

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES

Trabajo de fin de carrera titulado:
**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN PILOTO PARA AUMENTAR
LA CAPACIDAD DEL BACKBONE DE INTERCONEXIÓN ENTRE DOS
RADIOBASES UBICADAS EN EL SECTOR DE LA ARMENIA PARA LA
EMPRESA MYRCO S.A.”**

Realizado por:
GABRIEL ALEJANDRO CASTILLO MARÍN

Director del proyecto:
ING. MARCELO ZAMBRANO VIZUETE

Como requisito para la obtención del título de:
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

QUITO, FEBRERO DEL 2014

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN PILOTO PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD DEL BACKBONE DE INTERCONEXIÓN ENTRE DOS RADIOBASES UBICADAS EN EL SECTOR LA ARMENIA PARA LA EMPRESA MYRCO S.A.”

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, GABRIEL ALEJANDRO CASTILLO MARÍN, con cédula de identidad # 1719464396, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Gabriel Alejandro Castillo Marín

C.C.: 1719464396

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN PILOTO PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD DEL BACKBONE DE INTERCONEXIÓN ENTRE DOS RADIOBASES UBICADAS EN EL SECTOR DE LA ARMENIA PARA LA EMPRESA MYRCO S.A.”

Realizado por:

GABRIEL ALEJANDRO CASTILLO MARÍN

como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

ha sido dirigido por el profesor

ING. MARCELO ZAMBRANO VIZUETE

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

Ing. Marcelo Zambrano V.

DIRECTOR

Los Profesores Informantes:

Ing. Antonio Becerra

Ing. Verónica Falconí

Después de revisar el trabajo presentado,
lo han calificado como apto para su defensa oral ante
el tribunal examinador

Ing. Antonio Becerra, MBA

Ing. Verónica Falconí, MSc

QUITO, FEBRERO DEL 2014

DEDICATORIA

Este proyecto de fin de carrera, quiero dedicarlo a todas y cada una de las personas que estuvieron y están a mi lado dándome todo su apoyo y amor para que pueda cumplir con esta meta que me he trazado.

Quiero dedicar a mi familia entera porque sé que se interesan y preocupan por todos los pasos que doy, pero especialmente dedico este trabajo a una persona que dejó un gran y profundo vacío en todos nosotros, pero de igual manera nos dejó muchas enseñanzas para ser hombres y mujeres de bien, con todo cariño, admiración y amor para mi abuelito querido, Galo Marín.

AGRADECIMIENTO

Quiero dar las gracias a Dios por estar donde estoy y permitirme realizar lo que estoy realizando, a mis padres adorados porque gracias a ellos y a todo, todo el amor, sacrificio, paciencia que han tenido hacia mí, estoy aquí dando este paso importante en mi vida, a mi hermanita por todo su apoyo y amor, los amo.

A mi familia entera por todo lo que han hecho por mí, por todas las vivencias y enseñanzas que me han sabido brindar, gracias, gracias de corazón.

Por todo tu amor, paciencia, apoyo, comprensión y todas esas demás características que te hacen especial, por ser mi principal inspiración y porque simplemente haces que mi mundo gire, mil gracias amor, eres mi todo.

Quiero agradecer a PROYECTOS MYRCO S.A. por toda la colaboración prestada para la realización de este proyecto, a cada uno de mis compañeros de trabajo y en especial a mis superiores que permitieron que este proyecto salga adelante, infinitas gracias.

Finalmente, pero no menos importante, a todos y cada uno de mi amigos y profesores de la UISEK, desde mis inicios hasta ahora que doy este paso, por brindarme su cariño, apoyo, sapiencia y paciencia a lo largo de mi carrera universitaria, mil gracias de infinito corazón.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Resumen	1
Abstract	2
CAPÍTULO I.....	3
INTRODUCCIÓN	3
1.1. El Problema de Investigación	3
1.1.1. Planteamiento del Problema.....	3
1.1.1.1. Diagnóstico del problema.....	3
1.1.1.2. Pronóstico	4
1.1.1.3. Control del Pronóstico	5
1.1.2. Formulación del problema	6
1.1.3. Sistematización del problema.....	6
1.1.4. Objetivo general	6
1.1.5. Objetivos específicos.....	7
1.1.6. Justificaciones	7
1.2. Marco Teórico	8
1.2.1. Estado actual del conocimiento sobre el tema	8
1.2.2. Adopción de una perspectiva teórica	21
1.2.3. Marco conceptual	21
CAPÍTULO II.....	26

MÉTODO	26
2.1. Estudio inicial	26
2.1.1. Objetivos de cobertura	26
2.1.2. Estudios de LOS (Line Of Sight).....	27
2.1.3. Sitio elegido	39
2.1.3.1. Ubicación	39
2.1.3.2. Características del Sitio	40
2.1.3.3. Croquis de acceso.....	40
2.1.3.4. Fotografías.....	41
2.2. Reporte del sitio.....	45
2.3. Barrido espectral de frecuencias	55
2.4. Diseño de red celular	72
CAPÍTULO III.....	73
RESULTADOS	73
3.1. Implementación	73
3.1.1. Elementos en las estaciones	74
3.1.2. Configuración de equipos	74
3.2. Pruebas y Documentación de los resultados obtenidos	83
CAPÍTULO IV.	91
DISCUSIÓN.....	91

4.1. Conclusiones.....91

4.2. Recomendaciones92

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....93

GLOSARIO DE TÉRMINOS.....95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - LOS Opción 1	39
Tabla 2 - LOS Opción 2	43
Tabla 3 – LOS Opción 3	47
Tabla 4 – TSS	57
Tabla 5 – Informe Barrido espectral	67
Tabla 6 – Comparación estado inicial / actual	85
Tabla 7 – Pruebas y Documentación Puente 8	94
Tabla 8 – Pruebas y Documentación La Armenia.....	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Crecimiento de abonados de telefonía móvil	17
Figura 2. Abonados de internet Fijo y Móvil	18
Figura 3. Crecimiento de la red móvil celular	19
Figura 4. Comunicación microonda entre estaciones base	24
Figura 5. Porcentaje Zona de Fresnel.....	31
Figura 6. Red general de telefonía celular	37
Figura 7. Lugar donde se desea colocar la estación. Opción 1	41
Figura 8. Lugar donde se van a colocar los equipos. Opción 1.....	41
Figura 9. Vista hacia la estación CONOCOTO desde opción 1	42
Figura 10. Vista hacia la estación ARMENIA, desde opción 1	42
Figura 11. Vista hacia la estación PLAYA CHICA, desde opción 1.....	43
Figura 12. Lugar donde se desea colocar la estación. Opción 2.	45
Figura 13. Lugar donde se van a colocar los equipos. Opción 2.....	45
Figura 14. Vista hacia la estación ARMENIA, desde opción 2	46
Figura 15. Vista hacia la estación CONOCOTO, desde opción 1	46
Figura 16. Lugar donde se desea colocar la estación. Opción 3	48
Figura 17. Lugar donde se van a colocar los equipo. Opción 3.	49
Figura 18. Vista hacia la estación CONOCOTO, desde opción 3	49
Figura 19. Vista hacia la estación ARMENIA, desde opción 3	50

Figura 20. Vista hacia la estación PLAYA CHICA, desde opción 3.....	50
Figura 21. Vista hacia la estación PLAYA CHICA, desde opción 3.....	51
Figura 22. Croquis de acceso al sitio.....	52
Figura 23. Sitio elegido, Vista lateral.....	53
Figura 24. Sitio elegido, Vía de acceso	53
Figura 25. Sitio elegido, Vista lateral.....	54
Figura 26. Sector 2 (vista de 60°, 90° y 120°)	54
Figura 27. Sector 3 (vista de 270, 300°, y 330°).....	55
Figura 28. Sector 1 (20°)	55
Figura 29. Sector 2 (85°)	56
Figura 30. Sector 3 (310°)	56
Figura 31. Vista de la estación La Armenia	62
Figura 32. Línea de vista orientada al azimut con la estación Puente 8.....	62
Figura 33. Ubicación de la IDU y DDF dentro del SR2 (opción1).....	63
Figura 34. Ubicación del Nuevo Rack (opción 2).....	63
Figura 35. Nuevo tablero DC	64
Figura 36. Barra de tierra Outdoor	64
Figura 37. Ubicación de Antena.....	65
Figura 38. Recorrido del cable de IF por las escalerillas	65
Figura 39. Recorrido del cable de IF hasta mástil.....	66

Figura 40. Diseño red celular	84
Figura 41. Conexión local y remota del enlace	86
Figura 42. Asignación de la frecuencia de operación	87
Figura 43. Asignación de la potencia transmisión	87
Figura 44. Habilitación de tributarios	88
Figura 45. Modulación del equipo	88
Figura 46. Configuración sistema monitoreo	89
Figura 47. Resumen de alarmas	89
Figura 48. Propiedades del equipo	90
Figura 49. Conexión local y remota del enlace	90
Figura 50. Asignación de la frecuencia de operación	91
Figura 51. Asignación de la potencia transmisión	91
Figura 52. Habilitación de tributarios	92
Figura 53. Modulación del equipo	92
Figura 54. Configuración sistema monitoreo	93
Figura 55. Resumen de alarmas	93
Figura 56. Propiedades del equipo	94

Resumen

La red de telefonía móvil celular ha permitido que la comunicación principalmente de voz y seguidamente de datos entre los diferentes sitios de la urbe, se expanda de manera masiva. El presente proyecto de fin de carrera tiene como objetivo el diseñar e implementar un enlace de red móvil celular que posibilite la ampliación de la capacidad de interconexión entre dos radiobases en el sector de La Armenia y el Puente 8, con la finalidad de cumplir con las necesidades de los usuarios finales de dichos sectores. Se realizó los estudios de línea de vista (LOS – Line of Sight), para así determinar que opción es la mejor por la visibilidad directa que se obtiene entre las antenas transmisora y receptora, según su posición.

Luego de realizado los estudios en donde se estableció tres opciones, se definió que la opción dos en el sector del Puente 8 es la mejor, puesto que tiene una línea de vista más clara y directa con la estación colateral sin posibilidad de obstáculos en línea recta. Posterior a esto, se realizó el reporte técnico de sitio (TSS – Technical Site Survey), de la estación colateral, la Armenia, por tratarse de una estación existente, en la cual se muestra la disponibilidad de espacio que existe en el sitio para el montaje e instalación de los equipos que funcionarán en el nuevo enlace. Además se detalla la parte eléctrica, la ubicación de los equipos a instalar en el rack. Después de realizar estos estudios, se determinó los recursos técnicos necesarios, como son los equipos Indoor, equipos Outdoor y antenas, de igual forma se especificó las configuraciones realizadas de dichos equipos. En todo proyecto es fundamental realizar las pruebas de los equipos, para comprobar su correcto funcionamiento, con el propósito de asegurar que los sitios de las radiobases están listos para la integración del radioenlace. Se realizaron las pruebas en los sitios y se procedió a documentar los resultados obtenidos.

Palabras clave: Red de telefonía móvil celular, radiobase, radioenlace

Abstract

The cellular mobile telephone network has enabled voice communication mainly followed data between different sites of the city, to expand massively. This final year project aims to design and implement a cellular mobile network link that enables expanding the interconnection capacity between two radio base stations in La Armenia and Puente 8 in order to meet the needs of end users of these sectors. Studies of LOS (Line of Sight) was conducted to determine which option is best for you get sight between the transmitting and receiving antennas, depending on their position.

After done studies where three options was determined, it was decided that option two in the area of Puente 8 is the best, since it has a line of clear and direct view to the side station without possibility of obstacles in a straight line. Following this, the TSS (Technical Site Survey) conducted in collateral season, La Armenia, because it is an existing station, in which there is space available at the site shown to the assembly and installation of equipment that will work on the new link. Besides detailing the electrical part, the location of the equipment installed in the rack. After performing these studies, it was determined necessary technical resources, such as Indoor and Outdoor equipment and antennas, just as the settings made in the equipment specified. In any project is essential testing equipment to verify proper operation, in order to ensure that base stations sites are ready for the integration of the radio. Testing sites conducted and proceeded to document the results.

Keywords: mobile cellular network, base station, radio link

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1. El Problema de Investigación

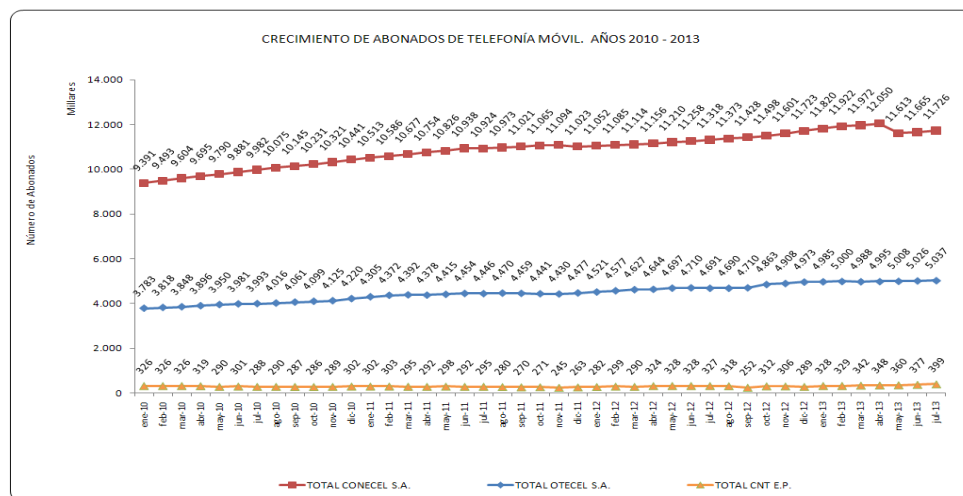
1.1.1. Planteamiento del Problema

1.1.1.1. Diagnóstico del problema

El crecimiento de la demanda en el sector de las telecomunicaciones, tanto comercial como tecnológico, ha provocado que este segmento y en particular el de la telefonía móvil celular se desarrolle de manera vertiginosa en estos últimos años.

Es por esto que las actividades económicas y comerciales van en aumento y requieren de un mayor relacionamiento con las TIC's para aumentar su productividad y rentabilidad.

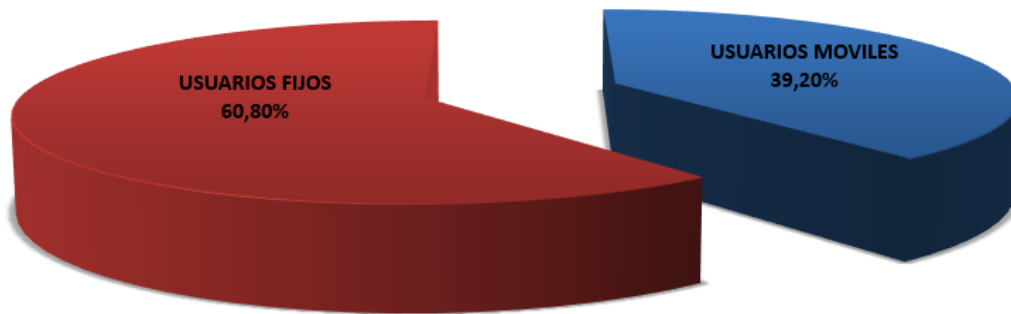
Figura 1. Crecimiento de abonados de telefonía móvil



Fuente: INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) (2013). *Ecuador*

Figura 2. Abonados de internet Fijo y Móvil

USUARIOS-Internet Fijo y Móvil-Junio 2013



Fuente: SUPERTEL. (Superintendencia de Telecomunicaciones). (2013). *Estadísticas de Servicios de Telecomunicaciones*.

En el sector de la Armenia ubicado en el Valle de los Chillos, la red de telefonía móvil celular de la operadora Telefónica-Movistar, actualmente no posee la capacidad necesaria para cubrir los requerimientos de servicio de los usuarios, lo que involucra diversos tipos de problemas para dicha operadora. Uno de los problemas más significativos, es la ineficiente calidad de servicio (QoS – QUALITY OF SERVICE), lo que deriva en retardos de las comunicaciones, eco y caídas de servicio tanto de voz como datos.

1.1.1.2. Pronóstico

La calidad en el servicio que se brinda a los usuarios es uno de los puntos críticos de cualquier negocio, ya que éste debe ser el factor diferenciador y el que proporcione una ventaja competitiva con nuestros competidores.

Es importante considerar el crecimiento de los servicios de telecomunicaciones, que se deben especialmente a dos circunstancias:

- El aumento de un ancho de banda: requerido por las aplicaciones que permita brindar nuevos servicios, los cuales se han ido implementando en el transcurso del tiempo en el sector de la Armenia.
- El aumento en la cantidad de usuarios: según las estadísticas de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, se presenta un considerable aumento en la demanda del servicio de telefonía móvil (como se aprecia en la figura 3).

Figura 3. Crecimiento de la red móvil celular



Fuente: SENATEL (Secretaria Nacional de Telecomunicaciones) (2013). *Biblioteca*. Ecuador

Debido a estos dos aspectos, es obligatorio para la operadora celular presentar alternativas de solución que permitan brindar una mejor calidad en el servicio brindado al usuario, caso contrario la SUPERTEL (Superintendencia de Telecomunicaciones) se verá obligado a multar económicamente a la operadora que no cumpla con las normas y leyes vigentes.

1.1.1.3. Control del Pronóstico

Actualmente el backbone de la red móvil celular en el sector de la Armenia no posee la suficiente capacidad para el abastecimiento de la demanda de todos los servicios y usuarios,

por lo que es indispensable diseñar e implementar un plan piloto, con la finalidad de aumentar la capacidad de dicha red de backbone de interconexión entre dos radiobases ubicadas en el sector la Armenia el cual será desarrollado por la empresa MYRCO S.A.

1.1.2. Formulación del problema

¿Qué aspectos técnicos, legales y comerciales debe tomar la empresa MYRCO S.A. para diseñar e implementar un plan piloto para aumentar la capacidad de la red de backbone y que cumpla además con las necesidades y los requerimientos de los usuarios y los estándares de servicio establecidos por la operadora Telefónica – Movistar en el sector de la Armenia?

1.1.3. Sistematización del problema

1. ¿Qué estudios son necesarios para un correcto diseño e implementación de la capacidad del backbone de interconexión entre dos radiobases del sector la Armenia?
2. ¿Con qué recursos técnicos se debe contar para aumentar la capacidad del backbone de interconexión entre dos radiobases del sector la Armenia?
3. ¿Cuál es el procedimiento para instalar y configurar los equipos activos para que funcionen adecuadamente de acuerdo a las especificaciones de los fabricantes?
4. ¿Qué pruebas se deben realizar para verificar y garantizar la correcta operación del backbone de interconexión entre dos radiobases del sector la Armenia?
5. ¿Cuál será la documentación que se generará a partir de los resultados obtenidos en la interconexión del backbone?

1.1.4. Objetivo general

- Diseñar e implementar un plan piloto para el enlace de backbone de red móvil celular que permita a la empresa MYRCO S.A. ampliar la capacidad de

interconexión entre dos radiobases en el sector de la Armenia para cumplir con las necesidades de los usuarios finales actuales.

1.1.5. Objetivos específicos

- Efectuar el estudio de línea de vista (LOS) y el reporte técnico de sitio (TSS) para obtener la información necesaria que garantice el diseño y la implementación del backbone de la red, y consigo el medio de interconexión del mismo.
- Determinar el nuevo equipamiento y los recursos técnicos necesarios para especificar los equipos activos que intervendrán en la implementación del backbone de interconexión entre dos radiobases del sector la Armenia.
- Crear el procedimiento a seguir para la instalación y configuración de los equipos y elementos activos del backbone de interconexión en el sector de la Armenia (Valle de los Chillos) a las especificaciones técnicas de los fabricantes.
- Desarrollar el plan de pruebas de interconexión de la red móvil celular para el correcto funcionamiento del servicio de telecomunicaciones, que comprende las conexiones cruzadas y los cálculos del mismo.
- Documentar los resultados obtenidos en la interconexión del backbone entre dos radiobases en el sector de la Armenia.

1.1.6. Justificaciones

De acuerdo a la tercera política y lineamiento estratégico del Objetivo 11 del Plan Nacional del Buen Vivir, donde se cita: “Democratizar la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones y de tecnologías de información y comunicación (TIC), incluyendo radiodifusión, televisión y espectro radioeléctrico, y profundizar su uso y acceso universal”, el presente proyecto de fin de carrera es técnico - práctico, ya que requiere de diversos estudios que ayudará en la implementación del enlace microonda. Se realizará el diseño, la

instalación y configuración de los equipos seleccionados, generando de esta manera, el enlace deseado con sus respectivas pruebas para integrar el mismo, lo que brindará una mejoría en el servicio de los usuarios y por ende de la comunidad del sector de la Armenia,

1.2. Marco Teórico

1.2.1. Estado actual del conocimiento sobre el tema

La telefonía móvil ha tenido distintas etapas de evolución las cuales se les ha denominado generaciones y desde el comienzo de la era de la telefonía celular en la década de los 70 donde se introdujo el primer radioteléfono. Las comunicaciones móviles sin duda alguna han experimentado un enorme crecimiento desarrollándose diversas tecnologías y sistemas para dar servicios de comunicación inalámbrica.

En el Ecuador, el servicio móvil celular inicia a finales de 1993 con la entrada en el mercado de CONECEL S.A. (Porta Celular, luego CLARO) y OTECEL S.A. (la que al inicio se denominaba Celular Power, luego Bellsouth y actualmente denominada Movistar), manteniéndose un duopolio hasta el año 2003 cuando entró en operación una tercera operadora TELECSA (al inicio Alegro y actualmente CNT E.P.). (SUPERTEL. “Evolución de la telefonía móvil en Ecuador”. Párr.1. Recuperado de: http://supertel.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=1158&Itemid=50)

Desde 1953, Proyectos Myrco S.A. forma parte en el diseño y construcción de proyectos como: edificios, casas, puentes, carreteras, plantas industriales, estaciones de telecomunicaciones y proyectos hidroeléctricos en todo el Ecuador. (MYRCO. “Presentación”. Párr. 3. Recuperado de: <http://myrco.com.ec/paginas/01-presentacion.html>)

Para un enlace troncal que provee conectividad entre un área específica (estaciones terrenas) garantizando LOS y usando equipos de radio con frecuencias de portadora por

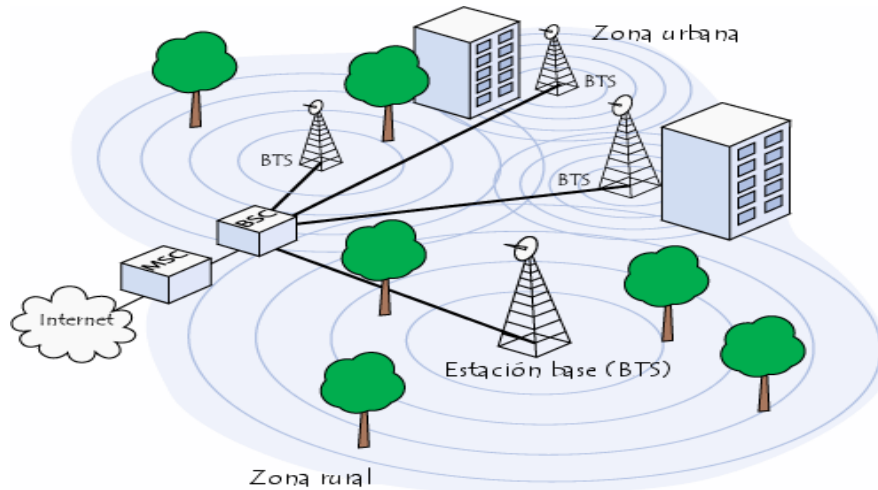
encima de 1 GHz, la forma de onda emitida puede ser analógica (convencionalmente en FM) o digital. Las principales aplicaciones de un sistema de microondas terrestre son las siguientes:

- Telefonía básica (canales telefónicos).
- Digitalización.
- Telégrafo/Telex.
- Telefonía Celular (Troncales).

Las redes deben admitir una amplia variedad de aplicaciones y servicios, así también como funcionar con diferentes tipos de infraestructuras físicas. La arquitectura de red es el conjunto de las tecnologías que admiten la infraestructura y a los servicios y protocolos programados que pueden trasladar los mensajes en toda esa infraestructura.

