retrieved from <http://www.ramonmillan.com/documentos/ciudadaniamovil.pdf>
- García Cogorro, J., Carro, A., Soto, J., Shulte-Bockum, J., Van Doorn, P., & Páez, J. M. (2004). 3G/UMTS Una realidad impaciente. Fundación de la Innovación Bankinter; https://www.fundacionbankinter.org/documents/11036/16211/Publicacion+PDF+ES+FTF_3G/da82222c-8d3a-417e-984a-d99b680
- González, T., Ortíz, B., & Bonilla, C. (n.d.). REDES UMTS. Retrieved from <https://ehumir.files.wordpress.com/2013/04/articulo-redes-umts.pdf>
- GSMA. (2016). GSMA. Retrieved from <https://translate.google.com.ec/translate?hl=es&sl=en&u=http://www.gsma.com/aboutus/gsm-technology/gsm&prev=search>
- Guachilema Valencia, I. J., & León Drouet, I. A. (Enero, 2010). Calidad de Servicio (QoS) de la Red UMTS en la Ciudad de Durán. Duran - Ecuador: <http://www.ultratelcomunicaciones.com>.
- Hernando Rabanos, J. M. (2004). COMUNICACIONES MOVILES (segunda ed.). Universitario Rmon Areces.
- Herradón Diez, R. (Marzo, 2010). Comunicaciones Móviles 3G: UMTS, <http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-ycomunicaciones->.
- Herrera, J. L. (Mayo, 2009). Tecnologías Celulares de Tercera Generación y su Evolución. Lima.
- Huawei Technologies Co., L. (08 Enero, 2014). WCDMA Nodo_B DBS3900 - Guía de Instalación de Hardward (Mini Shelter). Quito - Ecuador.
- Huidobro, J. M. (2013). acta.es. Retrieved from http://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/020001.pdf
- Jaramillo, M. (n.d.). dspace.espol. Retrieved from <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/30349/1/Implementaci%C3%B3n%20de%20Red%20M%C3%B3vil%20con%20Tecnolog%C3%ADa%204G%20LTE.pdf>
- López García, J. (2005). catarina.udlap.mx. Retrieved from http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/lopez_g_j/
- Martínez Rodríguez, R. O. (8 Enero de 2004). Estudio sobre las prestaciones de Antenas Inteligentes en Sistemas de Comunicaciones Móviles de Tercera Generación (UMTS). Madrid - España.
- Millán Tejedor, R. (2000). RAMONMILLAN.COM. Retrieved from <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/umts.php>
- Montes de Oca, E., Egel Bello, M., & Rodríguez Medrano, N. (2012). UMTS(Universal Mobile Telecommunication System).
- Murguet, R. (2004). Comunicaciones Móviles, GSM, GPRS, EDGE. Cuenca - Ecuador: <http://slideplayer.es/slide/1101555/>.
- Navarro Giovanetti, J. A. (2008). Evolución de 3G y su Convergencia a 4G en Comunicaciones Móviles. Valdivia.
- Qualcomm. (May 2006). WCDMA Network Planning. 80-W0853-1 Revision B,
- Ricaurte Zambrano, B. E., & Delgado Arechúa, R. F. (2010). Diseño de una red UMTS para brindar el servicio de internet en la vía a la costa de la Ciudad de Guayaquil desde el Km. 10 hasta el Km. 25. Guayaquil - Ecuador.
- Romero Zevallos, M. F. (2009). repositorio.pucp. Retrieved from http://tesis.pucp.edu.pe:8080/xmlui/bitstream/123456789/198/2/ROMERO_MIGUEL_DISENO_RED_HSDPA_AREQUIIPA.pdf
- Sevilla, E. S.-U. (2010). Diseño y parametrización de una estación de telefonía móvil 2G/3G. Sevilla.
- Technologies, H. (Enero, 2010). WCDMA RAN Fundamental ISSUE 1.0. www.huawei.com/support.
- Telecomunicaciones, U. (Enero, 2010). Network Planning - Initial Tuning - Optimización. <http://www.ultratelcomunicaciones.com>.
- Tito Ovalle, A. E. (n.d.). slideshare. Retrieved from <http://es.slideshare.net/aetiova1/umts-49113982>
- Vielma, M. (2005). Introducción a las Antenas.



Katherine Daniela Morillo García

Nació en Atuntaqui – Ecuador el 25 de Agosto de 1989. Actualmente radica en la ciudad de Ibarra. Sus estudios primarios y secundarios los realizó en la Unidad Educativa “Sagrado Corazón de Jesús” Hmnas. Bethlemitas donde el 22 de junio del 2007 obtuvo el título de Bachiller en ciencias Fisicas-Matematicas.

Actualmente egresada de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación en la Universidad Técnica del Norte (UTN) de la ciudad de Ibarra. Posee la suficiencia en inglés otorgada por el Ministerio de Educación del Ecuador, ha asistido a cursos de Mantenimiento de Computadoras, Electricidad y Electrónica Básica, Diseño de Páginas Web con el Paquete ADOBE, Métodos de Integración.