



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Electrónica

**Diseño de la red inalámbrica para dotar de servicio a las garitas
de la Central Hidroeléctrica Paute – Mazar**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del
título de ingeniero electrónico**

Autor:

Pedro Xavier Gómez Pauta

Director:

Freddy Gonzalo Pesantez Díaz

Cuenca – Ecuador

2011

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen por darme la vida y sus bendiciones.

A mis padres y hermanos por ser mi guía y brindarme su apoyo incondicional para poder cumplir esta meta.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento muy especial al Ing. Freddy Pesantez por su valioso tiempo asignado a la asesoría y revisión de esta monografía.

Al Ing. John Paul Rockwood, que en representación de Hidropaute, ha facilitado los datos y ha realizado muy acertadas recomendaciones.

A todos los profesores que alimentaron mis conocimientos y a todos quienes colaboraron en mi formación profesional

RESUMEN

Para diseñar los enlaces de la red entre puntos de control de la seguridad en Mazar se realizó un levantamiento topográfico del terreno con el objetivo de seleccionar entre dos estándares: Wi-Fi y Wimax. Para el estándar seleccionado (Wi-Fi) se diseñó la red proponiendo su topología, equipos y materiales necesarios para implementarla. La selección del estándar se sustentó además en la modelación y cálculos relacionados con la propagación de la señal, pérdidas del medio, potencia de equipos; entre otros factores. Como resultado de la investigación se generó un diseño de red listo para ser implementado y los correspondientes formularios para ser presentado al SENATEL.

PALABRAS CLAVES

Wi – Fi

Wimax

Mazar

Topología

Red

Señal

ABSTRACT

The design network links at Mazar security control points was based in a carried out topographic study. The study was made in order to select a network standard between such ones: Wi-Fi an Wimax. The network design was based upon selected standard including topology, equipments and necessary materials to implement it. Previous to select an standard a modeling process was made taking account media signal spreading media losing, equipment power; among other factors. As a result of this research a ready to be implemented project was achieved and the necessary fees to present it to SENATEL.

KEYWORDS

Wi – Fi

Wimax

Mazar

Topology

Network

Signal

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
RESUMEN.....	III
<i>PALABRAS CLAVES</i>	<i>iii</i>
ABSTRACT.....	IV
<i>KEYWORDS</i>	<i>iv</i>
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO	
1.1.- MEDICIÓN Y RECONOCIMIENTO DEL TERRENO.....	3
1.2.- PERFILES TOPOGRÁFICOS.	4
1.2.1.- <i>Perfil topográfico Salida Azogues - Entrada Mazar</i>	5
1.2.2.- <i>Perfil topográfico Cresta Presa - Casa de Maquinas</i>	5
1.2.3.- <i>Perfil topográfico Edificio de Servicios - Entrada a Talleres</i>	6
1.2.4.- <i>Perfil topográfico Edificio de Servicios - Antiguo Hospital</i>	7
1.2.5.- <i>Perfil topográfico Edificio de Servicios - Salida Azogues</i>	7
1.2.6.- <i>Perfil topográfico Edificio de Servicios - Cresta Presa</i>	8
CAPITULO 2: SELECCIONAR EL ESTÁNDAR	
2.1.- INTRODUCCIÓN.....	10
2.2.- ESTÁNDAR 802.11 (Wi-Fi).....	11
2.2.1.- <i>802.11b</i>	12
2.2.2.- <i>802.11g</i>	12
2.2.3.- <i>802.11a</i>	12
2.2.4.- <i>802.11n</i>	13
2.2.5.- <i>Canales y frecuencias</i>	13
2.3.- ESTÁNDAR 802.16 (WiMAX).....	15
2.3.1.- <i>802.16d</i>	17
2.3.2.- <i>802.16e</i>	17
2.4.- COMPARACIÓN WI-FI VS WiMAX.....	18
2.5.- ELECCIÓN DEL ESTÁNDAR PARA LA RED INALÁMBRICA.	19