Los sistemas en las redes móviles, como son UMTS, GPRS, GSM tienen terminales los cuales se las conoce como estación móvil. Una estación móvil está constituida por una tarjeta SIM (Módulo de Identificación de Abonado), que permite identificar de manera única al usuario y al dispositivo del usuario. Las terminales se identifican por medio de un número único de identificación de 15 dígitos denominado IMEI (Identificador Internacional de Equipos Móviles). Cada tarjeta SIM posee un número de identificación único y secreto denominado IMSI (Identificador Internacional de Abonados Móviles). Este código se puede proteger con una clave de 4 dígitos llamada código PIN. Por lo tanto, la tarjeta SIM permite identificar a cada usuario independientemente de la terminal utilizada durante la comunicación con la estación base.

Figura 4. Comunicación microonda entre estaciones base



Fuente: Arquitectura de red GSM. Recuperado de: <http://es.kioskea.net/contents/681-estandar-gsm-sistema-global-de-comunicaciones-moviles>.

Las comunicaciones entre una estación móvil y una estación base se producen a través de un vínculo de radio, por lo general denominado interfaz de aire. (Telefonía Celular. “Principios Básicos”. Párr. 5. Recuperado de: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3906/1/CD-3629.pdf>)

En una red celular, los modelos de propagación representan la celda como un área circular del área total a cubrir, que se divide en celdas hexagonales. Teóricamente se seleccionó la geometría celular, ya que es la única que permite cubrir un área sin dejar espacios vacíos y sin que exista superposición entre ellas. El hexágono permite un análisis más sencillo de:

- Asignación de una banda de frecuencia limitada al sistema.
- Técnicas de múltiple acceso que trasladan la frecuencia a un conjunto determinado de canales de tráfico.

- Clúster (agrupación) de celdas K que es igual al grupo de canales adyacentes que usan todas las bandas asignadas al sistema. (Mare, Renzo. Introducción a la Telefonía Celular. Pág. 9. Recuperado de: <http://msanchez.usach.cl/lcc/introtelefoniacelular.pdf>)

Todo esto es un modelo teórico que permite hacer la planificación y estimaciones iniciales. En la práctica el área de cobertura de una celda es totalmente irregular pero siempre alrededor del punto de ubicación de la estación base.

Las microceldas se usan para cubrir áreas densamente pobladas, o dividir celdas existentes en celdas más pequeñas usadas en los sistemas celulares, de tal manera que el tamaño y el costo son reducidos. Tiene radios desde 50 m hasta 1 km, ofrecen servicio a usuarios fijos o que se muevan lentamente con elevada densidad de tráfico urbano con velocidades de 384 Kbps.

La interconexión de microceldas es completamente diferente a las macroceldas, ya que algunas microceldas son esencialmente "Sitios de Radiación Remota", donde los RF (Radio Frecuencia) o IF (Frecuencia Intermedia) de señales de radio móviles son transmitidos a través de un enlace óptico, o un enlace de radio punto a punto, para una distribución puntual de microondas que actúa como el centro físico de las microceldas. (Direct RSS. 4.3 AGRUPACION DE CELDAS, “Microceldas”. Párr. 2. Recuperado de: http://www.directrss.co.il/TextPage_EN.aspx?ID=10759870)

Las macroceldas son celdas que permiten brindar servicio a áreas geográficas grandes, remotas y escasamente pobladas. Las macroceldas convencionales son interconectadas a centros móviles típicamente configurados inicialmente con las facilidades de una vía de transmisión estándar, como lo es de 1.5 Mbps (estándar norteamericano, T1) o 2 Mbps (estándar europeo, E1) de enlace.

La forma tradicional de construir una red de telefonía móvil celular es mediante la agregación de macroceldas, lo que permite una buena cobertura de un área en particular y, conforme va aumentando el tráfico o el número de usuarios, se procede a una subdivisión celular, para así disponer de mayor capacidad, pero a costa de disminuir el área de cobertura de cada antena y, consecuentemente, aumentar el número de estaciones base necesarias. (Huidobro, José Manuel. Ingeniero de Telecomunicación. REDESTELECOM.COM. “La pequeña gran solución para construir redes se llama 'small cells’”. Recuperado de: <http://www.redestelecom.es/telefonía/reportajes/1063305002903/pequena-gran-solucion-construir.1.html#sthash.6ZSqSf4Y.dpuf>)

Para la implementación, los elementos activos que intervienen como las antenas principales para la transmisión del servicio de telefonía celular, incluyen el servicio de comunicaciones personales (PCS), generalmente se instalan en el exterior sobre torres y otras estructuras elevadas como terrazas (ya sean en los costados o esquinas) de los edificios. La combinación de las torres de antenas y el equipo electrónico asociado a éstas se denomina “Estación Base.” La altura de las torres de los sitios celulares o de celdas PCS generalmente es de 3 metros. Las antenas sectoriales se colocan generalmente en grupos de tres, una de las antenas en cada grupo se usa para transmitir las señales a las unidades móviles, y las otras dos antenas se usan para recibir las señales de las unidades móviles. (Yunes Almodovar, Salvador Jesús. Diseño de Antenas Direccionales de 2.4 y 5.8 GHz por Medio de la Técnica de Microcinta. Recuperado de: http://www2.uacj.mx/iit/iec/digitales/proyectos/Documentos_junio_2010/DISENO%20DE%20ANTENAS%20DIRECCIONALES%20DE%202.4%20Y%205.8%20GHZ%20POR%20MEDIO%20DE%20LA%20TECNICA%20DE%20MICROCINTA.pdf)

Hay varios tipos de antenas, los más relevantes para aplicaciones son:

Antenas Omnidireccionales: Las antenas omnidireccionales son antenas verticales constituidas de un solo brazo rectilíneo irradiante en posición vertical, sus ganancias son de 3 dBi hasta 17 dBi. El uso habitual hace que una antena omnidireccional no emita exactamente en todas direcciones, sino que tiene una zona donde irradia energía por igual (por ejemplo el plano horizontal). Por ejemplo no nos puede interesar emitir o recibir señal de la parte que está exactamente encima de la antena, imaginémonos la antena de radio del coche: difícilmente tendremos la fuente de señal exactamente encima de la antena, así que favorecemos la emisión o recepción en otras direcciones (como puede ser el plano horizontal) en deterioro de otras (el plano vertical). Puede parecer una frivolidad despreciar un rango tan grande de direcciones, pero si tenemos en cuenta la distancia entre la antena emisora y nuestra antena receptora nos daremos cuenta que el ángulo respecto al plano horizontal de la antena es muy pequeño. Debemos tener en cuenta también que en el plano horizontal el comportamiento es totalmente omnidireccional. (RC.NET. “Antenas Omnidireccionales”. (2013). Recuperado de: <http://www.radiocomunicaciones.net/antenas-omnidireccionales.html>

Antenas Direccionales: Las antenas direccionales son aquellas que han sido concebidas y construidas para favorecer que la mayor parte de la energía sea radiada en una dirección en concreto. Puede darse el caso en que se desee emitir en varias direcciones, pero siempre estaremos hablando de un número de direcciones determinado donde se encontrarán el lóbulo principal y los secundarios. Con las antenas direccionales descubrimos el término de lóbulo principal, se trata de la dirección donde se proyectará la mayor parte de la energía. Como es imposible hacer una antena que radie en una sola dirección nos interesará saber qué rango de direcciones (o abertura) recibirá el mayor porcentaje de energía. Nos

interesará que el lóbulo principal sea lo más estrecho posible, así ganamos en direccionalidad, pero esto repercute directamente en el coste económico de la antena.

(Fermí, Tania. Academia.edu. “Conceptos Básicos sobre Antenas”. (2013). Recuperado de:

http://www.academia.edu/3103858/Conceptos_basicos_sobre_antenas)

Antenas Sectoriales: Las antenas sectoriales emiten un haz más amplio que una direccional pero no tan amplio como una omnidireccional. La intensidad (alcance) de la antena sectorial es mayor que la omnidireccional pero algo menor que la direccional. Siguiendo con el ejemplo de la luz, una antena sectorial sería como un foco de gran apertura, es decir, con un haz de luz más ancho de lo normal. Es un tipo de antena de microondas con un patrón de radiación en forma de sector generalmente de 60°, 90° y 120°. Pueden verse como la mezcla de las antenas direccionales y las omnidireccionales. Emiten un haz más amplio que una direccional pero no tan amplio como una omnidireccional. El alcance de la antena sectorial es mayor que la omnidireccional pero algo menor que la direccional. Para tener una cobertura de 360° (como una antena omnidireccional) y un largo alcance (como una antena direccional) deberemos instalar o tres antenas sectoriales de 120°. Para la antena sectorial, su uso al aire libre no presenta obstáculos entre el usuario y la antena, quedando así en el camino, una gran potencia de irradiación. (34Telecom. “Antenas para redes inalámbricas WiFi”. Recuperado de: <http://www.34t.com/unique/WiFiAntenas.asp>)

Antenas Dipolo: todas las antenas de dipolo tienen un patrón de radiación generalizado. Primero el patrón de elevación muestra que una antena de dipolo es mejor utilizada para transmitir y recibir desde el lado amplio de la antena. Es sensible a cualquier movimiento fuera de la posición perfectamente vertical. Se puede mover alrededor de 45 grados de la

verticalidad antes que el desempeño de la antena se degrade más de la mitad. Otras antenas de dipolo pueden tener diferentes cantidades de variación vertical antes que sea notable la degradación. A partir del patrón de Azimut se ve que las antenas operan igualmente bien en 360 grados alrededor de la antena. Físicamente las antenas dipolo son cilíndricas por naturaleza, y pueden ser ahusadas o con formas específicas en el exterior para cumplir con especificaciones de medidas. Estas antenas son usualmente alimentadas a través de una entrada en la parte inferior, pero también pueden tener el conector en el centro de la misma.

(Todo Antenas Ek. “TIPOS DE ANTENAS”. Recuperado de: <http://todoantenasek.wordpress.com/category/tipos-de-antenas/>)

Antenas Dipolo Multi-Elemento: cuentan con algunas de las características generales del dipolo simple. Cuentan con un patrón de elevación y Azimut similar al de la antena dipolo simple. La diferencia más clara entre ambas es la direccionalidad de la antena en el plano de elevación, y el incremento en ganancia debido a la utilización de múltiples elementos. Con el uso de múltiples elementos en la construcción de la antena, esta puede ser configurada para diferentes ganancias, lo cual permite diseños con características físicas similares. Debido a que la antena de dipolo radia igualmente bien en todas las direcciones del plano horizontal, es capaz de operar igualmente bien en configuración horizontal. (Herrarte Romero, Marco Tulio. “INTERFERENCIA ELECTROMAGNÉTICA EN LAS ANTENAS DE TELECOMUNICACIONES”. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0344_EO.pdf)

Antenas Yagi: estas se componen de un arreglo de elementos independientes de antena, donde solo uno de ellos transmite las ondas de radio. El número de elementos (específicamente, el número de elementos directores) determina la ganancia y directividad.

Las antenas Yagi no son tan direccionales como las antenas parabólicas, pero son más directivas que las antenas panel. (WNI MEXICO Wireless Solution. “Tipos de Antenas y Funcionamiento”. Recuperado de:

http://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=62:antenassoporte&catid=31:general&Itemid=79)

Antenas Panel Plano (Flat Panel): son un panel con forma cuadrada o rectangular, están configuradas en un formato tipo Patch. Las antenas tipo Flat Panel son muy direccionales ya que la mayoría de su potencia radiada es una sola dirección ya sea en el plano horizontal o vertical. Las antenas Flat Panel pueden ser fabricadas en diferentes valores de ganancia de acuerdo a su construcción. Esto puede proveer muy buena direccionalidad y considerable ganancia. (WNI MEXICO Wireless Solution. “Tipos de Antenas y Funcionamiento”. Recuperado de:

http://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=62:antenassoporte&catid=31:general&Itemid=79)

Antenas Parabólicas: usan características físicas así como antenas de elementos múltiples para alcanzar alta ganancia y direccionalidad. Estas antenas usan un plato reflector con la forma de una parábola para enfocar las ondas de radio recibidas por la antena a un punto focal. La parábola también funciona para capturar la energía radiada por la antena y enfocarla en un haz estrecho al transmitir. Al concentrar toda la potencia que llega a la antena y enfocarla en una sola dirección, este tipo de antena es capaz de proveer muy alta ganancia. (WNI MEXICO Wireless Solution. “Tipos de Antenas y Funcionamiento”. Recuperado de:

http://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=62:antenassoporte&catid=31:general&Itemid=79)

Antena de Ranura: cuentan con características de radiación muy similares a las de los dipolos, tales como los patrones de elevación y Azimut, pero su construcción consiste solo de una ranura estrecha en un plano. Así como las antenas microstrip, las antenas de ranura proveen poca ganancia, y no cuentan con alta direccionalidad, como evidencian sus patrones de radiación y su simplicidad al de los dipolos. Su más atractiva característica es la facilidad de construcción e integración en diseños existentes, así como su bajo costo. Estos factores compensan por su desempeño poco eficiente. (Arroyo, Daniel; Reyes, Alex; Peña, José y Hernández, José. Revista ISSUU. “Tipos de Antenas”. *Eléctrica y Sistemas*. Recuperado de: http://issuu.com/electricaysistemas/docs/revista_digital)

Antenas Microstrip: estas antenas pueden ser hechas para emular cualquiera de los diferentes tipos de antenas antes mencionados. Ofrecen varios detalles los cuales deben ser considerados. Debido a que son manufacturadas con pistas en circuito impreso, pueden ser muy pequeñas y livianas. Esto tiene como costo no poder manejar mucha potencia como es el caso de otras antenas, además están hechas para rangos de frecuencia muy específicos. En muchos casos, esta limitación de frecuencia de operación puede ser benéfica para el desempeño del radio. Debido a sus características, no son muy adecuadas para equipos de comunicación de banda amplia. (WNI MEXICO Wireless Solution. “Tipos de Antenas y Funcionamiento”. Recuperado de: http://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=62:antenassoporte&catid=31:general&Itemid=79)

Para la transmisión y recepción de señales se necesita el espectro de frecuencia que se define como un fenómeno ondulatorio (sonoro, luminoso o electromagnético), donde existe superposición de ondas de varias frecuencias, es decir que exista una distribución de amplitudes para cada frecuencia a ser utilizada. El espectro de frecuencias puede aplicarse a

cualquier concepto asociado con frecuencia o movimientos ondulatorios, sonoros y electromagnéticos. Una fuente de luz puede tener muchos colores mezclados en diferentes intensidades. Cuando todas las frecuencias visibles están presentes por igual, el efecto es el "color" blanco, y el espectro de frecuencias es uniforme, lo que se representa por una línea plana. De hecho cualquier espectro de frecuencia que tiene una línea plana se llama "color blanco", o de hecho lo que se conoce como "ruido blanco". (ESPECTRO. “Espectro de Frecuencia”. Recuperado de: <http://controldigital.web44.net/ESPECTRO.html>)

Las zonas de Fresnel son unos elipsoides concéntricos que rodean al rayo directo de un enlace radioeléctrico y que quedan definidos a partir de las posiciones de las antenas transmisora y receptora. Tienen la propiedad de que una onda que partiendo de la antena transmisora, se reflejara sobre la superficie del elipsoide y después incidiera sobre la antena receptora, habría recorrido una distancia superior a la recorrida por el rayo directo en múltiplos de media longitud de onda. Es decir, la onda reflejada se recibiría con un retardo respecto al rayo directo equivalente a un desfase múltiplo de 180°. Precisamente este valor del múltiplo determina el enésimo elipsoide de Fresnel.

La fórmula genérica de cálculo de las zonas de Fresnel es:

$$r_n = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

Donde:

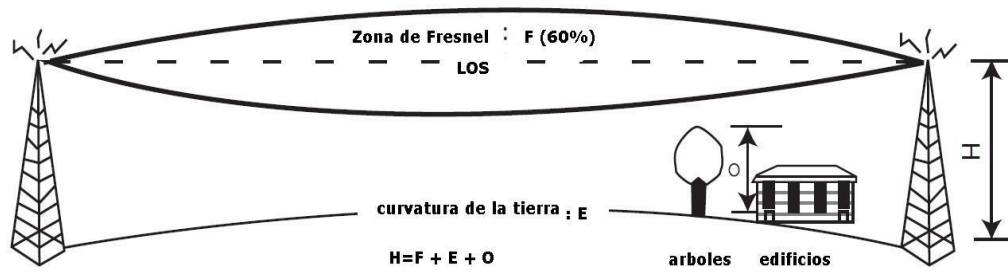
r_n = radio de la zona de Fresnel en metros ($n = 1, 2, 3, \dots$)

λ = longitud de onda de la señal transmitida

d_1 = distancia desde el transmisor al objeto en metros

d_2 = distancia desde el objeto al receptor en metros

Figura 5. Porcentaje Zona de Fresnel



Fuente: SinCables.com.ve. Recuperado de: <http://sincables.com.ve/v3/content/49-instalacion-de-antenas>

De este modo, la primera zona de Fresnel ($n = 1$) se caracteriza por el volumen interior al elipsoide con diferencia de distancias igual a una semi-longitud de onda o diferencia de fases de 180° . Luego posibles reflexiones cerca del borde de la primera zona de Fresnel pueden causar atenuación, ya que la onda reflejada llegaría a la antena receptora en oposición de fase. Por lo tanto, durante la fase de planificación del radioenlace debe asegurarse que la primera zona de Fresnel se encuentre libre de obstáculos, bien aumentando la altura de los mástiles de las antenas o bien situándolos en otra posición del edificio. Evidentemente, una obstrucción completa de la zona de Fresnel produciría pérdidas todavía mayores. (Radioenlaces, Tecnologías inalámbricas y diseño de radioenlaces. “Pérdidas en obstáculos”. Recuperado de: <http://www.radioenlaces.es/articulos/perdidas-en-obstaculos/>)

Para que sea más eficiente y de esta manera la transmisión sea broadcast, tenemos que la multiplexación es el procedimiento por el cual diferentes informaciones pueden compartir un mismo canal de comunicaciones. Así dependiendo de lo que necesitemos aplicar, existen distintas formas de multiplexación: la multiplexación en el dominio del tiempo, en el dominio de la frecuencia, por código y en longitudes de onda.

La multiplexación en el dominio del tiempo (TDMA) consiste en asignar a diferentes informaciones diferentes formas para que no se mezclen. Este tipo de multiplexación se utiliza habitualmente para entrelazar diferentes informaciones digitales y formar un caudal mayor.

La multiplexación en el dominio de la frecuencia (FDMA) utiliza el procedimiento de la modulación para que las informaciones de interés se sitúen cada una de ellas sobre señales originales o portadoras de diferente frecuencia. Las comunicaciones móviles 2G son un ejemplo de uso de la multiplexación en el dominio de la frecuencia y de la multiplexación en el dominio del tiempo simultáneamente.

La multiplexación en el código (CDMA) mezcla la información con diferentes códigos ortogonales entre sí, de tal manera que es posible recuperar la información de interés haciendo la operación matemática adecuada con el código correspondiente. Las comunicaciones móviles 3G son un ejemplo de uso de esta técnica.

La multiplexación en longitud de onda (WDMA) se podría calificar como una variante de la multiplexación en el dominio de la frecuencia realizada en frecuencias próximas a la luz, se basa en que una fibra óptica puede estar simultáneamente iluminada por varias fuentes luminosas, (incluso aquellas que no se consideren luz visible) cada una de las cuales transporta información.

Todas las estaciones base de una red celular están conectadas a un controlador de estaciones base (o BSC), que administra la distribución de los recursos. El sistema compuesto del controlador de estaciones base y sus estaciones base conectadas es el Subsistema de estaciones base (o BSS).

Los controladores de estaciones base están físicamente conectados al Centro de conmutación móvil (MSC) que los conecta con la red de telefonía pública y con Internet; lo

administra el operador de la red telefónica. El MSC pertenece a un Subsistema de conmutación de red (NSS) que gestiona las identidades de los usuarios, su ubicación y el establecimiento de comunicaciones con otros usuarios. (Kioskea.net. “Estándar GSM (Sistema global de comunicaciones móviles)”. Recuperado de:

<http://es.kioskea.net/contents/681-estandar-gsm-sistema-global-de-comunicaciones-moviles>

1.2.2. Adopción de una perspectiva teórica

En este proyecto se realizó un estudio técnico con la finalidad de diseñar e implementar un backbone de interconexión que permita aumentar y optimizar la red móvil celular en el sector de la Armenia.

Para las dos radiobases que intervinieron en el plan piloto, se empleó antenas sectoriales y parabólicas ya que el haz de cobertura es más amplio, mejorando la calidad de la transmisión y permitiendo el aumento de la capacidad del backbone.

La capacidad de los canales, dentro del ancho de banda fijo de la red, también aumentarán debido a que las celdas (células) hexagonales que se ajustan entre sí forman un patrón de panal, proporcionando una transmisión más efectiva.

1.2.3. Marco conceptual

RED.- Es una herramienta de productividad esencial para los profesionales de hoy cada día más móviles. Con una red inalámbrica, los empleados de las empresas pueden permanecer conectados a las aplicaciones de productividad y a los recursos informativos prácticamente en todo momento y lugar. (Cisco, Red Inalámbrica. “Tecnología de Red Inalámbrica”. Recuperado de:

http://www.cisco.com/web/ES/solutions/es/wireless_network/index.html)

Pero como red también entendemos que es un conjunto de medios (transmisión y conmutación), tecnologías (procesado, multiplexación, modulaciones), protocolos y facilidades en general, necesarios para el intercambio de información entre los usuarios de la red. Consiste en una infraestructura física a través de la cual se transporta la información desde la fuente hasta el destino, y con base en esa infraestructura se ofrecen a los usuarios los diversos servicios de telecomunicaciones. En lo sucesivo se denominará "Red de Telecomunicaciones" a la infraestructura encargada del transporte de la información. Para recibir un servicio de telecomunicaciones, un usuario utiliza un equipo terminal a través del cual obtiene entrada a la red por medio de un canal de acceso. (Kuhlmann, Federico; Alonso, Antonio. Información y Telecomunicaciones. “V Redes de Telecomunicaciones”. Recuperado de: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/149/htm/sec_8.htm)

BACKBONE.- Una red troncal o (backbone) es una red utilizada para interconectar otras redes, es decir, un medio que permite la comunicación de varias LAN o segmentos. Suelen ser de alta capacidad y permiten un mayor rendimiento de las conexiones LAN de una empresa. Para interconectar varios segmentos de red a un troncal, son necesarios dispositivos adicionales que permitan adaptar las diferentes señales, conectores, cableados, protocolos, etc. El propósito del cableado del backbone es proporcionar interconexiones entre cuartos de telecomunicaciones. El cableado del backbone incluye la conexión vertical entre pisos en edificios de varios pisos. El cableado del backbone incluye medios de transmisión (cable), puntos intermedios de conexión y terminaciones en bloques o PatchPanels. El backbone se usa para sistemas de transmisión de voz, datos, o voz y datos. Los medios de transmisión que generalmente se utilizan son: cable multipar, coaxial, fibra óptica, microondas, RF (Radio Frecuencia). (Manejo de Redes. “Redes Troncales”. Recuperado de:

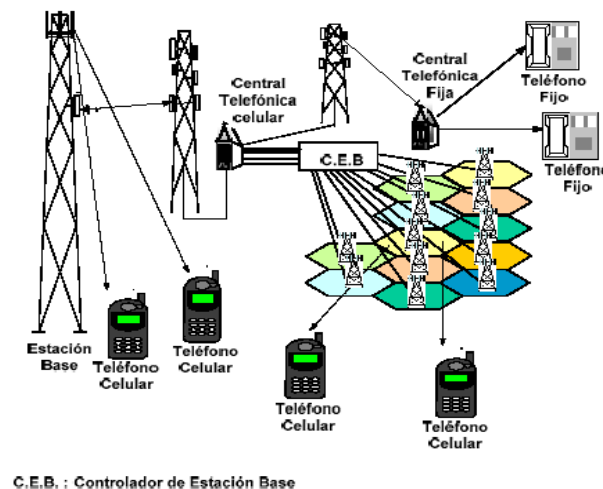
<http://redes6207informatica.blogspot.com/2012/05/redes-troncales.html>)

RED CELULAR.- Las redes de telefonía móvil, se las puede caracterizar en tres subsistemas: radio (RSS), transmisión (TSS) y conmutación (NSS). El primero de ellos está formado por todas las estaciones base (BTS) que proveen al cobertura o área de servicio de la red de telefonía móvil. En donde para la implementación se necesitan 4 elementos: la estación base que provee la interfaz con el teléfono móvil del subscriptor, sistema de radio o antenas, torre que permite ubicar los sistemas radiantes y las antenas para enlaces de microondas, y contenedor o sala de equipos para alojar las BTS para instalaciones en interiores.

El segundo subsistema es el de transmisión (TSS), el cual está compuesto por enlaces microondas o enlaces arrendados que cumplen la función de interconectar los sistemas RSS y NSS. A su vez esta subsistema está dividido en dos partes, BACKHAUL que se compone por equipos de microondas de baja capacidad o por tramas E1 arrendadas y BACKBONE que se componen por un red de microondas de alta capacidad de uno a 3 STM-1 (equipos SDH) y por enlaces de fibra óptica arrendados. El tercer subsistema es el subsistema de conmutación (NSS), el cual está encargado de centralizar la conmutación de los llamados cursados a través del subsistema de radio y transportado por el subsistema de transmisión, como también enlutar los llamados hacia otras compañías, red fija o larga distancia por medio de las interconexiones. El NSS provee también el control de las BTS, mantiene la Base de Datos de Clientes (HLR), interactúa con las plataformas de valor agregado (VAS), y suministra la información para la tarificación y las interfaces para la configuración de los servicios de los clientes, entre otros, y el Registro de Localización de Visitantes (VLR) contiene una copia de la mayor parte de los datos almacenados en el HLR. Es, sin embargo,

los datos temporales que existen para sólo mientras el abonado está "activo" en el área en particular cubierta por el VLR. Por consiguiente, la base de datos VLR contendrá algunos datos duplicados, así como los datos más precisos pertinentes para el abonado que queda dentro de la cobertura. Esta función elimina la necesidad de referencias excesivas y lleva mucho tiempo en el "home" base de datos HLR. Este subsistema se compone principalmente por centrales de conmutación móvil (SWITCH), controlador de estación base (BSC), base de datos de clientes (HLR), plataforma de prepago (WPP), plataforma de correo de voz (VM), CROSS CONNECT, equipos para interconectar los equipos de transmisión y los periféricos del SWITCH. (Red Celular CDMA. Recuperado de: http://telecom2101.comxa.com/1_10_Red-Celular-CDMA.html)

Figura 6. Red general de telefonía celular



Fuente: Tecnología e Informática. Recuperado de: http://novenoenpresarial.blogspot.com/2013_08_01_archive.html.

REDIMENSIONAMIENTO DE RED.- Para realizar un redimensionamiento de la red debemos, primeramente analizar las tecnologías existentes en el área local para ofrecer

seguridades a redes inalámbricas. Debemos analizar la situación actual de la red, para determinar la cantidad de tráfico que existe lo cual permitirá determinar el grado de ocupación de las redes existentes. A continuación se procede con un rediseño y ampliación de la red a implementarse, el mismo que incluye el planteamiento de las posibles y mejores alternativas para solucionar la deficiente capacidad de la red. Bajo los estándares IEEE 802.11x y comprobando que se disponga de las condiciones óptimas de propagación y desvanecimiento para cada enlace, se debe tomar en cuenta la revisión de las normas y regulación para la operación de los sistemas a ser implementados. (Fernández González, Luis Carlos. Tecnologías y Servicios para la Sociedad de la Información TSSI. “Capítulo 3 WiMAX: Aplicaciones y Perspectivas”. Recuperado de:

http://www.upm.es/sfs/Rectorado/Organos%20de%20Gobierno/Consejo%20Social/Actividades/tecnologias_servicios_para_sociedad_informacion.pdf).

CAPÍTULO II.

MÉTODO

2.1. Estudio inicial

Para la realización de este proyecto de fin de carrera, fue necesario elaborar estudios in situ, los cuales presentan los lineamientos generales y los parámetros sobre los que se basa la ingeniería del enlace microonda backbone a integrarse.

2.1.1. Objetivos de cobertura

A continuación se detalla los objetivos de cobertura mandatorios y necesarios por parte de la operadora de telefonía celular.

Mandatorios:

- Establecer cobertura y penetración en la zona del puente 8 de la autopista General Rumiñahui.
- Establecer cobertura y penetración en el barrio ciudadela Hospitalaria.
- Establecer continuidad en la autopista y los pasos hacia Conocoto y la Armenia.

Necesarios:

- Se requiere de 3 sectores en la Banda de 1900.

2.1.2. Estudios de LOS (Line Of Sight)

La línea de vista LOS es el estudio mediante el cual se determina la visibilidad directa que existe entre las antenas por su posición y garantiza así el enlace. Por cuestiones de contratación e infraestructura de la operadora es necesario establecer tres opciones de los sitios a contratar, entre las cuales se escoge la mejor opción por su visibilidad y ubicación. La opción elegida debe tener una línea de vista clara con la estación colateral, que en este caso es la Armenia, y debe cumplir con el porcentaje de la primera zona de Fresnel para que exista la comunicación deseada entre las dos radiobases.

Tabla 1 – LOS Opción 1

			
REPORTE LÍNEA DE VISTA (LOS)			
Cliente	TELEFÓNICA	País	Ecuador
Ciudad	CONOCOTO		
DATOS GENERALES			
Persona de Contacto	OP 1: Sra. Gladys Cazar	Teléfono	OP 1 : 2342493 / 0984127270
Inspeccionado por	Gabriel Castillo	Teléfono	0992042884
Fecha	14 – MAY – 2013		
INFORME			
Enlace:	Urbano ☒		Rural ☐
OPCIÓN No. 1			

Nombre del Sitio:	PUENTE 8		Dirección:	Ciudadela Hospitalaria, calle Andrés Santa Cruz N9-512 y N9K		
Ubicación						
Generalidades: Terraza	Nueva ☒ Existente ☐	Azotea/Terraza ☒ Suelo/Torre/Monopolo ☐ COW/Móvil ☐				
Altura sobre el nivel del mar – GPS (msnm)	Latitud N/S (WGS 84)	Longitud E/W (WGS 84)		Altura en la Torre (m)		
2533 msnm	00° 16' 49.40" S	78° 28' 16.00" W		Mástil de 3m		
Verificación:	En Campo ☒		Con Ayuda de Mapas ☐			
Nombre Remoto:	A: Conocoto		B: Armenia		C: Playa Chica	
Azimut	315°		50°		130°	
¿Se observa al remoto a simple vista?	Si ☒ No ☐	Si ☒ No ☐	Si ☒ No ☐	Si ☒ No ☐	Si ☒ No ☐	Si ☒ No ☐
¿Se observa al remoto con ayuda de binoculares?	Si ☒ No ☐	Si ☒ No ☐	Si ☒ No ☐	Si ☒ No ☐	Si ☒ No ☐	Si ☒ No ☐
¿Se valida línea de Vista?	Si ☒ No ☐	Si ☒ No ☐	Si ☒ No ☐	Si ☒ No ☐	Si ☒ No ☐	Si ☒ No ☐
Altura mínima de la antena para LOS (m)	3m		5m		3m	
Diámetro de la antena mínima sugerida (m)	0.6		0.6		0.6	
En caso de co-ubicación indique altura de la torre	N.A.		N.A.		N.A.	
Longitud de cable de IF (dos corridas)	20m x 2		20m x 2		20m x2	
En caso de azotea indique ubicación del mástil	Ver anexo de fotos		Ver anexo de fotos		Ver anexo de fotos	
Obstáculos						
			TIPO OBSTÁCULOS	Altura [m]	Azimut [°]	DISTANCIA [M]
			Edificios			
			Árboles/Arbustos			
			Torres eléctricas			
			Aeropuertos			
			Otro:			
Nota: No se observa ninguna clase de obstáculos						

Nota: Tomar fotos del sitio de instalación del mástil, azimut del enlace, etc.

REPORTE FOTOGRÁFICO

SITIO PARA INSTALACIÓN

Figura 7. Lugar donde se desea colocar la estación. Opción 1



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 8. Lugar donde se van a colocar los equipos. Opción 1



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 9. Vista hacia la estación CONOCOTO desde opción 1



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 10. Vista hacia la estación ARMENIA, desde opción 1



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 11. Vista hacia la estación PLAYA CHICA, desde opción 1



Elaborado por: Gabriel Castillo

Realizado por:	Gabriel Castillo	Revisado por:	Boris Yépez	Autorizado por:	
Fecha: 25/09/2013		Documento: PUENTE 8- LOS - OPC 1		Página 31 de 110	

Elaborado por: Gabriel Castillo

Tabla 2 – LOS Opción 2

			
REPORTE LÍNEA DE VISTA (LOS)			
Cliente	TELEFÓNICA	País	Ecuador
Ciudad	CONOCOTO		
DATOS GENERALES			
Persona de Contacto	OP 2: Sr. Carlos Perez	Teléfono	OP 2 : 2349459 / 090331431
Inspeccionado por	Gabriel Castillo	Teléfono	0992042884
Fecha	14 – MAY – 2013		
Elaborado por: Gabriel Castillo			

INFORME								
Enlace:		Urbano ☒			Rural ☐			
OPCIÓN No. 2								
Nombre del Sitio:		PUENTE 8		Dirección:		Ciudadela Hospitalaria, calle Diego Ibarra # 487 y calle N9K		
Ubicación								
Generalidades:		Nueva ☒ Existente ☐		Azotea/Terraza ☒ Suelo/Torre/Monopolo ☐ COW/Móvil ☐				
Altura sobre el nivel del mar – GPS (msnm)		Latitud N/S (WGS 84)		Longitud E/W (WGS 84)		Altura en la Torre (m)		
2529 msnm		00° 16' 51.30" S		78° 28' 14.30" W		Mástil de 3m		
Verificación:		En Campo ☒			Con Ayuda de Mapas ☐			
Nombre Remoto:		A: Conocoto		B: Armenia		C: N.A.		
Azimut		50°		320°		N.A.		
¿Se observa al remoto a simple vista?		Si ☒ No ☐		Si ☒ No ☐		Si ☐ No ☐		
¿Se observa al remoto con ayuda de binoculares?		Si ☒ No ☐		Si ☒ No ☐		Si ☐ No ☐		
¿Se valida línea de Vista?		Si ☒ No ☐		Si ☒ No ☐		Si ☐ No ☐		
Altura mínima de la antena para LOS (m)		5m		3m		N.A.		
Diámetro de la antena mínima sugerida (m)		0.6		0.6		N.A.		
En caso de co-ubicación indique altura de la torre		N.A.		N.A.		N.A.		
Longitud de cable de IF (dos corridas)		20m x 2		20m x 2		N.A.		
En caso de azotea indique ubicación del mástil		Ver anexo de fotos		Ver anexo de fotos		N.A.		
Obstáculos								
				TIPO OBSTÁCULOS		Altura [m]	Azimut [°]	DISTANCIA [M]
				Edificios				
				Árboles/Arbustos				
				Torres eléctricas				
				Aeropuertos				
				Otro:				
Nota: No se observa ninguna clase de obstáculos								

Nota: Tomar fotos del sitio de instalación del mástil, azimut del enlace, etc.

REPORTE FOTOGRÁFICO

SITIO PARA INSTALACIÓN

Figura 12. Lugar donde se desea colocar la estación. Opción 2



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 13. Lugar donde se van a colocar los equipos. Opción 2



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 14. Vista hacia la estación ARMENIA, desde opción 2



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 15. Vista hacia la estación CONOCOTO, desde opción 1



Elaborado por: Gabriel Castillo

Realizado por:	Gabriel Castillo	Revisado por:	Boris Yépez	Autorizado por:	
Fecha: 25/09/2013		Documento: PUENTE 8- LOS - OPC 2			Página 34 de 110

Elaborado por: Gabriel Castillo

Tabla 3 – LOS Opción 3

							
REPORTE LÍNEA DE VISTA (LOS)							
Cliente	TELEFÓNICA	País	Ecuador	Ciudad	CONOCOTO		
DATOS GENERALES							
Persona de Contacto	OP 3: Sr. Porfidio Jiménez			Teléfono	OP 3: 0984533092		
Inspeccionado por	Gabriel Castillo			Teléfono	0992042884		
Fecha	14 – MAY – 2013						
INFORME							
Enlace:	Urbano ☒			Rural ☐			
OPCIÓN No. 3							
Nombre del Sitio:	PUENTE 8		Dirección:	Ciudadela Hospitalaria, calle Juan Carlos Lavalle N9-461 y Nicolás Aguilera			
Ubicación							
Generalidades: Terraza	Nueva ☒ Existente ☐		Azotea/Terraza ☒ Suelo/Torre/Monopolo ☐ COW/Móvil ☐				
Altura sobre el nivel del mar – GPS (m)	Latitud N/S (WGS 84)		Longitud E/W (WGS 84)		Altura en la Torre (m)		
2526	00° 16' 51.7" S		78° 28' 16.1" W		Mástil 3m		
Verificación:	En Campo ☒			Con Ayuda de Mapas ☐			
Nombre Remoto:	A: Conocoto		B: Armenia		C: Playa Chica		
Azimut	315°		70°		130°		
¿Se observa al remoto a simple vista?	Si ☒	No ☐	Si ☒	No ☐	Si ☒	No ☐	
¿Se observa al remoto con ayuda de binoculares?	Si ☒	No ☐	Si ☒	No ☐	Si ☒	No ☐	
¿Se valida línea de Vista?	Si ☒	No ☐	Si ☒	No ☐	Si ☒	No ☐	

Altura mínima de la antena para LOS (m)	3m	3m	3m		
Diámetro de la antena mínima sugerida (m)	0.6	0.6	0.6		
En caso de co-ubicación indique altura de la torre	N.A.	N.A.	N.A.		
Longitud de cable de IF (dos corridas)	20m x 2	20m x 2	20m x 2		
En caso de azotea indique ubicación del mástil	Ver anexo de fotos	Ver anexo de fotos	Ver anexo de fotos		
Obstáculos					
		TIPO OBSTÁCULOS	Altura [m]	Azimut [°]	DISTANCIA [M]
		Edificios			
		Árboles/Arbustos			
		Torres eléctricas			
		Aeropuertos			
		Otro:			
		Nota: No se observa ninguna clase de obstáculos			
Nota: Tomar fotos del sitio de instalación del mástil, azimut del enlace, etc. Elaborado por: Gabriel Castillo					

REPORTE FOTOGRÁFICO

SITIO PARA INSTALACIÓN

Figura 16. Lugar donde se desea colocar la estación. Opción 3



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 17. Lugar donde se van a colocar los equipo. Opción 3



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 18. Vista hacia la estación CONOCOTO, desde opción 3



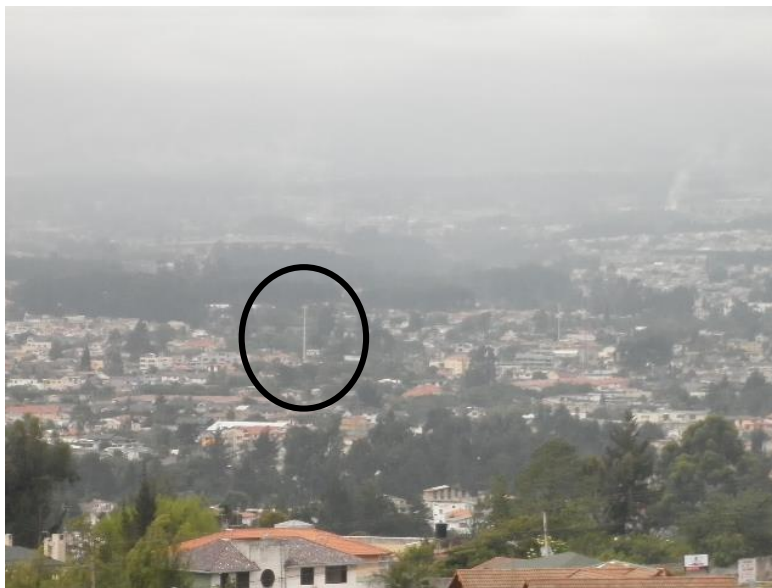
Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 19. Vista hacia la estación ARMENIA, desde opción 3



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 20. Vista hacia la estación PLAYA CHICA, desde opción 3



Elaborado por: Gabriel Castillo

Realizado por:	Gabriel Castillo	Revisado por:	Boris Yépez	Autorizado por:	
Fecha: 25/09/2013		Documento: PUENTE 8- LOS - OPC 3		Página 38 de 110	

Elaborado por: Gabriel Castillo

2.1.3. Sitio elegido

La opción elegida es la número dos, porque presenta una mejor Línea de Vista con la estación remota (la Armenia). Como se puede apreciar en la figura, no existen obstáculos que pueda perjudicar el enlace. La opción elegida tiene una mayor altura que la estación remota, es así que considerando que en este sector, el radio de la curvatura de la tierra es $K = \frac{4}{3}$ la primera zona de Fresnel está despejada.

Figura 21. Vista desde sitio elegido hacia la estación La Armenia



Elaborado por: Gabriel Castillo

2.1.3.1. Ubicación

Dirección: Cdla. Hospitalaria, Calle Diego Ibarra #487 y Calle N9K.

Cantón: Rumiñahui

Provincia: Pichincha

Latitud (WGS84): 0° 16' 51.3" S

Longitud (WGS84): 78° 28' 14.3" W

A.S.N.M.: 2529

2.1.3.2. Características del Sitio

Distancia de vía principal a sitio aprox.: Pavimento.

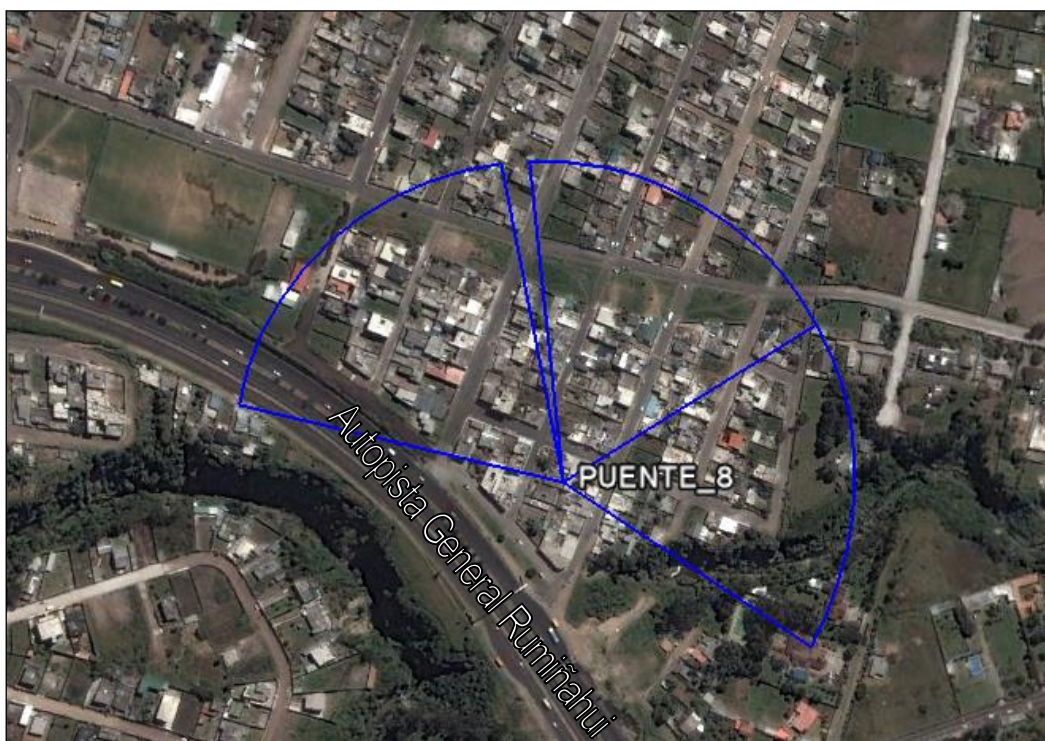
Distancia de tendido eléctrico aprox.: 15 m.

Dimensión del Espacio contratado: 5,95 x 3,33 metros.

Tipo de suelo: Terraza.

2.1.3.3. Croquis de acceso

Figura 22. Croquis de acceso al sitio



En color azul se aprecia la futura EEBB.

Elaborado por: Gabriel Castillo

2.1.3.4. Fotografías

a) Foto Terreno

Figura 23. Sitio elegido, Vista lateral



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 24. Sitio elegido, Vía de acceso



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 25. Sitio elegido, Espacio para los equipos



Elaborado por: Gabriel Castillo

b) Fotos panorámicas tomadas desde la opción elegida.

Las fotografías que se muestran a continuación, son fotografías referenciales tomadas al nivel de la terraza.

Figura 26. Sector 2 (vista de 60°, 90° y 120°)



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 27. Sector 3 (vista de 270, 300°, y 330°)



Elaborado por: Gabriel Castillo

c) Fotos hacia los objetivos de cobertura

Las fotografías que se muestran a continuación, son fotografías referenciales tomadas al nivel de la terraza.

Figura 28. Sector 1 (20°)



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 29. Sector 2 (85°)



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 30. Sector 3 (310°)



Elaborado por: Gabriel Castillo

2.2. Reporte del sitio

El TSS es el reporte que muestra la disponibilidad de espacio que existe en una radiobase para el montaje e instalación de los equipos que funcionarán en el nuevo enlace; se detalla la parte eléctrica, los equipos a instalar y la ubicación de los mismos en el rack. En la estación Puente 8 por ser nueva no se requiere de un TSS, pero en el caso de la estación colateral La Armenia, se presenta el siguiente estudio.

Tabla 4 – TSS

					
REPORTE DE SITE SURVEY DE ESTACIÓN (SITSU)					
Cliente	MOVISTAR	País	ECUADOR	Nombre del Proyecto	
DATOS GENERALES					
Código del Sitio		Nombre del Sitio	ARMENIA		
Dirección	Principal 3 (Al frente de residencial King II)	Ciudad y Provincia	QUITO-PICHINCHA		
Persona de Contacto	-	Teléfono	-		
Inspeccionado por (Teléfono)	Gabriel Castillo (0992042884)	Fecha de la visita	21 de mayo del 2013		
SURVEY TOPOGRÁFICO					
Latitud N/S (WGS 84)	Longitud E/W (WGS 84)	Altura sobre nivel mar – GPS (msnm)	Altura Estructura (m)		
0° 16' 21.30" S	78° 27' 38.30" W	2494 msnm	Monopolo 36m		
Elaborado por: Gabriel Castillo					

ENLACES A SER INSTALADOS: DETALLES

Enlace n°	Sitio Remoto	Equipo	Frec. (GHz)	Config.	Longitud enlace (Km)	Diámetro Antena (cm)	Altura Sobre Nivel Piso Antena (m)	Azimet (°)	Consumo potencia Equipo (W)	Cantidad de Fuentes
1	Puente 8	ALC PLUS 2	7, 8	1+1 Hsby	1.38	60	20 m	320°	60	2

Tipo de Cuarto de Equipos	Shelter ☐	Mampostería ☐	BTS Outdoor ☒	BTS E-micro ☐
---------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	---	--------------------------------------

IDUs

Opción 1:

Las IDUs son instaladas dentro de	Un rack Existente ☒	Un Rack nuevo ☐	Ubicación Rack	Rack Indoor ☐	Rack Outdoor ☒
Número de conexiones coaxiales IDU/ODU	2	Longitud del trayecto del cable IDU/ODU		35 m x 2	
¿Hay escalerillas para pasar los cables en el cuarto de equipos?	Si ☒	No ☐	Comentarios		
¿Es necesario agregar escalerillas para el paso de los cables?	Si ☐	No ☒	Comentarios		Cantidad (mts)
¿Hay suficiente lugar en el pasa muros para la salida de los cables?	Si ☐	No ☐	Comentarios	N/A	
Observaciones	Se necesita 2 platinas de expansión de 21 a 19 pulgadas				

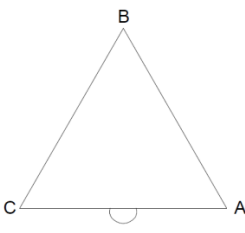
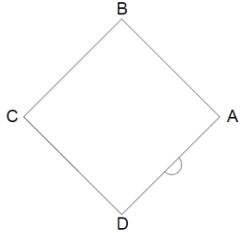
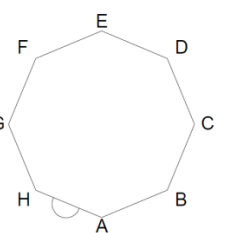
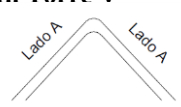
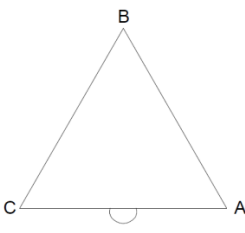
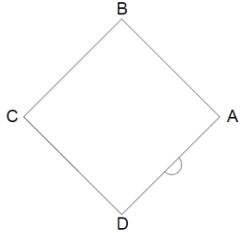
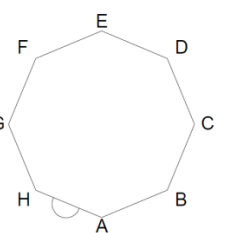
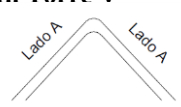
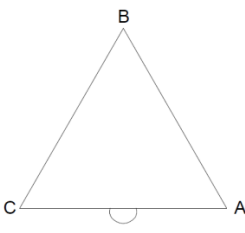
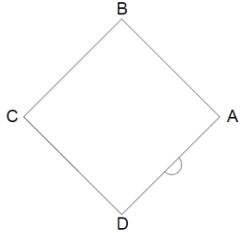
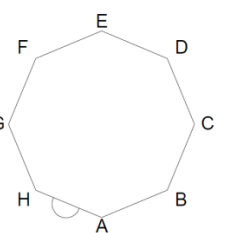
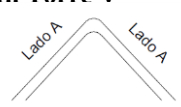
Opción 2:

Las IDUs son instaladas dentro de	Un rack Existente ☐	Un Rack nuevo ☒	Ubicación Rack	Rack Indoor ☐	Rack Outdoor ☒
Número de conexiones coaxiales IDU/ODU	2	Longitud del trayecto del cable IDU/ODU		37 m x 2	
¿Hay escalerillas para pasar los cables en el cuarto de equipos?	Si ☒	No ☐	Comentarios		
¿Es necesario agregar escalerillas para el paso de los cables?	Si ☐	No ☒	Comentarios		Cantidad (mts)
¿Hay suficiente lugar en el pasa muros para la salida de los cables?	Si ☐	No ☐	Comentarios	N/A	
Observaciones					

Elaborado por: Gabriel Castillo

FUENTE DE PODER							
Tablero de Distribución Principal AC							
Existente		No ☐	Si ☒				
Instalar		No ☒	Si ☐				
Medición de Voltaje [V]				Medición de Amperaje [A]			
F1 – N		121.2 VAC		F1-F2		207,1 VAC	
F2 – N		118,7 VAC		F2-F3		N/A	
F3 – N		N/A		N-G		1,3	
				F1		13,7 A	
				F2		14A	
				F3		N/A	
				N		0 A	
Rectificadores							
Existente		No ☐	Si ☒				
Instalar		No ☒	Si ☐				
				Rectificador A	Rectificador B	Rectificador C	
Características Rectificador	Marca			BTS Siemens			
	Ubicación (Sala TX, Shelter, BTS)			BTS OUTDOOR			
	Cantidad Módulos			3			
	Capacidad [A]			30 cada módulo			
	Capacidad [W]			1600 W			
	Consumo Actual [A]			47A			
Breakers	Breakers Instalados			5			
	Posiciones de Breakers Disponibles			0			
	Posiciones Físicas Libres			1			
Baterías	Número de Banco de Baterías			3			
	Numero de Baterías			12			
	Voltaje de Baterías [V]			12 cada batería			
	Rendimiento [A/h]			92Ah			
Observaciones							
Tablero Distribución DC							
Existente		No ☐	Si ☒	Ubicación: SALA TX			
Instalar		No ☒	Si ☐				
Rectificador Asociado	Nombre del Tablero	On/Off	Breaker Tablero Principal	Breaker Instalados	Posiciones Breaker Disponible	Posiciones Físicas Libres	Ubicación
Siemens	Tablero -48vdc	ON	BR 27	8	0	0	SR2
Observaciones							
Instalar nuevo tablero DC							

Energía		Opción A	Opción B
Opción 1 de Energía	Distribuidor DC (modelo, tipo)	NUEVO	
	Breaker [A] Posición	NUEVO	NUEVO
	Distancia cable ubicación IDU	NUEVO	NUEVO
	opción 1 [m] Distancia cable	NUEVO	NUEVO
	ubicación IDU opción 2 [m]	NUEVO	NUEVO
	Consumo Actual [A]	NUEVO	NUEVO
	Consumo Final [A]	NUEVO	NUEVO
	Rectificador (modelo, tipo)	NUEVO	NUEVO
	Capacidad Máxima [A]	NUEVO	NUEVO
	Breaker [A]	NUEVO	NUEVO
	Posición	NUEVO	NUEVO
	Consumo Actual [A]	NUEVO	NUEVO
	Consumo Final [A]	NUEVO	NUEVO
	Opción 2 de Energía	Distribuidor DC (modelo, tipo)	NUEVO
Breaker [A] Posición		NUEVO	NUEVO
Distancia cable ubicación IDU		NUEVO	NUEVO
opción 1 [m] Distancia cable		NUEVO	NUEVO
ubicación IDU opción 2 [m]		NUEVO	NUEVO
Consumo Actual [A]		NUEVO	NUEVO
Consumo Final [A]		NUEVO	NUEVO
Rectificador (modelo, tipo)		NUEVO	NUEVO
Capacidad Máxima [A]		NUEVO	NUEVO
Breaker [A]		NUEVO	NUEVO
Posición		NUEVO	NUEVO
Consumo Actual [A]		NUEVO	NUEVO
Consumo Final [A]		NUEVO	NUEVO
¿Dispone de Generador?		Yes ☐	No ☒
Observaciones			
CONEXIÓN A TIERRA			
Hay posibilidad de aterrizar la IDU al punto de tierra del rack?		Yes ☒	No ☐
Hay disponibles puntos de conexión en la barra de Tierra Indoor? ¿Cuántos?		Yes ☐	No ☐
Hay disponibles puntos de conexión en la barra de Tierra Outdoor? ¿Cuántos?		Yes ☒	No ☐

Hay disponibles puntos de conexión en la barra de Tierra Outdoor Torre?					Yes ☒	No ☐								
¿Cuál es la distancia entre la ubicación de las ODU's y la barra de tierra inferior más cercana?					4 m									
Observaciones														
Instalar barra de tierra a 18m														
EQUIPOS OUTDOOR														
Tipo de estructura (monopolo, torre, mástil, torreta, otro)	Monopolo (36 m)			¿Se requiere infraestructura adicional para la instalación de equipos/antenas?		Yes ☒ No ☐								
Infraestructura Adicional requerida:	Mounting Pole ☒	Escalerillas ☐	Pasa Muro ☐	Perfil para Bandera ☐	Otro ☐									
Cantidad	1													
<table border="1"> <tr> <td> Torre 3 lados  </td> <td> Torre 4 lados  </td> <td> Monopolo 8 lados  </td> <td> Perfil Torre UV  </td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td> Perfil Torre V  </td> </tr> </table>							Torre 3 lados 	Torre 4 lados 	Monopolo 8 lados 	Perfil Torre UV 				Perfil Torre V 
Torre 3 lados 	Torre 4 lados 	Monopolo 8 lados 	Perfil Torre UV 											
			Perfil Torre V 											
Ubicación Antena(s) MW														
	Cara/Lado	Altura [m.]	Azimut [°]	Parte Recta / Inclínada	Estación Remota	Existente / Nuevo								
1	F/G	20	320°	RECTA	Puente 8	Nuevo								
2														
3														
4														
5														
Perfil de la Torre/Torreta														
	Altura/Tramo	Lado A [cm.]	Lado B [cm.]	Tipo Perfil	Perímetro [cm.]	Notas								
1	20/4	25		8 LADOS	200									
2														
3														
4														
Soporte Reforzado (Si o No)		NO												
Observaciones														

ESQUEMAS

Vista Frontal Estructura

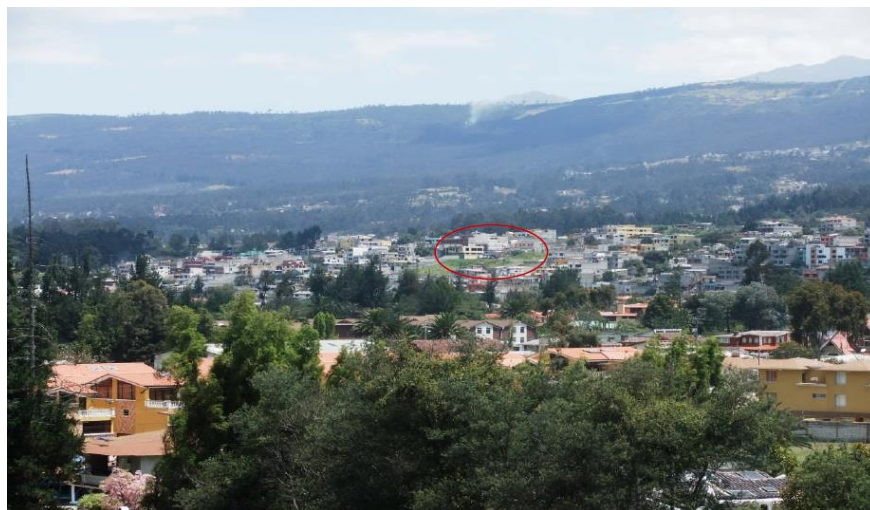
Foto tomada del frente del Monopolo, Estructura de interés

Figura 31. Vista de la estación La Armenia



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 32. Línea de vista orientada al azimuth con la estación Puente 8



Elaborado por : Gabriel Castillo

Esquema del cuarto de Equipos

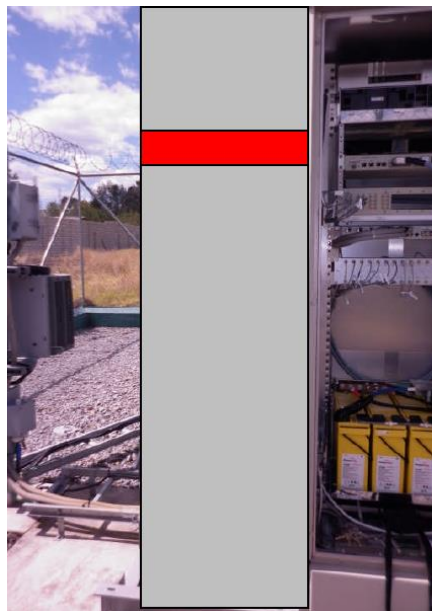
Fotos del cuarto de equipos mostrando: la posición del rack, ubicación del equipo a instalar, punto de fuente de alimentación, punto de aterramiento, recorrido de cables de energía y tierra.

Figura 33. Ubicación de la IDU y DDF dentro del SR2 (opción1)



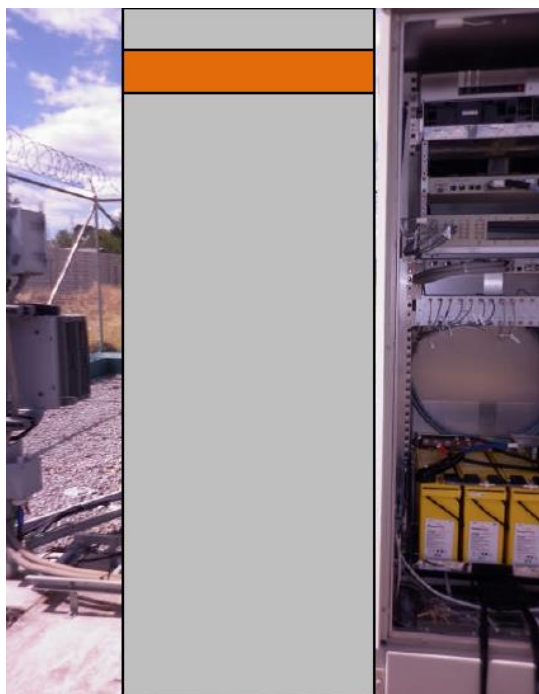
Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 34. Ubicación del Nuevo Rack (opción 2)



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 35. Nuevo tablero DC



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 36. Barra de tierra Outdoor

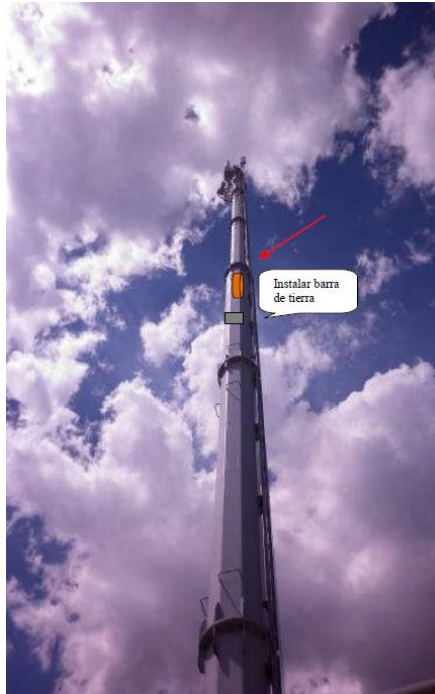


Elaborado por: Gabriel Castillo

POSICIÓN PROPUESTA PARA LAS ANTENAS A SER INSTALADAS

Fotografías del monopolo mostrando la posición de la instalación de las antenas y detalles del punto de instalación

Figura 37. Ubicación de Antena



Elaborado por: Gabriel Castillo

Trayecto de los cables Outdoor: fotos del trayecto de los cables IDU/ODU en el entorno exterior

Figura 38. Recorrido del cable de IF por las escalerillas



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 39. Recorrido del cable de IF hasta mástil



Elaborado por: Gabriel Castillo

Trabajos a ser ejecutados: Detalles

Describe brevemente toda necesidad a ser ejecutada para realizar una correcta instalación

- Se necesitan placa de expansión de 21 pulgadas a 19 pulgadas.
- Se necesita instalar un nuevo tablero DC
- Se necesita instalar barra de tierra a 18m de altura
- Se necesita un nuevo rack Outdoor si es que se van a ubicar más enlaces.

Realizado por:	Gabriel Castillo	Revisado por:	Boris Yépez	Autorizado por:	
Fecha: 28/09/2013		Documento: Armenia - SITSU - PT8			Página 9 de 9

Elaborado por: Gabriel Castillo

2.3. Barrido espectral de frecuencias

Tabla 5 – Informe Barrido espectral

	ANÁLISIS ESPECTRAL MEDIANTE BARRIDO DE FRECUENCIAS
ENLACE:	LA ARMENIA - PUENTE 8
ZONA:	• Urbana ☒ • Rural ☐
BANDAS DE FRECUENCIAS (GHz):	• 7.10 - 7.40 ☒ • 7.40 - 7.80 ☒ • 7.90 - 8.50 ☒ • 14.4 - 15.4 ☒
EJECUTADO POR:	Gabriel Castillo
FECHA:	Quito, 28 de mayo del 2013
ALCANCE:	1. Instrumentos necesarios. 2. Características Ambientales. 3. Análisis espectral en el Azimut del enlace y en un ángulo de +/- 30° con un BW de 30 KHz. 4. Registro de información de portadoras existentes y registrables en la banda. 5. Recomendaciones.
INFORMACIÓN GENERAL	
El presente informe describe los estudios de barridos de frecuencias realizados para la instalación de un radio. Se registrarán los espectros de frecuencias en las bandas requeridas en polarización vertical y horizontal. Los datos contienen la siguiente información:	

- **ESPECTRO:** Número de portadora encontrada.
- **DIRECCIÓN (Azimut de barrido):** Dirección de la antena.
- **POLARIZACIÓN:** Horizontal (H) (V)
- **FRECUENCIA:** Frecuencia central de la portadora.
- **NIVEL:** Nivel pico de la portadora que depende de la resolución y BW.

DATOS DE LAS ESTACIONES

Estación A: La Armenia

Dirección	Puente 8	
Coordenadas (WGS 84)	<u>Latitud:</u> 0°16'21.30"S	<u>Longitud:</u> 78°27'38.30"W
Azimut de A hacia B	320 °	
Altitud (msnm)	2494 msnm	
Distancia	1.38 Km	

INSTRUMENTOS NECESARIOS

Instrumento	Marca	Modelo	Características y Configuración
Analizador de Espectros	HP	R3271	Rango de Frecuencias- 100Hz-26.5GHz Resolution Bandwidth – 10Hz -5MHz Video Bandwidth – 10- 5MHz
Antena 7.1-8.5 GHz	FAINI	THP06071S	Ganancia: 30-32.1 dBi
Cámara fotográfica	SONY	DSC-W180	10.1MPíxeles,

CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

El estudio se hizo con las siguientes características ambientales:

Temperaturas promedio: 25 °C

Despejado: Si ☒ No ☐

Nublado : Si ☐ No ☒

Precipitaciones pluviométricas: Si ☐ No ☒

PORTADORAS ENCONTRADAS

Estación A:

Altura de la ubicación de la antena de prueba: metros.

BANDA DE FRECUENCIA 7.10 - 7.40 GHz					
ESPECTRO No.	DIRECCIÓN (Grados)	POLARIZACIÓN (H ó V)	FRECUENCIA (GHz)	BW (MHz)	NIVEL (dBm)
1	320°	V	7.1127	6	-76.38
2	320°	V	7.1255	6	-65.83
3	320°	V	7.1480	27	-56.62
4	320°	V	7.1787	6	-73.37
5	320°	V	7.1982	27	-57.73
6	320°	V	7.2275	12	-65.94
7	320°	V	7.2402	6	-77.30
8	320°	V	7.3040	6	-76.79
9	320°	V	7.3280	27	-60.12
10	320°	V	7.3527	27	-62.35
11	320°	V	7.3812	27	-59.92
12	320° +30°	V	7.1135	6	-70.39
13	320° +30°	V	7.1225	6	-73.93
14	320° +30°	V	7.1262	6	-66.23
15	320° +30°	V	7.1480	24	-60.25
16	320° +30°	V	7.1982	21	-60.36
17	320° +30°	V	7.2275	18	-70.73
18	320° +30°	V	7.2410	8	-71.48
19	320° +30°	V	7.3250	27	-52.82
20	320° +30°	V	7.3542	27	-51.76
21	320° +30°	V	7.3790	18	-52.61
22	320° -30°	V	7.1127	6	-69.01
23	320° -30°	V	7.1262	6	-68.46
24	320° -30°	V	7.1510	27	-56.92
25	320° -30°	V	7.1735	12	-76.50
26	320° -30°	V	7.2005	27	-61.82
27	320° -30°	V	7.2275	12	-58.24
28	320° -30°	V	7.2410	8	-75.85
29	320° -30°	V	7.2867	6	-81.17
30	320° -30°	V	7.3265	21	-49.28
31	320° -30°	V	7.3437	12	-46.71
32	320° -30°	V	7.3625	6	-52.86
33	320° -30°	V	7.3797	6	-49.36
34	320°	H	7.1127	6	-73.14
35	320°	H	7.1247	6	-71.69
36	320°	H	7.1367	12	-60.56
37	320°	H	7.1472	6	-75.21
38	320°	H	7.1712	12	-74.65
39	320°	H	7.1982	27	-66.98
40	320°	H	7.2260	12	-64.68
41	320°	H	7.2395	12	-76.86
42	320°	H	7.2552	12	-79.96

43	320°	H	7.2980	6	-78.51
44	320°	H	7.3227	27	-46.07
45	320°	H	7.3512	27	-46.82
46	320° +30°	H	7.1127	6	-77.40
47	320° +30°	H	7.1352	12	-66.89
48	320° +30°	H	7.1577	6	-77.39
49	320° +30°	H	7.1705	21	-74.72
50	320° +30°	H	7.1990	27	-63.29
51	320° +30°	H	7.2252	12	-62.37
52	320° +30°	H	7.2492	18	-73.06
53	320° +30°	H	7.2957	8	-79.00
54	320° +30°	H	7.3227	27	-45.79
55	320° +30°	H	7.3535	27	-48.67
56	320° +30°	H	7.3805	27	-49.75
57	320° -30°	H	7.1352	12	-58.83
58	320° -30°	H	7.1712	12	-74.25
59	320° -30°	H	7.1997	27	-65.44
60	320° -30°	H	7.2260	12	-58.40
61	320° -30°	H	7.2515	6	-77.06
62	320° -30°	H	7.2957	8	-78.30
63	320° -30°	H	7.3257	27	-52.42
64	320° -30°	H	7.3430	12	-49.13
65	320° -30°	H	7.3587	12	-50.81
66	320° -30°	H	7.3715	12	-51.32
67	320° -30°	H	7.3887	12	-54.52

BANDA DE FRECUENCIA 7.40 - 7.80 GHz					
ESPECTRO No.	DIRECCIÓN (Grados)	POLARIZACIÓN (H ó V)	FRECUENCIA (GHz)	BW (MHz)	NIVEL (dBm)
1	320°	V	7.4260	8	-80.32
2	320°	V	7.4570	24	-75.67
3	320°	V	7.5000	32	-63.82
4	320°	V	7.5300	16	-79.13
5	320°	V	7.5880	12	-77.81
6	320°	V	7.6710	12	-78.16
7	320°	V	7.6940	16	-64.21
8	320°	V	7.7670	8	-81.75
9	320° +30°	V	7.4260	12	-77.76
10	320° +30°	V	7.4590	12	-66.88
11	320° +30°	V	7.5000	32	-57.84
12	320° +30°	V	7.5280	32	-77.31
13	320° +30°	V	7.5910	16	-74.30
14	320° +30°	V	7.6680	16	-66.07

15	320° +30°	V	7.6940	24	-59.98
16	320° +30°	V	7.7740	8	-76.23
17	320° -30°	V	7.4290	12	-77.15
18	320° -30°	V	7.4580	28	-73.12
19	320° -30°	V	7.5000	32	-72.59
20	320° -30°	V	7.5360	32	-77.87
21	320° -30°	V	7.5920	12	-70.58
22	320° -30°	V	7.6650	12	-70.09
23	320° -30°	V	7.6960	24	-66.07
24	320° -30°	V	7.752	8	-83.07
25	320°	H	7.4550	21	-51.34
26	320°	H	7.4960	27	-70.47
27	320°	H	7.5300	27	-73.09
28	320°	H	7.5900	8	-73.93
29	320°	H	7.6160	6	-75.86
30	320°	H	7.6670	12	-61.49
31	320°	H	7.6960	21	-65.69
32	320°	H	7.7660	6	-80.93
33	320° +30°	H	7.4270	8	-74.80
34	320° +30°	H	7.4690	27	-70.25
35	320° +30°	H	7.4960	24	-69.63
36	320° +30°	H	7.5260	24	-70.03
37	320° +30°	H	7.5890	12	-71.11
38	320° +30°	H	7.6650	12	-62.93
39	320° +30°	H	7.7050	27	-69.88
40	320° +30°	H	7.7820	6	-79.09
41	320° -30°	H	7.4560	21	-49.29
42	320° -30°	H	7.5000	24	-75.96
43	320° -30°	H	7.5290	21	-76.94
44	320° -30°	H	7.5600	8	-82.34
45	320° -30°	H	7.5900	6	-69.41
46	320° -30°	H	7.6150	12	-80.81
47	320° -30°	H	7.6620	18	-64.79
48	320° -30°	H	7.7060	27	-73.32
49	320° -30°	H	7.7480	24	-80.80
50	320° -30°	H	7.7790	24	-80.83

**BANDA DE FRECUENCIA
7.7 - 8.1 GHz**

No existen espectros

BANDA DE FRECUENCIA 7.9 - 8.5 GHz					
ESPECTRO No.	DIRECCIÓN (Grados)	POLARIZACIÓN (H ó V)	FRECUENCIA (GHz)	BW (MHz)	NIVEL (dBm)
1	320°	V	8.0620	16	-58.66
2	320°	V	8.1130	16	-68.04
3	320°	V	8.3005	16	-63.37
4	320°	V	8.3830	8	-75.94
5	320°	V	8.4115	8	-69.38
6	320°	V	8.4265	8	-69.51
7	320°	V	8.4565	12	-65.53
8	320° +30°	V	8.0635	16	-63.18
9	320° +30°	V	8.1175	21	-70.83
10	320° +30°	V	8.3005	16	-65.71
11	320° +30°	V	8.3830	8	-74.72
12	320° +30°	V	8.4100	8	-74.64
13	320° +30°	V	8.4265	8	-72.75
14	320° +30°	V	8.4565	12	-65.13
15	320° -30°	V	8.0605	21	-57.18
16	320° -30°	V	8.1175	21	-76.11
17	320° -30°	V	8.3020	21	-70.24
18	320° -30°	V	8.3770	12	-79.36
19	320° -30°	V	8.4130	8	-74.08
20	320° -30°	V	8.4250	8	-75.27
21	320° -30°	V	8.4610	12	-73.54
22	320°	H	7.9810	8	-78.23
23	320°	H	8.0620	8	-81.10
24	320°	H	8.1100	12	-64.04
25	320°	H	8.2345	6	-79.81
26	320°	H	8.2960	6	-74.09
27	320°	H	8.3110	6	-70.30
28	320°	H	8.3335	8	-74.51
29	320°	H	8.3515	6	-75.95
30	320°	H	8.3830	12	-54.86
31	320°	H	8.4130	8	-61.63
32	320°	H	8.4310	8	-70.96
33	320°	H	8.4670	8	-66.25
34	320° +30°	H	7.9240	6	-80.54
35	320° +30°	H	7.9825	6	-80.01
36	320° +30°	H	8.0590	8	-79.24
37	320° +30°	H	8.1175	12	-68.77
38	320° +30°	H	8.2960	6	-73.67
39	320° +30°	H	8.3110	8	-65.78
40	320° +30°	H	8.3755	12	-67.15
41	320° +30°	H	8.3890	8	-55.24

42	320° +30°	H	8.4190	16	-66.97
43	320° +30°	H	8.4595	21	-68.53
44	320° -30°	H	7.9885	8	-77.86
45	320° -30°	H	8.0590	12	-81.12
46	320° -30°	H	8.1205	21	-70.61
47	320° -30°	H	8.2345	8	-77.28
48	320° -30°	H	8.2945	6	-70.70
49	320° -30°	H	8.3170	21	-64.19
50	320° -30°	H	8.3545	8	-65.38
51	320° -30°	H	8.3860	8	-50.32
52	320° -30°	H	8.4130	8	-67.88
53	320° -30°	H	8.4295	8	-67.19
54	320° -30°	H	8.4670	12	-68.38

BANDA DE FRECUENCIA
12.7-13.3 GHz

No existen espectros

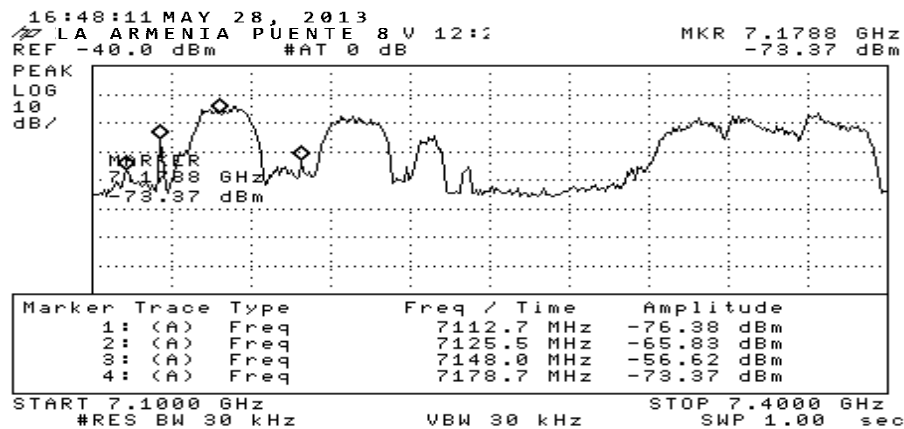
BANDA DE FRECUENCIA
14.4 - 15.4 GHz

ESPECTRO No.	DIRECCIÓN (Grados)	POLARIZACIÓN (H ó V)	FRECUENCIA (GHz)	BW (MHz)	NIVEL (dBm)
1	320°	V	14.580	6	-67.40
2	320°	V	14.635	8	-75.66
3	320°	V	14.883	6	-63.75
4	320°	V	15.303	6	-62.79
5	320°	V	15.333	6	-66.11
6	320°	V	14.583	6	-73.24
7	320° +30°	V	14.630	8	-72.53
8	320° +30°	V	14.883	6	-56.02
9	320° +30°	V	15.013	6	-75.24
10	320° +30°	V	15.305	6	-67.78
11	320° +30°	V	15.333	6	-66.61
12	320° -30°	V	14.580	6	-69.72
13	320° -30°	V	14.633	8	-70.71
14	320° -30°	V	14.883	6	-67.43
15	320° -30°	V	15.303	6	-63.00
16	320° -30°	V	15.333	6	-63.08
17	320°	H	14.580	6	-73.17
18	320°	H	14.635	8	-75.35
19	320°	H	14.880	6	-68.59
20	320°	H	15.300	6	-74.06
21	320°	H	15.333	6	-70.85
22	320° +30°	H	14.590	6	-73.30
23	320° +30°	H	14.620	6	-75.50
24	320° +30°	H	14.890	6	-65.79

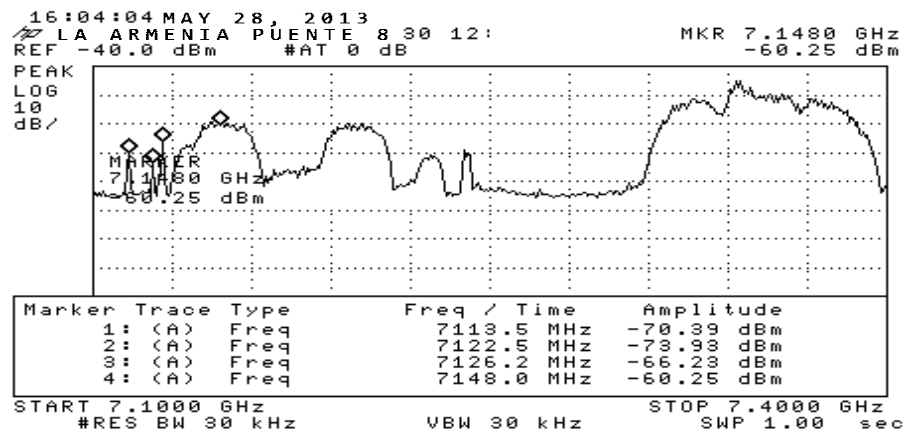
25	320° +30°	H	15.020	6	-76.06
26	320° +30°	H	15.070	6	-76.85
27	320° +30°	H	15.300	6	-73.29
28	320° +30°	H	15.340	6	-71.76
29	320° -30°	H	14.580	6	-74.79
30	320° -30°	H	14.628	8	-75.64
31	320° -30°	H	15.305	6	-66.42
32	320° -30°	H	15.333	6	-71.56

ESPECTROS CAPTURADOS

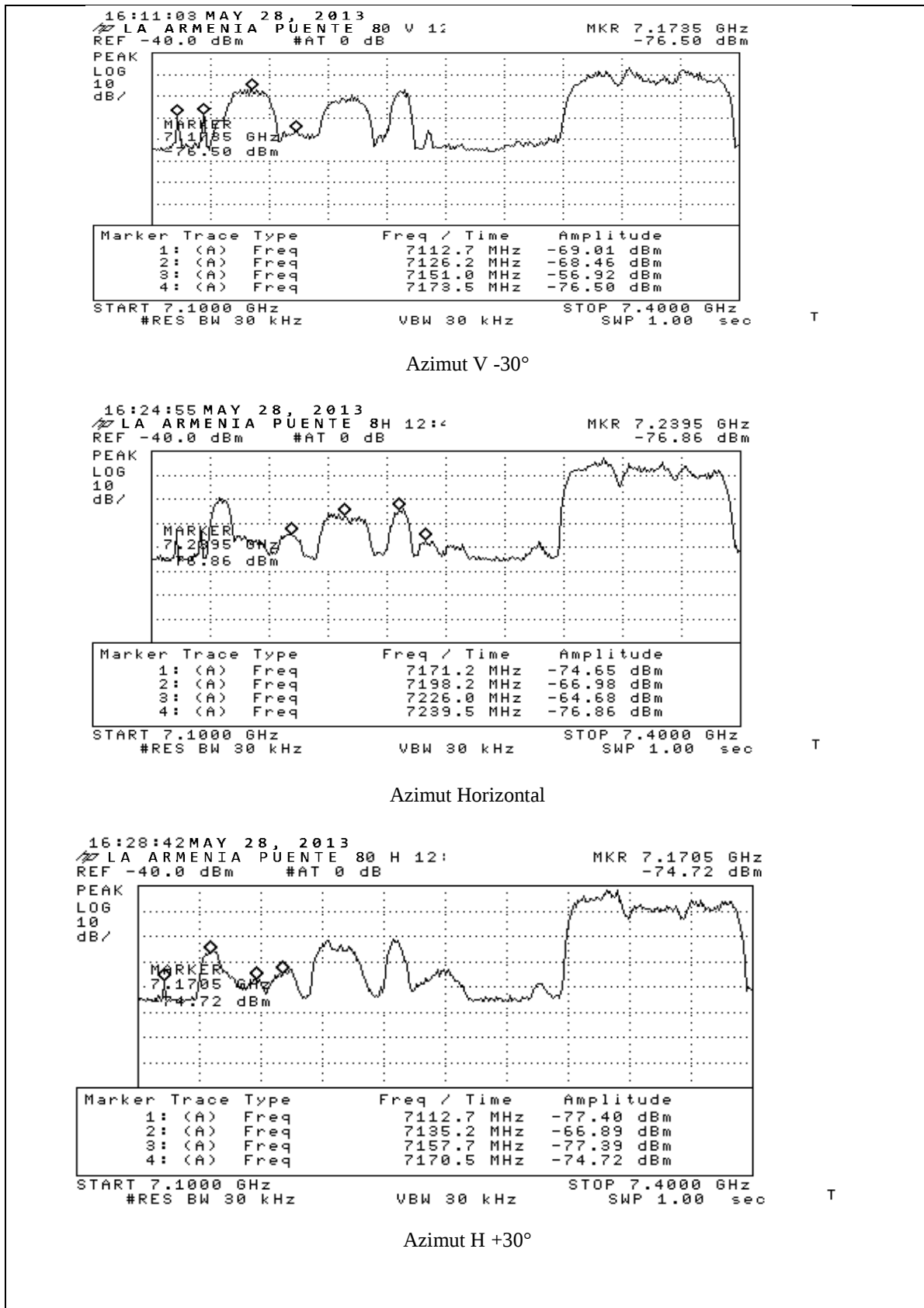
BANDA DE FRECUENCIA 7.1 - 7.4 GHz

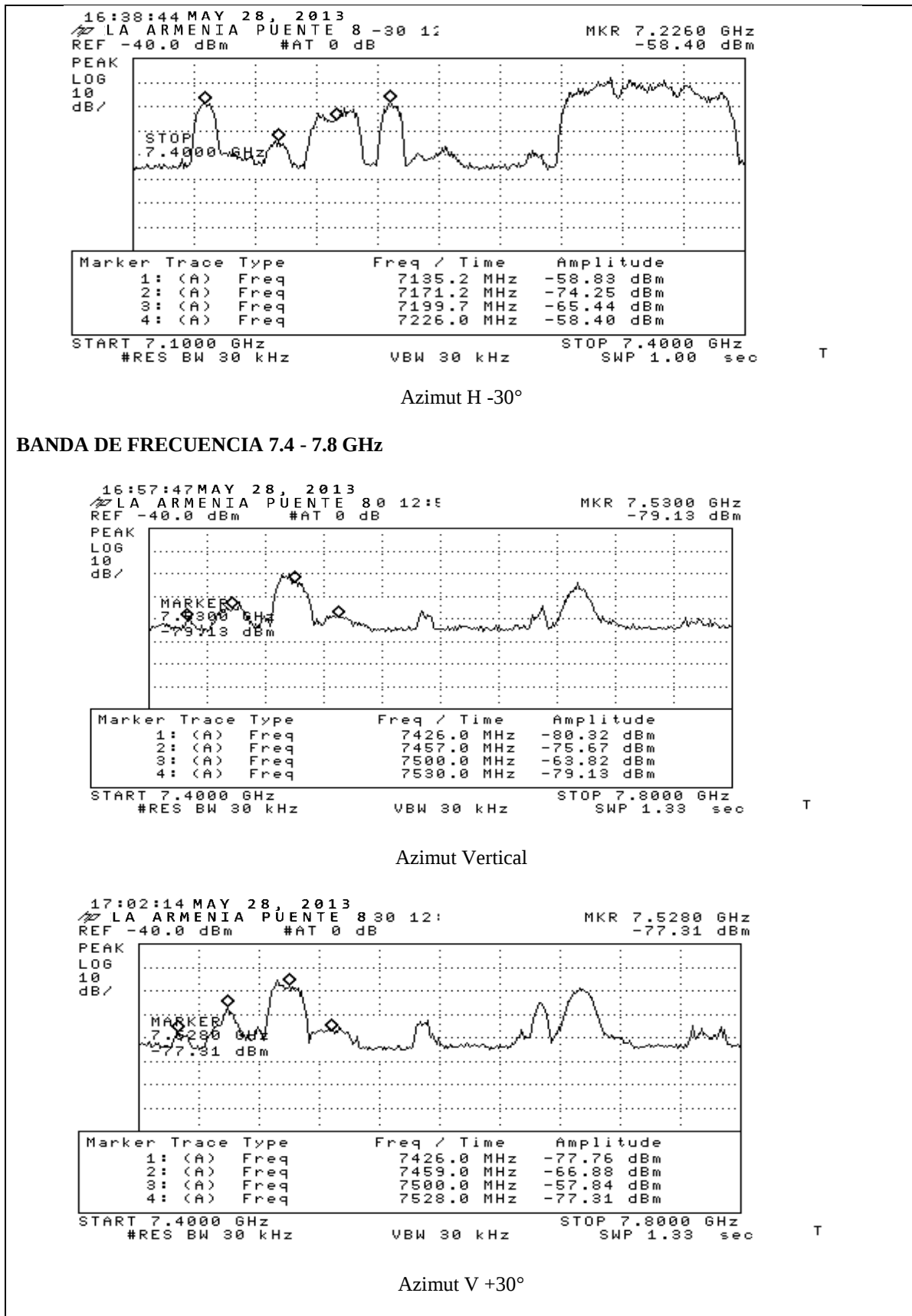


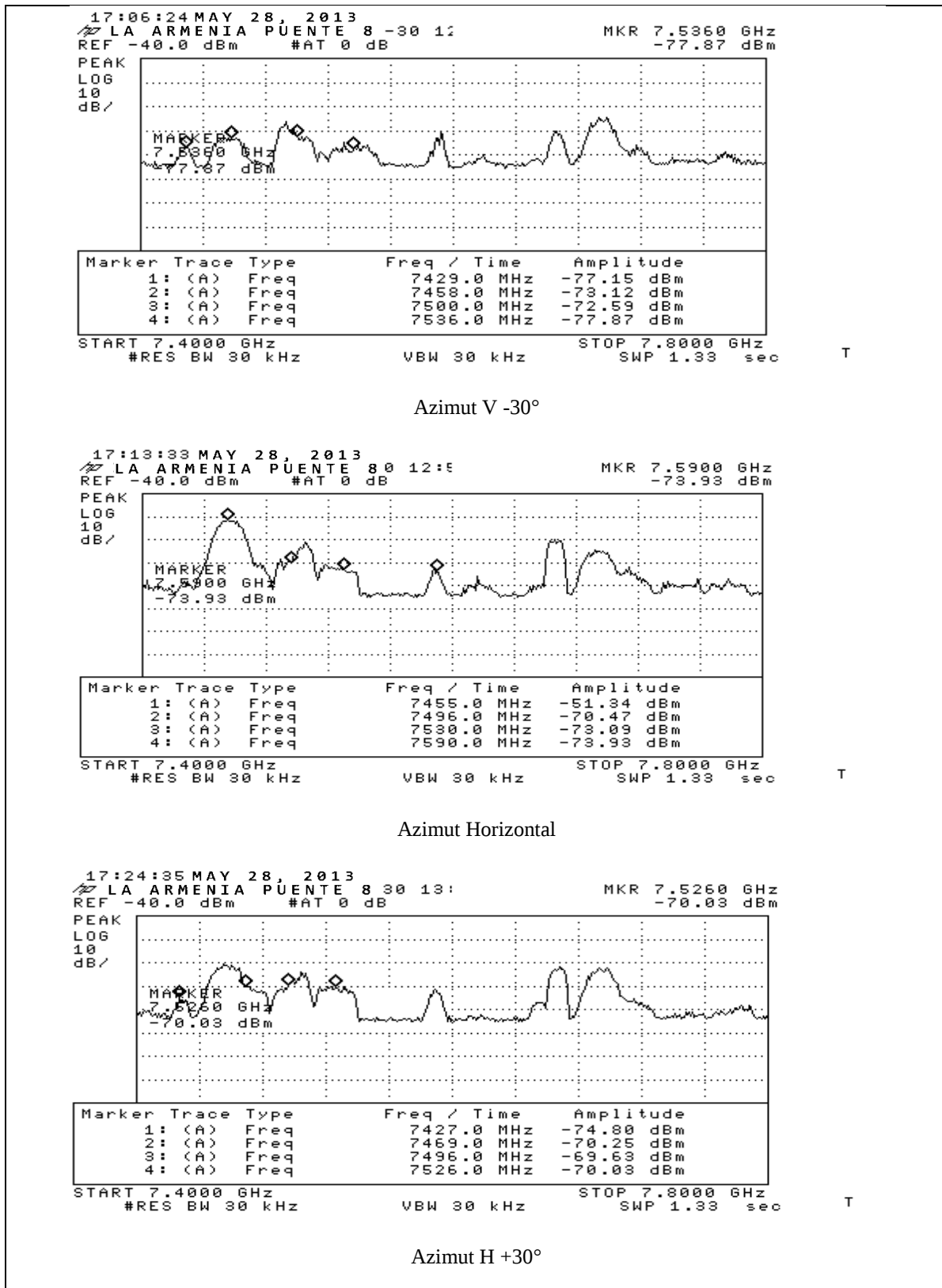
Azimut Vertical

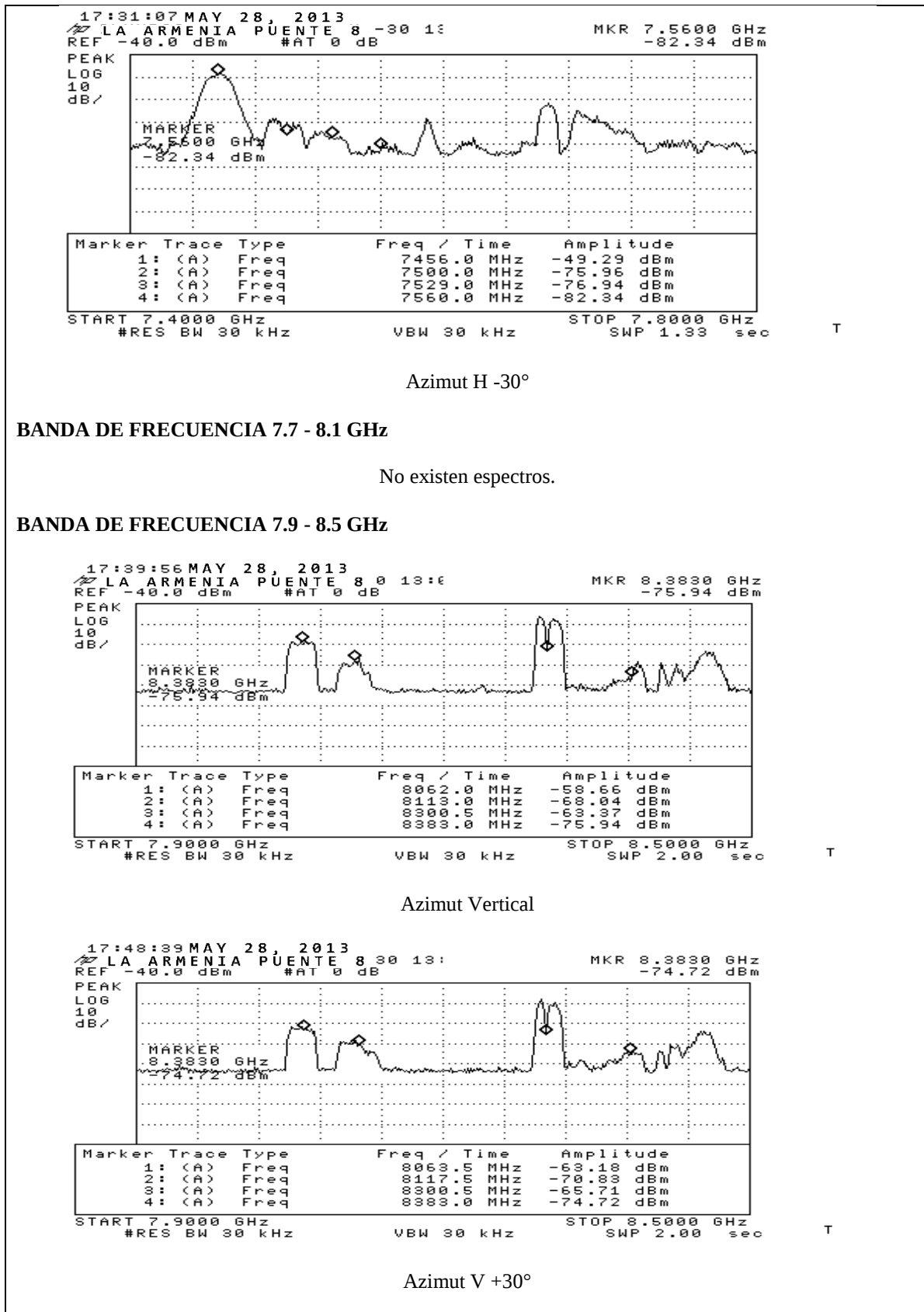


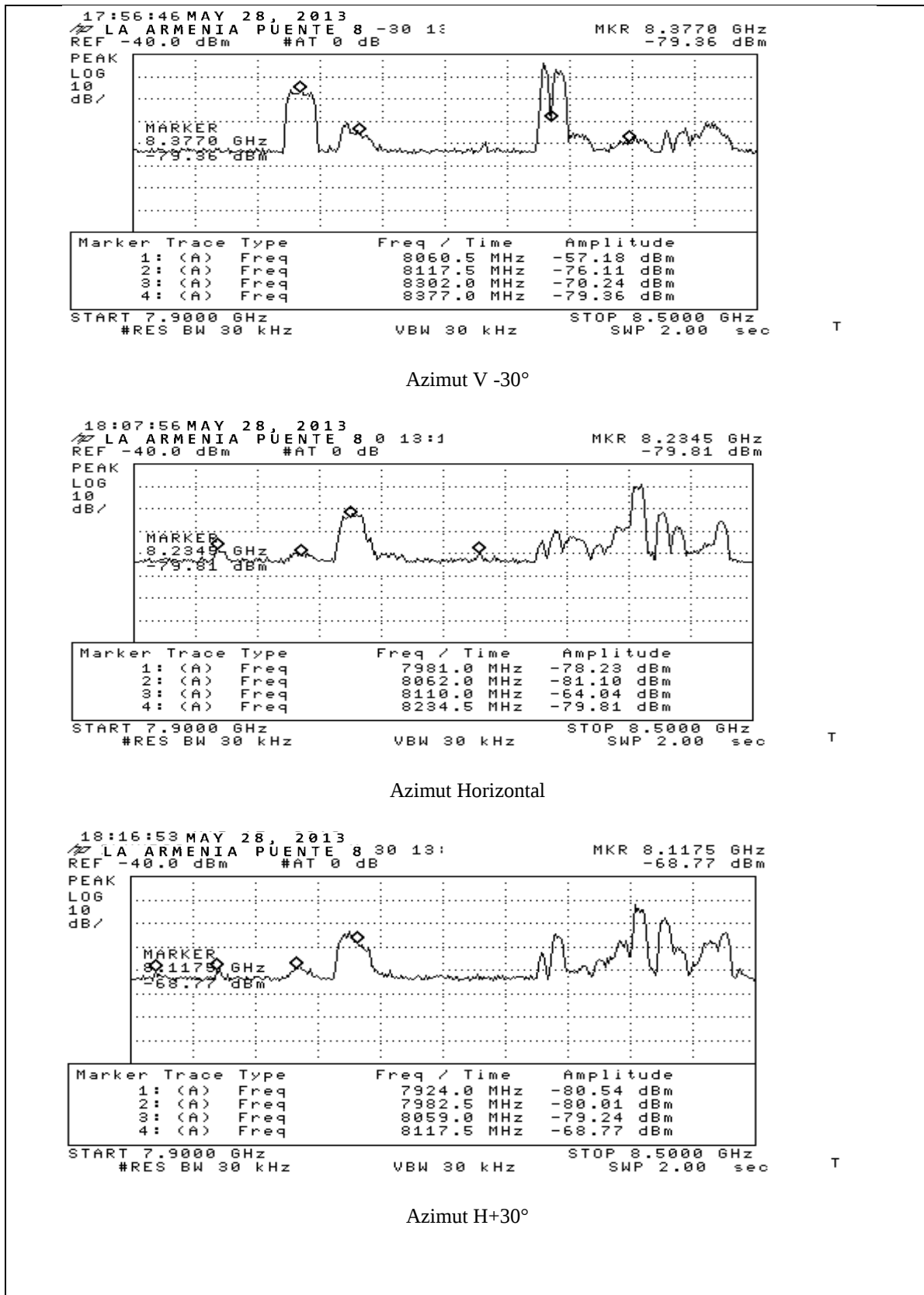
Azimut V +30°

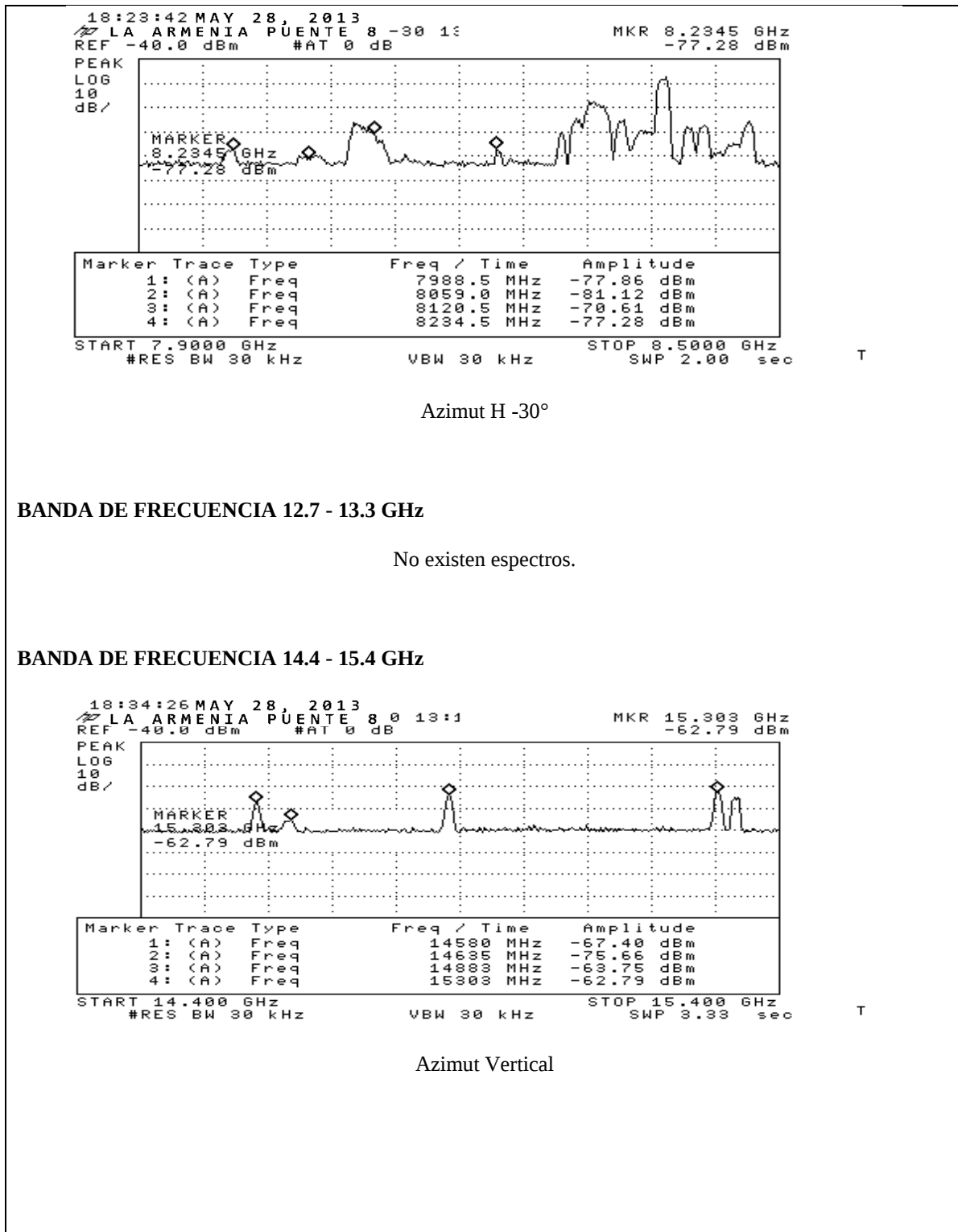


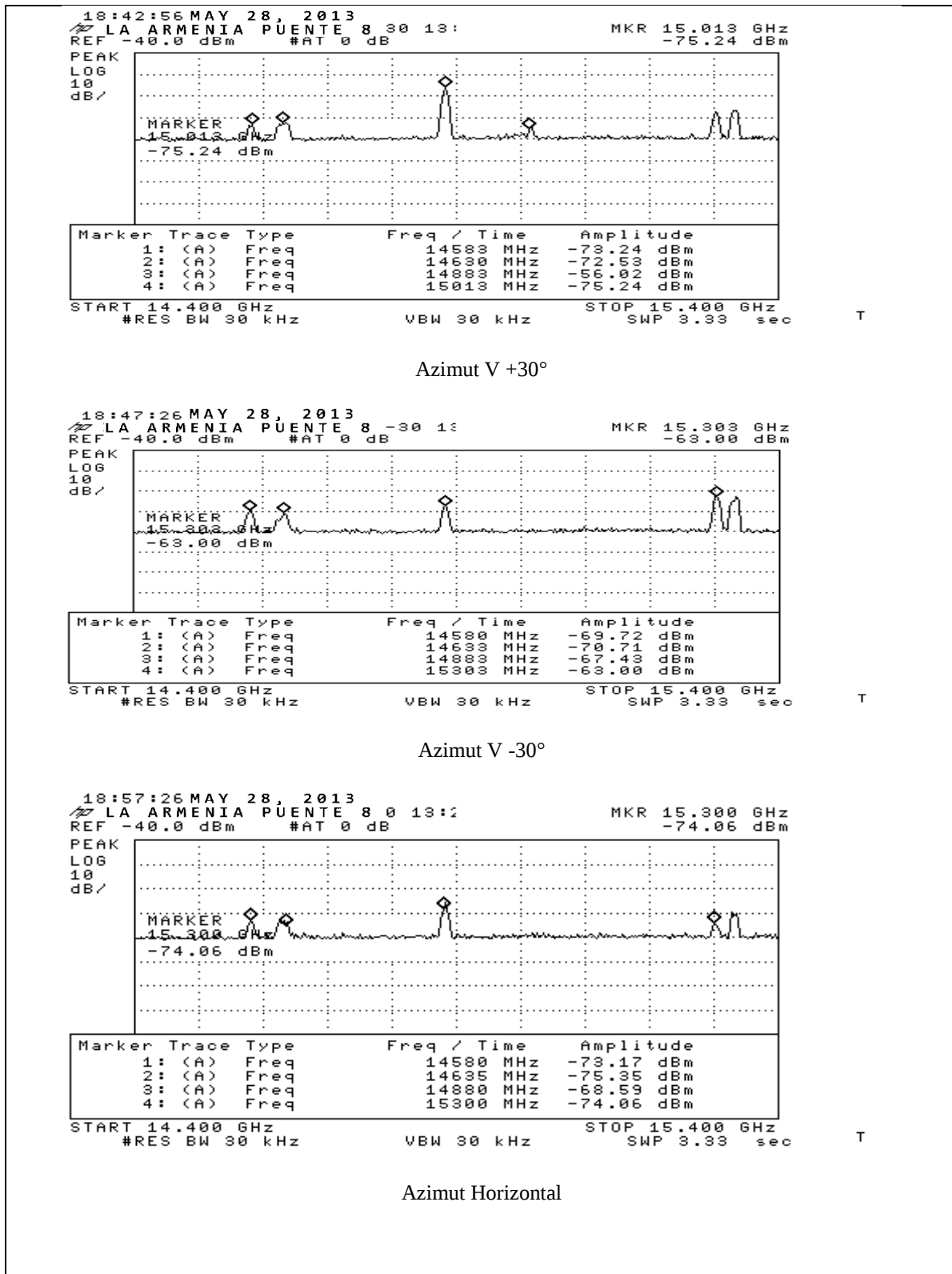


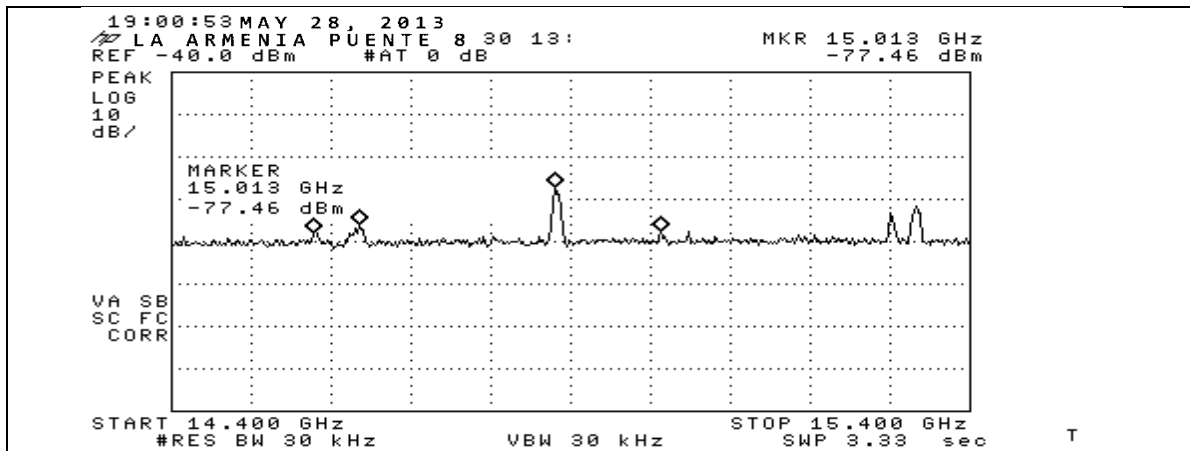




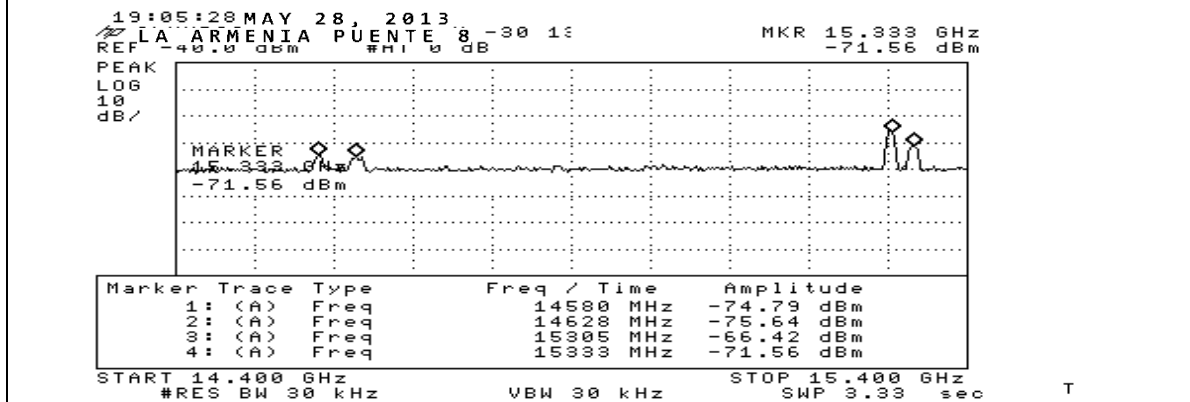








Azimut H +30°



Azimut H -30°

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La distancia entre las estaciones es de 1.38 Km y la polarización del enlace se determinará de acuerdo a los resultados del barrido horizontal y vertical de las frecuencias de operación del enlace.

Las frecuencias canalizadas aprobadas en la banda de 7 GHz son las siguientes:

Banda (7128 - 7422) MHz					
fo= 7275 MHz			ALC7L /161		
AB = 7 MHz			1L/ 1H	2L/ 2H	3L/ 3H
n	Tx	Rx	CH equipo SIAE		
1	7128	7289			
2	7135	7296	40		
3	7142	7303	68		
4	7149	7310	96		
5	7156	7317	124		
6	7163	7324	152		
7	7170	7331	180		
8	7177	7338			

9	7184	7345			
10	7191	7352		40	
11	7198	7359		68	
12	7205	7366		96	
13	7212	7373		124	
14	7219	7380		152	40
15	7226	7387		180	68
16	7233	7394			96
17	7240	7401			124
18	7247	7408			152
19	7254	7415			180
20	7261	7422			

De acuerdo al barrido de frecuencias la porción del espectro que se muestra a continuación es la ideal para colocar el enlace de doble polaridad, en color amarillo.

CANAL	PUENTE 8	ARMENIA	OBSERVACIONES
1	7128	7289	Opción 1
2	7135	7296	Opción 2
3	7142	7303	Opción 3
4	7149	7310	Opción 4
5	7156	7317	Opción 5
6	7163	7324	Opción 6

De las opciones, la más recomendable es la OPCIÓN 3.

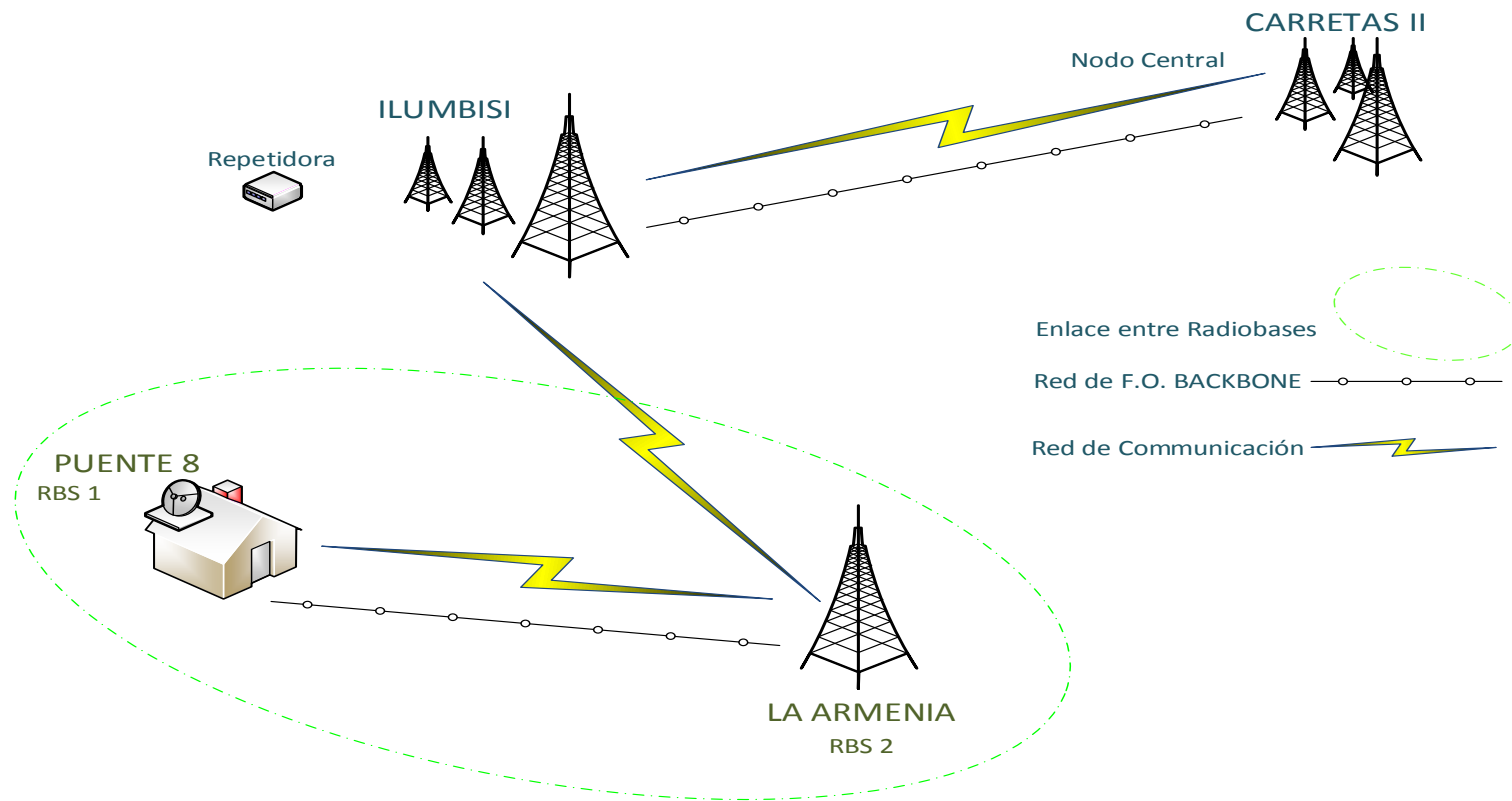
Realizado por:	Gabriel Castillo	Revisado por:	Boris Yépez	Autorizado por:	
Fecha: 07/10/2013		Documento: La Armenia_Barrido Espectral_Puente 8 Alto			

Elaborado por: Gabriel Castillo

2.4. Diseño de red celular

La red celular se encuentra diseñada de la siguiente manera:

Figura 40. Diseño red celular



CAPÍTULO III.

RESULTADOS

3.1. Implementación

El enlace Puente 8 – la Armenia consta de varios elementos como son los equipos Indoor y Outdoor, antenas y en cada uno de ellos se realizó la configuración respectiva para el correcto funcionamiento de los mismos.

Tabla 6 – Comparación estado inicial / actual

PUENTE 8 - LA ARMENIA		
ESTADO \ PARÁMETRO	RX LEVEL SUB	FER
INICIAL	Bajo	Mala
ACTUAL	Alto	Muy buena

FER: representa la calidad de la llamada (ms)

RX LEVEL SUB: nivel de potencia de recepción (dBm)

El nivel de potencia oscila entre -40 a -90 dBm, si no está en este rango el móvil puede funcionar, pero puede presentar intermodulación y otros parámetros como FER pueden verse afectados.

Como el parámetro FER es malo, es necesario realizar un análisis más exhaustivo para evaluar otros parámetros y así determinar la calidad. Las mediciones se las realizan:

Forward: estación base – celular

Reverse: celular – estación base

3.1.1. Elementos en las estaciones

En la implementación realizada del enlace Puente 8 – La Armenia, se utilizó varios elementos detallados a continuación:

ESTACIÓN 1: PUENTE 8 (OPC 2)

- Equipos Indoor en BTS GSM,
- Altura de antena: 3 metros en mástil
- Azumit: 50°
- Diámetro de antena: 60 cm

ESTACIÓN 2: ARMENIA

- Equipos Indoor en rack Outdoor existente, opción 1.
- Altura de antena en monopolo: 20 metros
- Azimut: 320°
- Diámetro antena: 60 cm
- Monopolo ocho lados, lado: 250 mm, perímetro: 2000mm

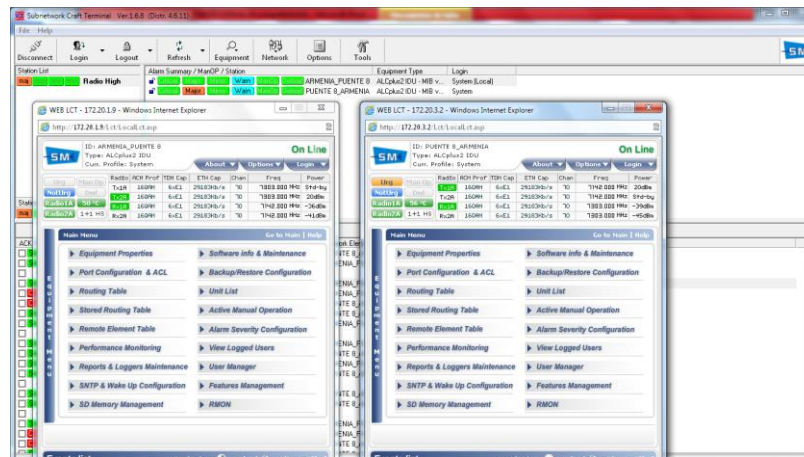
3.1.2. Configuración de equipos

Se detalla la configuración de los equipos en las dos estaciones:

PUENTE 8

Figura 41. Conexión local y remota del enlace. (Login PC-IDU)

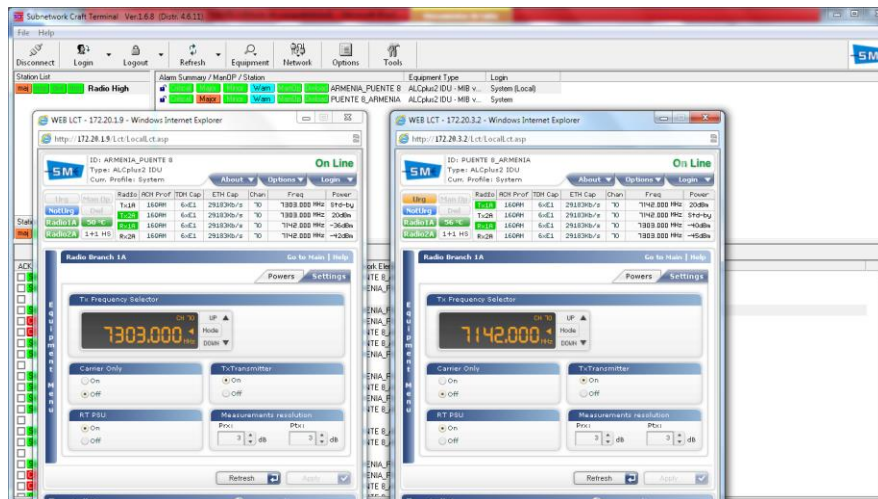
- Se utiliza un software llamado SUBNETWORK CRAFT TERMINAL (SCT) propio de SIAE de tipo programación gráfica.
- Utiliza una IP para conectarse remotamente desde la CENTRAL DE TELEFÓNICA – MOVISTAR.
- Se visualiza el menú de configuración del equipo.



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 42. Asignación de la frecuencia de operación

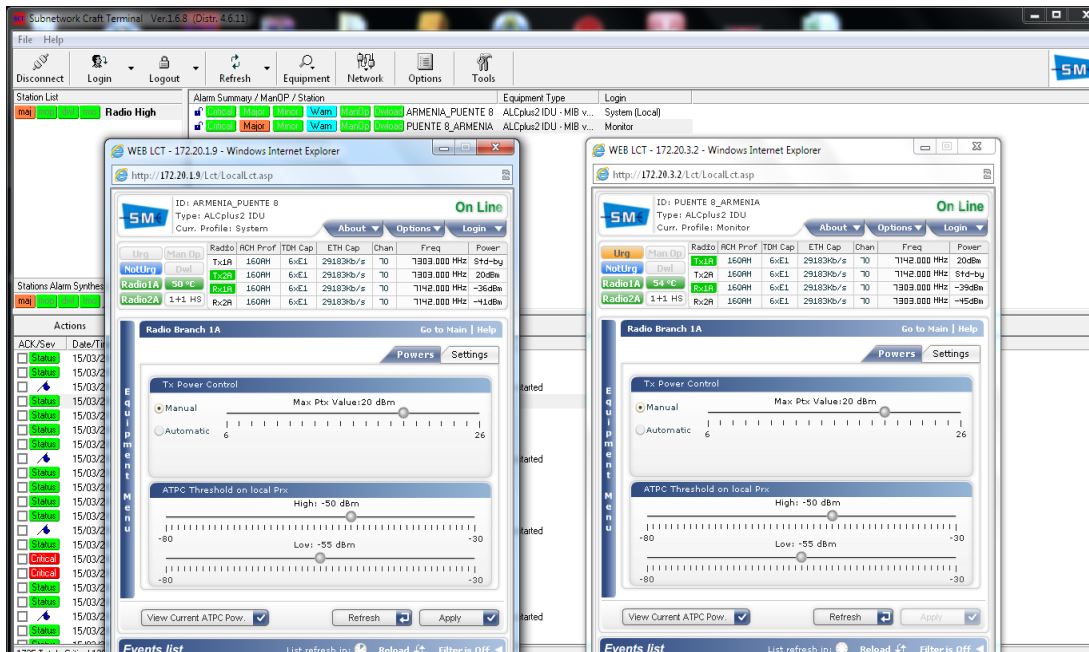
- Se muestra la configuración de los canales y la selección de frecuencias a ser utilizadas tanto para transmisión como para recepción.



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 43. Asignación de la potencia transmisión

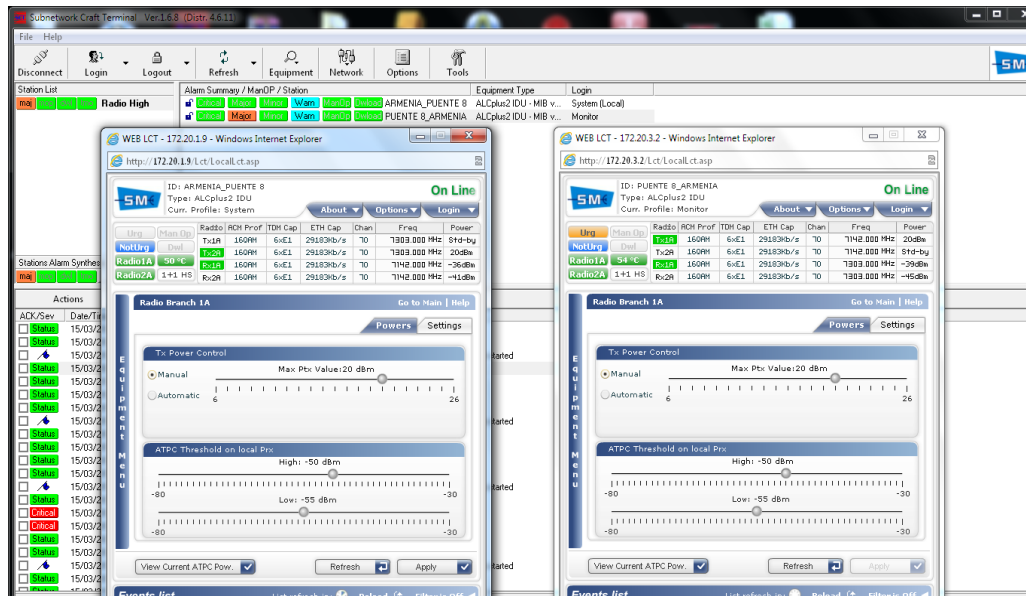
- Se visualiza la potencia de transmisión del canal.



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 44. Habilitación de tributarios

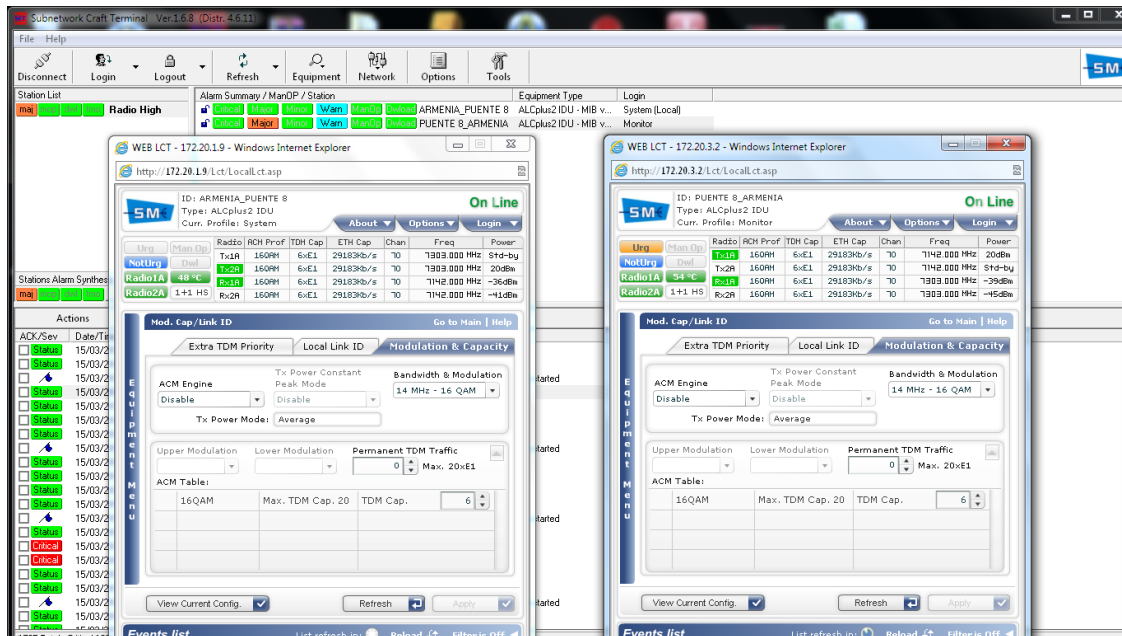
- Se aprecia el ajuste de los parámetros de potencia de transmisión de acuerdo a los valores de cálculo reflejados en la ingeniería.



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 45. Modulación del equipo

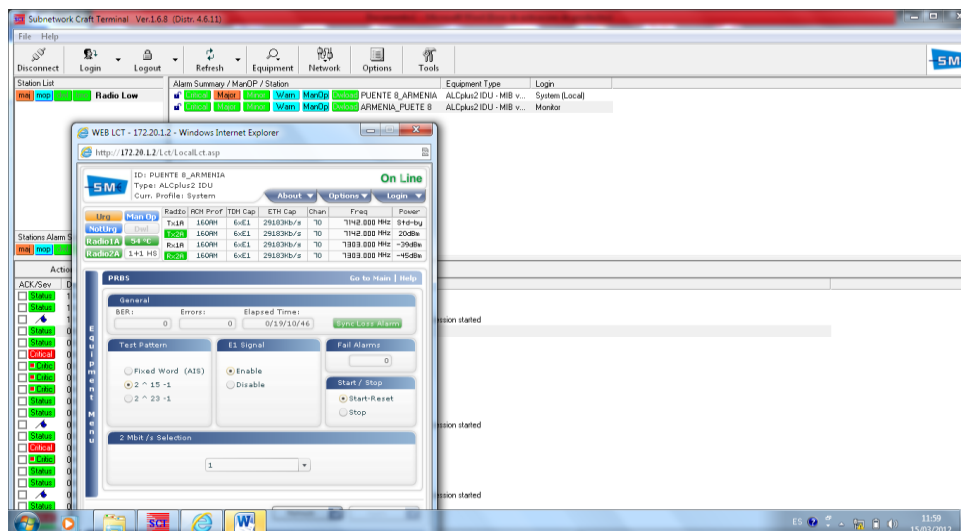
- De acuerdo a los valores de ingeniería se tiene 16 QAM con un ancho de banda de 14MHz, ya que este enlace es PDH no se necesita mayor ancho de banda.



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 46. Configuración sistema monitoreo

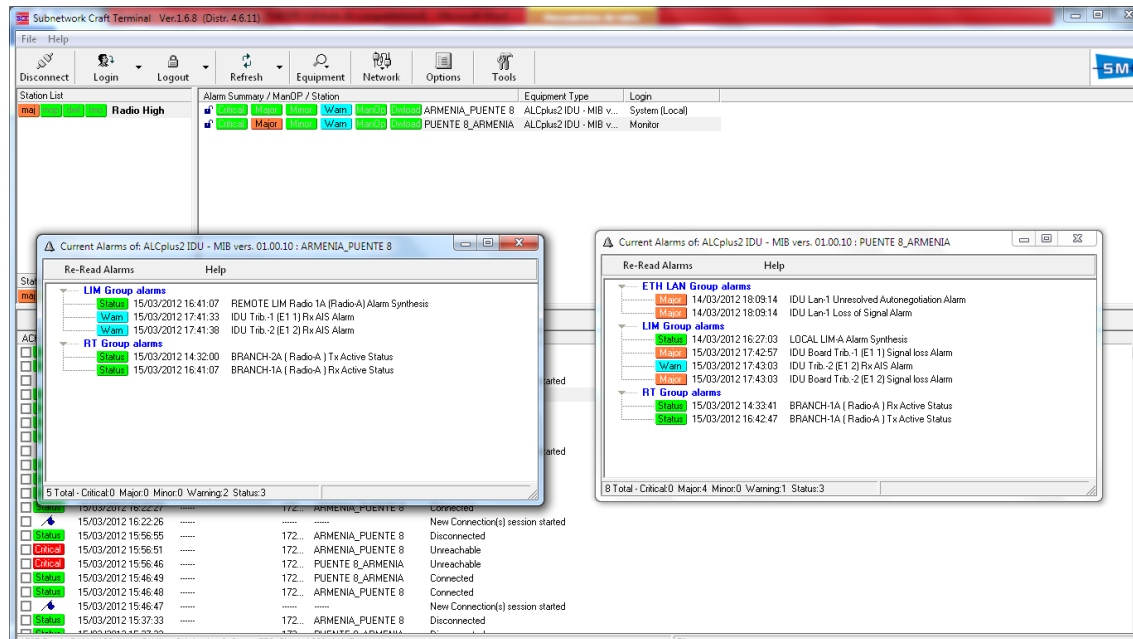
- Se muestra la conexión del PATTERN conectada al E1 y mide errores que puedan darse en el enlace.



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 47. Resumen de alarmas

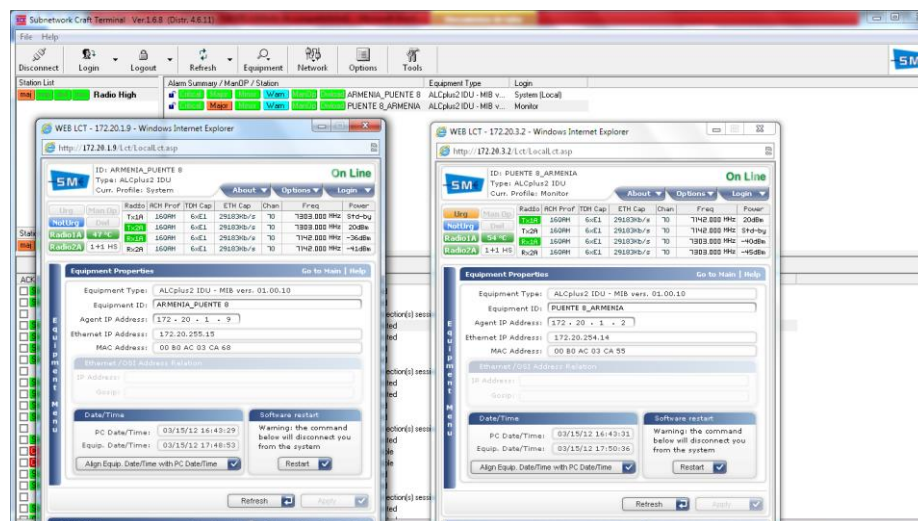
- Se visualiza la pantalla de alarma, ya que no está conectada a la BTS aún.
- Este resumen de alarmas es muy importante, ya que en un futuro nos ayudará a ver el correcto funcionamiento del enlace, caso contrario visualizaremos el por qué puede existir algún problema.



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 48. Propiedades del equipo

- Se muestra la configuración del equipo con su IP y MAC Address.

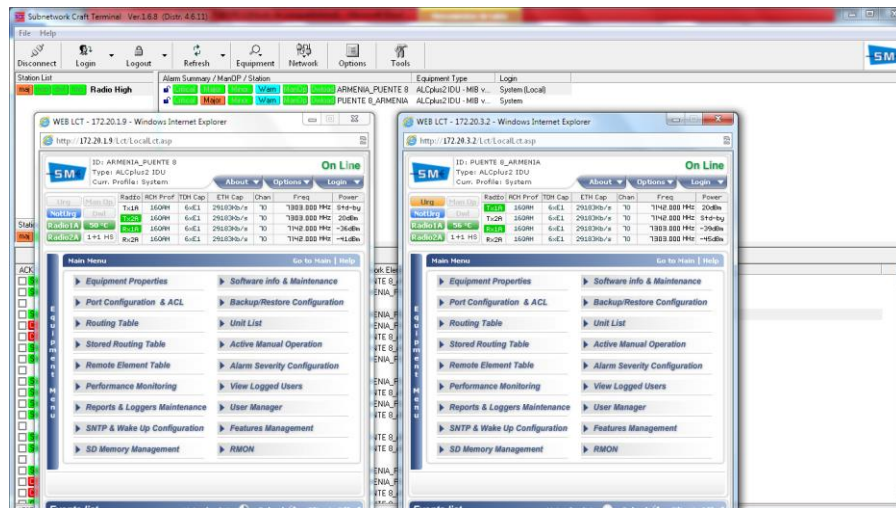


Elaborado por: Gabriel Castillo

LA ARMENIA

Figura 49. Conexión local y remota del enlace. (Login PC-IDU)

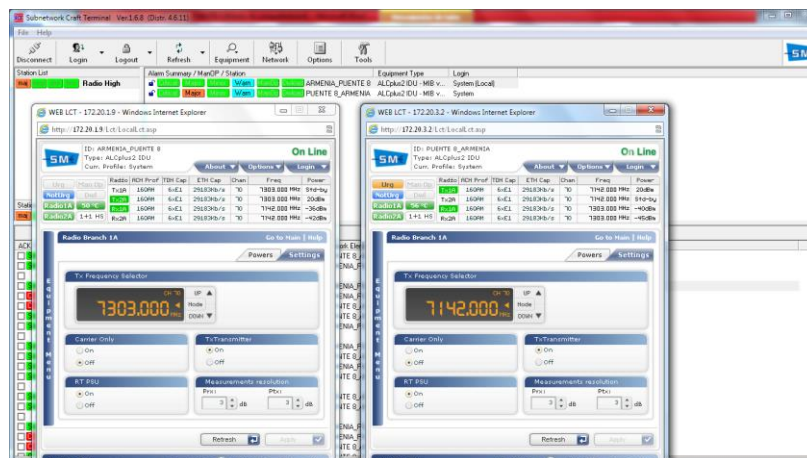
- Se utiliza un software llamado SUBNETWORK CRAFT TERMINAL (SCT) propio de SIAE de tipo programación gráfica.
- Utiliza una IP para conectarse remotamente desde la CENTRAL DE TELEFÓNICA – MOVISTAR.
- Se visualiza el menú de configuración del equipo.



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 50. Asignación de la frecuencia de operación

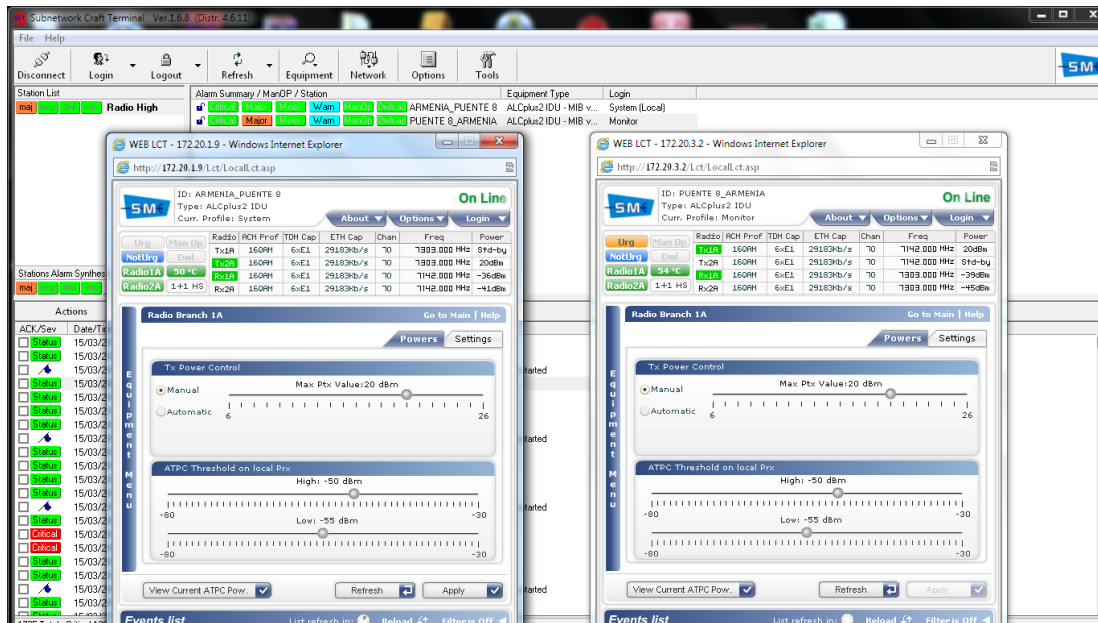
- Se muestra la configuración de los canales y la selección de frecuencias a ser utilizadas tanto para transmisión como para recepción.



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 51. Asignación de la potencia transmisión

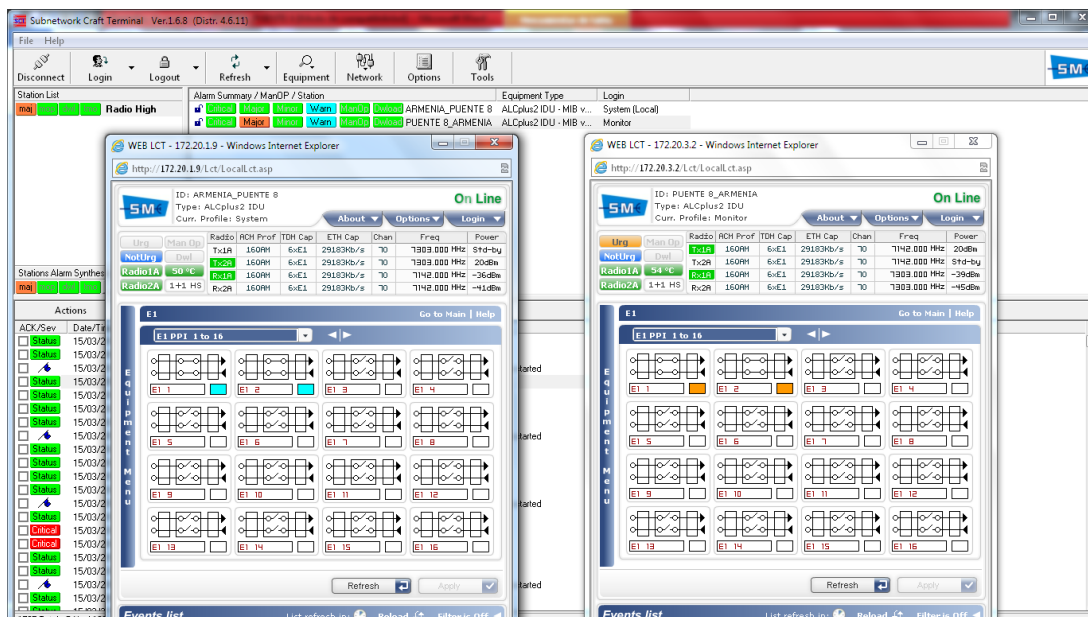
- Se visualiza la potencia de transmisión del canal.



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 52. Habilitación de tributarios

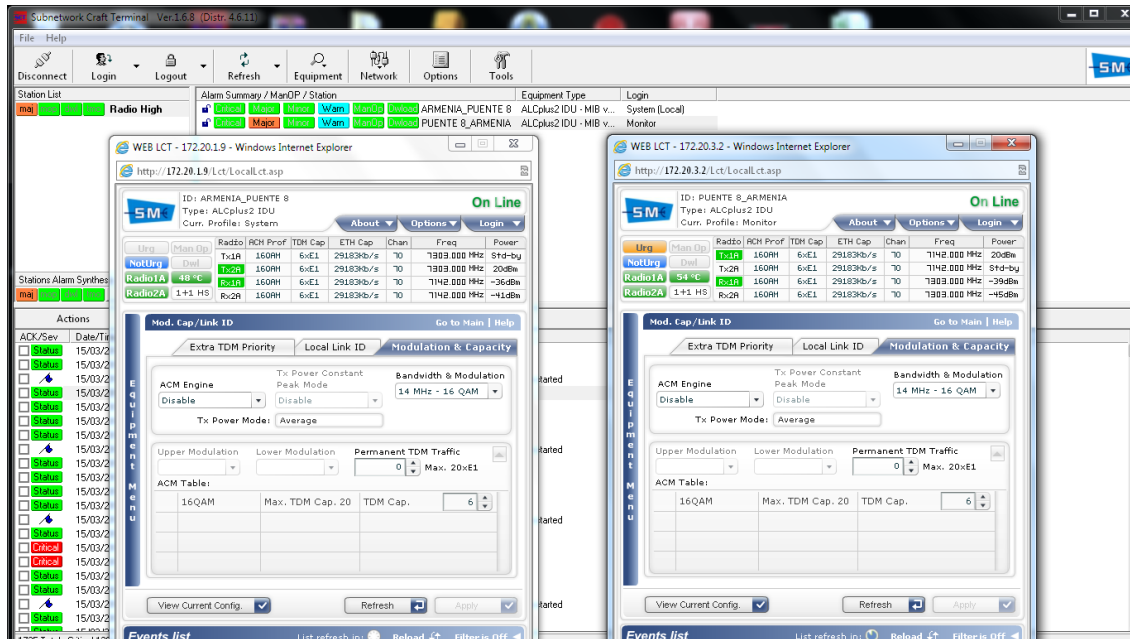
- Se aprecia el ajuste de los parámetros de potencia de transmisión de acuerdo a los valores de cálculo reflejados en la ingeniería.



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 53. Modulación del equipo

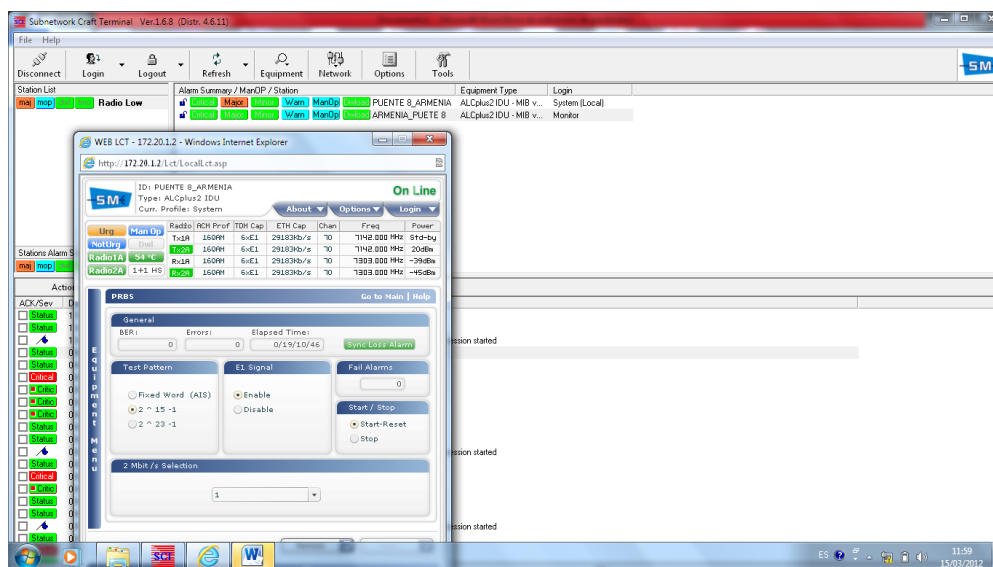
- De acuerdo a los valores de ingeniería se tiene 16 QAM con un ancho de banda de 14MHz, ya que este enlace es PDH no se necesita mayor ancho de banda.



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 54. Configuración sistema monitoreo

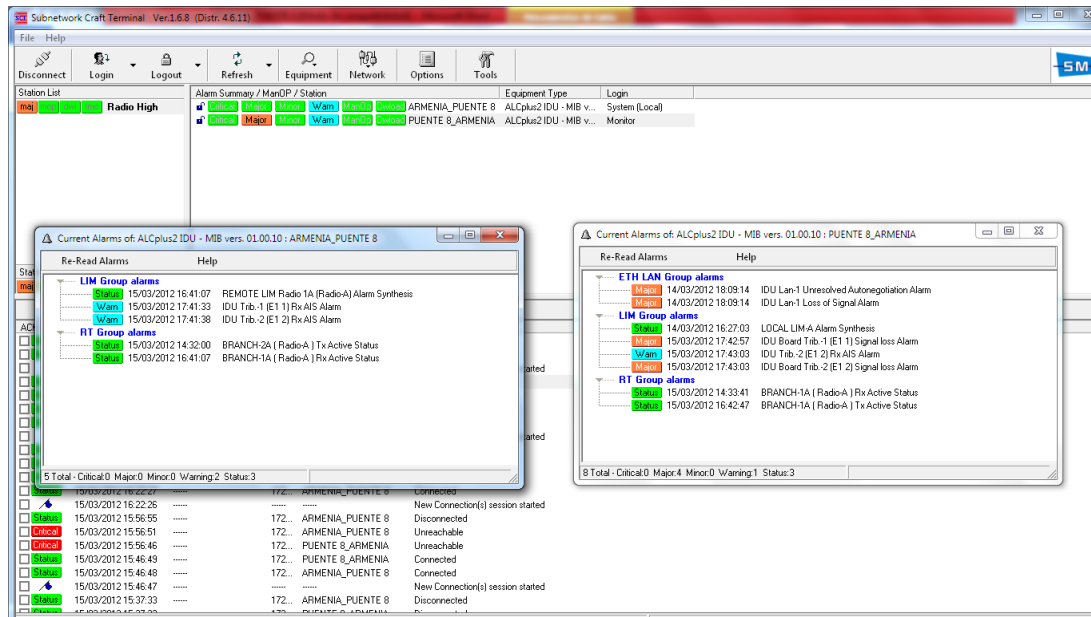
- Se muestra la conexión del PATTERN conectada al E1 y mide errores que puedan darse en el enlace.



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 55. Resumen de alarmas

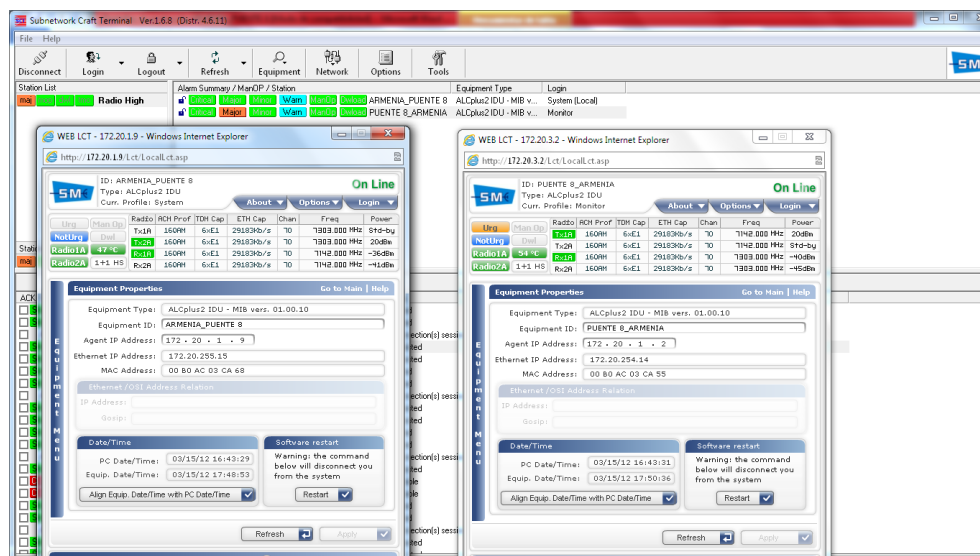
- Se visualiza la pantalla de alarma, ya que no está conectada a la BTS aún.
- Este resumen de alarmas es muy importante, ya que en un futuro nos ayudará a ver el correcto funcionamiento del enlace, caso contrario visualizaremos el por qué puede existir algún problema.



Elaborado por: Gabriel Castillo

Figura 56. Propiedades del equipo

- Se muestra la configuración del equipo con su IP y MAC Address.



Elaborado por: Gabriel Castillo

3.2. Pruebas y Documentación de los resultados obtenidos

De igual forma se realizó las respectivas pruebas a las dos estaciones para verificar su correcto funcionamiento.

Tabla 7 – Pruebas y Documentación Puente 8

DOCUMENTACIÓN DEL SITIO PUENTE 8				
1.1. Identificadores				
Identificador sitio A (local)	PUENTE 8			
Identificador sitio B (remoto)	LA ARMENIA			
Identificador del enlace (desde/hacia)	PUENTE 8_ARMENIA			
PARÁMETROS DEL SITIO A				
Terminal A	PUENTE 8			
Equipment type / equipment capacity	1+1 HTBY / 64 MB			
Antenna orientation (Azimuth) :	50°			
Height of the Antenna	3 m en mástil, 10m de edificio (3 pisos)			
Quantity of IF cable used	15 m			
TX Frequency	7142.0MHZ			
RX Frequency	7303.0 MHz			
Polarization (H / V)	Vertical			
TX Power	20,0 dBm			
RX Power	20,0 dBm			
Trunk Capacity	64 Mbps – 32x2			
ATPC Status	Inhabilitado			
DIRECCIÓN DE RED				
a) Equipo provisto con software IP				
IP Ethernet	172.	20.	3.	2
INSPECCIÓN DEL SITIO				
<i>Nota: El propósito de esta inspección es estar plenamente seguro que el sitio está listo para el comisionamiento del radioenlace.</i>				
Elaborado por: Gabriel Castillo				

Ítem	DESCRIPCIÓN	OK	NOT OK
1.	Conexión a tierra correctamente instalada		
1.1	Conexión a tierra del rack a tierra	✓	
1.2	Conexión a tierra de la IDU	✓	
1.3	Conexión a tierra de la ODU	✓	
2.	Kit de cables a tierra correctamente instalados	✓	
3.	Alimentador y colas correctamente instalados y fijado a soportes	✓	
4.	Cables correctamente fijados y etiquetados		
4.1.	Cables IDU/ODU (etiquetados en ambos sitios)	✓	
4.2.	Cables 2MB	✓	
4.3.	Cables de poder (etiquetados en ambos sitios)	✓	
4.4.	Etiquetas en IDU, ODU y antenas	✓	

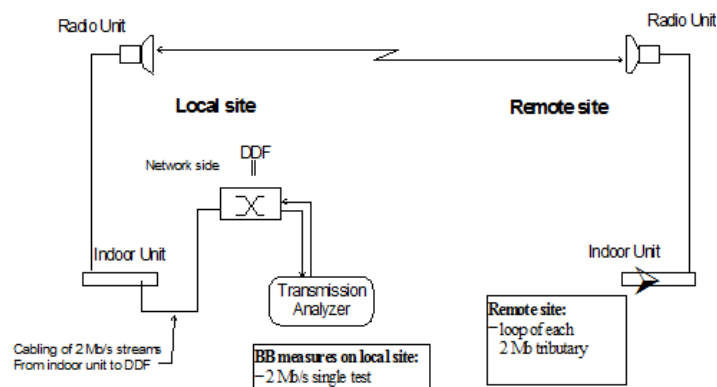
VERIFICACIÓN DE COMISIONAMIENTO

Item	DESCRIPCIÓN	SI	NO
1	Voltaje de la fuente de poder y polaridad correspondiente a la especificaciones	✓	
1.1	Redundancia de la fuente de poder	✓	
2	Sectorización de cable IF y verificación de la alarma generada ⁽¹⁾	✓	
3	ATPC		
3.1	Ajuste de alimentación = MANUAL	✓	
3.2	Ajuste de umbral ATPC bajo= -55, alto = -50	✓	
4	Configuración de comunicación		
4.1	Equipo Local y Remoto visible vía SCT	✓	
4.2	Inventario	✓	
4.3	Back-Up	✓	

(1) Alternadamente switch apagado, los cables IF₁ y IF₂, en el caso de sistemas protegidos. Revisar la generación del cable de alarma abierto.

MEDIDAS DE COMISIONAMIENTO

Se configura el enlace tal como se define en la siguiente figura



Elaborado por: Gabriel Castillo

Ítem	DESCRIPCIÓN												SI	NO		
1	Verificar BER para cada tributario y revisar al estabilidad mecánica de las conexiones coaxiales												✓			
TRIBUTARIO	1 A	2 B	3 C	4 D	5 E	6 F	7 G	8 H	9 I	10 J	11 K	12 L	13 M	14 N	15 O	16 P
ERRORES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ítem	DESCRIPCIÓN												SI	NO		
1	Verificar BER para cada tributario y revisar al estabilidad mecánica de las conexiones coaxiales												✓			
TRIBUTARIO	17 Q	18 R	19 S	20 T	21 U	22 V	23 W	24 X	25 Y	26 Z	27	28	29	30	31	32
ERRORES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ítem	DESCRIPCIÓN												SI	NO	
2	Verificar que la potencia de recepción con el sitio remoto TX OFF sea menor que -90 dBm												✓		

Ítem	DESCRIPCIÓN												SI	NO	
3	Enlace medido ejecutado en el terminal remoto ⁽¹⁾														
4	Verificar el BER del enlace con los tributarios in bucle (bucle físico en el nivel de capa de distribución)														
4.1	Sistema protegido: medición de 12 horas en el ramal B (interconexión manual)												✓		
4.2	Sistema Protegido: medición de 1 hora en el ramal A (interconexión manual)												✓		

RESULTADOS (reporte de los valores de ES y SES incluso si la medida ha sido ejecutada en el sitio remoto)		
	Sistema desprotegido / Sistema protegido Ramal A	Sistema protegido Ramal B
ES	OK	OK
SES	OK	OK

Ítem	DESCRIPCIÓN												SI	NO	
5	1+1 Testeo de interconexión (HSTB / FDSD)												N/A		
6	Bucle Tributario (local / remoto)												✓		
7	Bucle Banda Base												N/A		
8	Bucle IF												✓		
9	Bucle RF												N/A		

Elaborado por: Gabriel Castillo

REPORTE DE MEDIDAS

Medidas de todos los tributarios.

Medida 12h.

EQUIPOS(INFORMACIÓN PATRÓN)

PRBS	BER	ERRORES	TIEMPO TRANSCURRIDO
	0	0	19/10/46

PRBS	Marca	MODELO	SERIAL
	VeEX	VePAL TX130M+	VTLA01L0210562

REPORTE DE INTEGRACIÓN

5.1 ACTIVACIÓN

Ítem	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	Ingeniería Potencia Tx	-40,28 dBm
2	Potencia Real Tx	-40 dBm

Ítem	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	Ingeniería Potencia Rx	-40,28 dBm
2	Potencia Real Rx	-40 dBm
Nota: Potencia de Tolerancia Rx <= +/- 2dB de cálculos de ingeniería		

Elaborado por: Gabriel Castillo

Tabla 8 – Pruebas y Documentación La Armenia

DOCUMENTACIÓN DEL SITIO LA ARMENIA			
1.2. Identificadores			
Identificador sitio A (local)	LA ARMENIA		
Identificador sitio B (remoto)	PUENTE 8		
Identificador del enlace (desde/hacia)	PUENTE 8_ARMENIA		
PARÁMETROS DEL SITIO A			
Terminal A	LA ARMENIA		
Equipment type / equipment capacity	1+1 HTBY / 64 MB		
Antenna orientation: Azimuth	320°		
Height of the Antenna	20 m		
Quantity of IF cable used	30 m		
TX Frequency	7303.0 MHZ		
RX Frequency	7142.0 MHz		
Polarization (H / V)	Vertical		
TX Power	20,0 dBm		
RX Power	20,0 dBm		
Trunk Capacity	64 Mbps – 32x2		
ATPC Status	Inhabilitado		
DIRECCIÓN DE RED			
a) Equipo provisto con software IP			
IP Ethernet	172.	20.	1. 9
INSPECCIÓN DEL SITIO			
<i>Nota: El propósito de esta inspección es estar plenamente seguro que el sitio está listo para el comisionamiento del radioenlace.</i>			
Item	DESCRIPCIÓN	OK	NOT OK
1.	Conexión a tierra correctamente instalada		
1.1	Conexión a tierra del rack a tierra	✓	
1.2	Conexión a tierra de la IDU	✓	
1.3	Conexión a tierra de la ODU	✓	
2.	Kit de cables a tierra correctamente instalados	✓	

3.	Alimentador y colas correctamente instalados y fijado a soportes	✓	
4.	Cables correctamente fijados y etiquetados		
4.1.	Cables IDU/ODU (etiquetados en ambos sitios)	✓	
4.2.	Cables 2MB	✓	
4.3.	Cables de poder (etiquetados en ambos sitios)	✓	
4.4.	Etiquetas en IDU, ODU y antenas	✓	

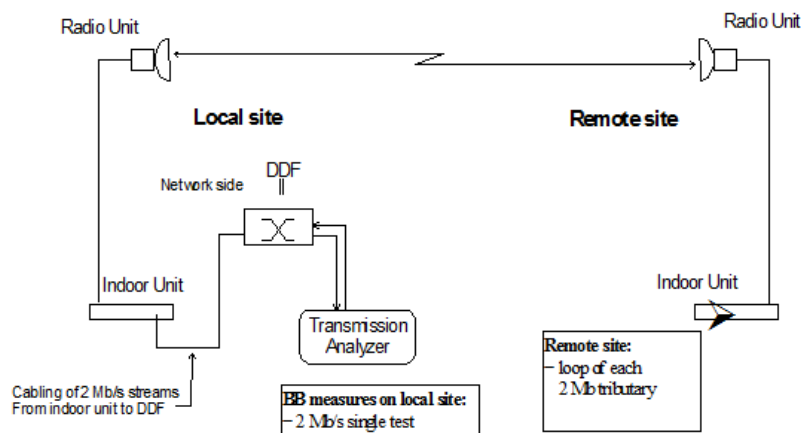
VERIFICACIÓN DE COMISIONAMIENTO

Item	DESCRIPCIÓN	SI	NO
1	Voltaje de la fuente de poder y polaridad correspondiente a la especificaciones	✓	
1.1	Redundancia de la fuente de poder	✓	
2	Sectorización de cable IF y verificación de la alarma genrada⁽¹⁾	✓	
3	ATPC		
3.1	Ajuste de alimentación = MANUAL	✓	
3.2	Ajuste de umbral ATPC bajo= -55, alto = -50	✓	
4	Configuración de comunicación		
4.1	Equipo Local y Remoto visible via SCT	✓	
4.2	Inventario	✓	
4.3	Backup	✓	

(2) Alternadamente switch apagado, los cables IF₁ y IF₂, en el caso de sistemas protegidos. Revisar la generación del cable de alarma abierto.

MEDIDAS DE COMISIONAMIENTO

Se configura el enlace tal como se define en la siguiente figura



Elaborado por: Gabriel Castillo

Item	DESCRIPCIÓN											SI			NO	
1	Verificar BER para cada tributario y revisar al estabilidad mecánica de las conexiones coaxiales											✓				
TRIBUTARIO	1 A	2 B	3 C	4 D	5 E	6 F	7 G	8 H	9 I	10 J	11 K	12 L	13 M	14 N	15 O	16 P
ERRORES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Item	DESCRIPCIÓN												SI		NO	
1	Verificar BER para cada tributario y revisar al estabilidad mecánica de las conexiones coaxiales												✓			
TRIBUTARIO	17 Q	18 R	19 S	20 T	21 U	22 V	23 W	24 X	25 Y	26 Z	27	28	29	30	31	32
ERRORES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Item	DESCRIPCIÓN											SI		NO	
2	Verificar que la potencia de recepción con el sitio remoto TX OFF sea menor que -90 dBm											✓			

Item	DESCRIPCIÓN											SI		NO	
3	Enlace medido ejecutado en el terminal remoto ⁽¹⁾														
4	Verificar el BER del enlace con los tributarios in bucle (bucle físico en el nivel de capa de distribución)														
4.1	Sistema protegido: medición de 12 horas en el ramal B (interconexión manual)											✓			
4.2	Sistema Protected: medición de 1 hora en el ramal A (interconexión manual)											✓			

RESULTADOS (reporte de los valores de ES y SES incluso si la medida ha sido ejecutada en el sitio remoto)		
	Sistema desprotegido / Sistema protegido Ramal A	Sistema protegido Ramal B
ES	OK	OK
SES	OK	OK

Item	DESCRIPCIÓN											SI		NO	
5	1+1 Testeo de interconexión (HSTB / FDSD)											N/A			
6	Bucle Tributario (local / remoto)											✓			
7	Bucle Banda Base											N/A			
8	Bucle IF											✓			
9	Bucle RF											N/A			

Elaborado por: Gabriel Castillo

REPORTE DE MEDIDAS

Medidas de todos los tributarios.

Medida 12h.

EQUIPOS(INFORMACIÓN PATRÓN)

PRBS	BER	ERRORES	TIEMPO TRANSCURRIDO
	0	0	19/10/46

PRBS	Marca	MODELO	SERIAL
	VeEX	VePAL TX130M+	VTLA01L0210562

REPORTE DE INTEGRACIÓN

5.1 ACTIVACIÓN

Item	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	Ingeniería Potencia Tx	-40,28 dBm
2	Potencia Real Tx	-40 dBm

Item	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	Ingeniería Potencia Rx	-40,28 dBm
2	Potencia Real Rx	-40 dBm

Nota: Potencia de Tolerancia Rx $\leq \pm 2$ dB de cálculos de ingeniería

Elaborado por: Gabriel Castillo

CAPÍTULO IV.

DISCUSIÓN

4.1. Conclusiones

- En todo sistema de comunicación se debe considerar al ruido como uno de los factores riesgo, lo cual puede provocar atenuaciones y por consecuencia pérdida en la transmisión y recepción de la comunicación.
- El estudio de línea de vista es importante dentro de un radioenlace, puesto que de no tener una vista clara y directa con el sitio remoto, no se puede establecer el enlace. Es por esto que es el primer estudio que se debe realizar y así garantizar el diseño y la implementación de la red de interconexión de backbone en el sector de la Armenia.
- Posterior a la realización de los estudios se definió los equipos idóneos para la implementación del enlace, estos son las antenas transmisora y receptora ANDREW de 60 cm cada una y dos radios 1+1 HTBY / 64 MB, testeados para el correcto funcionamiento del enlace y los mejores de acuerdo a las especificaciones técnicas de los fabricantes.
- Una vez seleccionados los equipos se procedió a instalar en el rack y configurar de acuerdo a los estándares que se especificaban en el manual de usuario, considerando que el software se lo entrega a la operadora celular para las operaciones lógicas que requieran realizar.
- Al momento de elaborar las pruebas de interconexión podemos notar que las conexiones cruzadas lógicas se hacen desde el nodo hacia la central y son monitoreadas mediante conexión USB - Ethernet y así comprobar con los cálculos que se muestran en los valores de ingeniería.

- Para que se garantice el enlace en el sector de la Armenia, los resultados y datos obtenidos dentro de los parámetros que se establecieron en la ingeniería fueron documentados y analizados para comprobar que se cumplió con el objetivo principal del proyecto.

4.2. Recomendaciones

- Para este tipo de proyectos se debe considerar la realización de ampliaciones en la red, ya que debido al aumento de los abonados, al requerimiento de los mismos y al aumento comercial del servicio de la red móvil celular se garantiza la calidad en el servicio con mejoras en la velocidad y capacidad en el sistema de comunicación.
- En este tipo de proyectos es necesario realizar los estudios iniciales para definir el mayor detalle posible, obtener los datos exactos puesto que en estos se basa el diseño del proyecto y de esto depende su correcta implementación, determinando así, el éxito del proyecto.
- Para obtener mejores resultados en cuanto al sitio, independiente de factores contractuales como la obra civil y de contratación, se debería contar con un número mayor de opciones para ubicar la estación de conveniencia.
- De acuerdo a los estándares técnicos que exigen las instituciones se podría instalar radios con mayor cantidad de canales para que se tenga una mayor posibilidad de conexiones y así ofrecer un mejor servicio a la mayor cantidad de abonados que se requiera cubrir dentro del sector definido.
- Se recomienda para futuras ampliaciones de red, la aplicación de tecnologías de punta como es la fibra óptica, ya que con esto se tiene mayor capacidad de envío y recepción de información, mayor capacidad en cuanto a canales y mayor velocidad de bits.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cisco, Red Inalámbrica. “*Tecnología de Red Inalámbrica*”. (2013) Recuperado de:
http://www.cisco.com/web/ES/solutions/es/wireless_network/index.html

Comes Ramón, Roig Oriol, Valenzuela José Luis. (2003). *Principios de comunicaciones móviles*. (1era edición). Barcelona. Ediciones UPC.

Espectro de Frecuencia. “*Práctica de redes*”. (2013) Recuperado de:
<http://zenongutierrez.galeon.com/enlaces2173076.html>

Ghasemi A., Abedi A., Ghasemi F. (2013). *Propagation Engineering in Radio Links Design*. (1era edición). New York. Springer.

Goldsmith, Andrea. (2005). *Wireless Communications*. 1TH Edition. Cambridge University Press.

Grupo IRC. “*Innova Technologies*”. (2013). Recuperado de:
<http://www.radiocomunicaciones.net/radio-enlaces.html>

Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa. “*Redes de Telecomunicaciones*”. (2013). Recuperado de: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/>

Malave Mauriem. (2013). *Sistemas De Comunicación Inalámbrica. Transmisión de Voz*. Recuperado de:
<http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No2/mauriem.html>

MYRCO. Mañay y Ramos Compañía. (2013). *Presentación*. Ecuador. Recuperado de:
<http://www.myrco.com.ec>

Radioenlaces. “*Zona de Fresnel*”. (2013). Recuperado de:
<http://www.radioenlaces.es/articulos/perdidas-en-obstaculos/>

Rappaport, T.S. (2001). *Wireless Communications: Principles & Practice*. Prentice Hall. 2TH Edition.

Red Celular CDMA. “*Red Celular*”. (2009). Recuperado de:
http://telecom2101.comxa.com/1_10_Red-Celular-CDMA.html

Redes Telecom. “*La Pequeña Gran Solución para Construir Redes se llama 'SMALL CELLS'*” (2012). Recuperado de:
<http://www.redestelecom.es/telefonía/reportajes/1063305002903/pequena-gransolucionconstruir.1.html>

Rodrigo J. (2012). *Instalaciones de radiocomunicaciones*. (1era edición). España. Ediciones Paraninfo.

Rudi Bekkers. (2001). *Mobile Telecommunications Standards: GSM, UMTS, TETRA, and ERMES*. Boston. MA: Artech House.

Schiller Jochen H. (2003). *Mobile Communications*. 2TH Edition. Addison-Wesley

SENATEL (Secretaria Nacional de Telecomunicaciones). “*Plan Nacional de Frecuencias*”. (2012). Ecuador. Recuperado de:
http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/plan_nacional_frecuencias_2012.pdf

SUPERTEL. (Superintendencia de Telecomunicaciones). “*Estadísticas de Servicios de Telecomunicaciones*”. (2013). Ecuador. Recuperado de:
<http://www.supertel.gob.ec>

Stallings, W. (2005). *Wireless Communications and Networks*. 2TH Edition. Prentice Hall.

Tomasi, Wayne. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. 2^{DA} Edición. Prentice Hall.

WNI MEXICO Wireless Solution. “*Tipos de Antenas y Funcionamiento*”. (2013). Recuperado de:
http://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=62:antenassoporte&catid=31:general&Itemid=79

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Antena	Dispositivo eléctrico utilizado para enviar o recibir ondas electromagnéticas.
Antena omnidireccional	Antena que irradia energía en todo su contorno en todas direcciones.
Atenuar	Disminuir la amplitud de una señal electrónica.
Azimut	Distancia horizontal angular desde una dirección de referencia, normalmente el punto norte del horizonte, hasta el punto en un círculo vertical a través de un cuerpo celeste que intersecta el horizonte, generalmente se mide en sentido horario.
Banda ancha	Transmisión de datos simétricos que permite enviar diversos paquetes de información de manera simultánea para aumentar la velocidad de transmisión efectiva.
Bluetooth	Tecnología de red inalámbrica que utiliza frecuencias de onda corta de radio para interconectar teléfonos celulares, computadoras portátiles y otros dispositivos electrónicos inalámbricos.
FER	Tasa de Error de Trama (Frame Error Rate) es la medición que se utiliza para probar el rendimiento del receptor de una estación móvil.
Frecuencia	Número de repeticiones por unidad de tiempo de una forma de onda completa, a partir de una corriente eléctrica.
IF	Siglas en inglés de INTERMEDIATE FREQUENCY, que en español se traduce a frecuencia intermedia.
Frecuencia intermedia	Frecuencia a la cual una frecuencia de onda portadora se desplaza como un paso intermedio en el proceso de transmisión o recepción, creándose mediante la mezcla de la señal portadora con un oscilador local.
GHz	Abreviatura de Giga-Hertz, equivale a 1 000 000 000 Hertz y que puede ser descrito como mil millones de ciclos por segundo, siendo ésta una unidad de medida para las frecuencias de las ondas.
QAM	Siglas en inglés de QUADRATURE AMPLITUDE MODULATION, lo cual en español se traduce a modulación de amplitud por

cuadratura, es una técnica de modulación que emplea la modulación en fase y la modulación de amplitud.

Radiofrecuencia

Gama de frecuencias electromagnéticas por encima del rango audible y por debajo de la luz infrarroja (de 10 kHz a 300 GHz).

WiFi

Nombre de una tecnología de red inalámbrica que utiliza ondas de radio para ofrecer una alta velocidad de red y conexiones a Internet.

WLAN

Siglas en inglés de WIRELESS LOCAL AREA NETWORK, que en español se traduce a red de área local inalámbrica, la cual es una red de comunicaciones que proporciona conectividad a los dispositivos inalámbricos dentro de un área geográfica limitada.

Zona de Fresnel

Se llama zona de Fresnel al volumen de espacio entre el emisor de una onda, ya sea electromagnética, acústica, etc. y un receptor, de modo que el desfase de las ondas en dicho volumen no supere los 180°.