CAPITULO 3: DISEÑO DE LA RED INALAMBRICA PARA LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PAUTE - MAZAR

3.1.- GRAFICAS Y PRESUPUESTOS DE ENLACES.	21
3.1.1.- <i>Enlace Salida Azogues – Entrada Mazar</i>	23
3.1.2.- <i>Enlace Cresta Presa - Casa de Maquinas</i>	24
3.1.3.- <i>Enlace Edificio Servicios – Entrada Talleres</i>	25
3.1.4.- <i>Enlace Edificio Servicios – Antiguo Hospital</i>	26
3.1.5.- <i>Enlace Edificio Servicios – Salida Azogues</i>	27
3.1.6.- <i>Enlace Edificio Servicios – Cresta Presa</i>	28
3.2.- EQUIPOS SUGERIDOS DE DIFERENTES MARCAS.	29
3.2.1.- <i>UBIQUITI</i>	29
3.2.2.- <i>CISCO</i>	30
3.2.3.- <i>MIKROTIK</i>	30
3.2.4.- <i>D-LINK</i>	31
3.3.- EQUIPOS, COMPONENTES Y PRECIOS REFERENCIALES.	32
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

ÍNDICE DE ANEXOS

RC – 2A: FORMULARIOS PARA INFORMACION DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES.....	36
RC – 3A: FORMULARIO PARA INFORMACION DE ANTENAS.....	37
RC – 3B: FORMULARIO PARA PATRONES DE RACIACION DE ANTENAS.....	38
RC – 4A: FORMULARIO PARA INFORMACION DE EQUIPAMIENTO.....	39
RC– 9A: FORMULARIO PARA SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA (ENLACES PUNTO- PUNTO)	40
RC– 9B: FORMULARIO PARA SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA (SISTEMAS PUNTO-MULTIPUNTO).....	41
ANEXO: PERFILES DEL SISTEMA PUNTO - MULTIPUNTO.....	42
RC– 14A: FORMULARIO PARA ESQUEMA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES.....	43
RC-15A: FORMULARIO PARA ESTUDIO TECNICO DE EMISIONES DE RNI (CALCULO DE LA DISTANCIA DE SEGURIDAD).....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localización de las coordenadas de las garitas de la Central Hidroeléctrica Paute – Mazar.	4
Figura 2: Perfil topográfico Salida Azogues - Entrada Mazar.	5
Figura 3: Perfil topográfico Cresta Presa - Casa de Maquinas.	6
Figura 4: Perfil topográfico Edificio de Servicios – Entrada Talleres.	6
Figura 5: Perfil topográfico Edificio de Servicios - Antiguo Hospital.	7
Figura 6: Perfil topográfico Edificio de Servicios - Salida Azogues.	8
Figura 7: Perfil topográfico Edificio de Servicios - Cresta Presa.	8
Figura 8: Red inalámbrica punto-punto y punto multipunto.	10
Figura 9: Comunicación Wimax sin línea de vista.	15
Figura 10: Evolución cronológica de los estándares Wimax.	16
Figura 11: Enlace Wimax como red de retorno.	17
Figura 12: Diagrama Funcional de la red.	21
Figura 13: Enlace Salida Azogues – Entrada a Mazar.	23
Figura 14: Enlace Cresta Presa – Casa de Maquinas.	24
Figura 15: Enlace Edificio Servicios – Entrada a Talleres.	25
Figura 16: Enlace Edificio Servicios – Antiguo Hospital.	26
Figura 17: Enlace Edificio Servicios – Salida Azogues.	27
Figura 18: Enlace Edificio Servicios – Salida Azogues.	28

ÍNDICE DE TABLAS

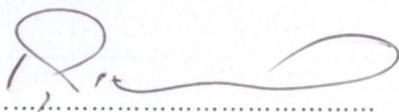
Tabla 1: Coordenadas Geográficas de los puntos a enlazar	3
Tabla 2: Los identificadores de canales, frecuencias centrales, y dominios reguladores para cada canal usado por IEEE 802.11b e IEEE 802.11g.	14
Tabla 3: Los identificadores de canales, frecuencias centrales, y dominios reguladores para cada canal usado por IEEE 802.11a.	14
Tabla 4: Comparación Wi-Fi vs Wimax.	19
Tabla 5: Presupuesto Enlace Salida Azogues – Entrada a Mazar.	23
Tabla 6: Presupuesto Enlace Cresta Presa – Casa de Maquinas.	24
Tabla 7: Presupuesto Enlace Edificio Servicios – Entrada a Talleres.	25
Tabla 8: Presupuesto Enlace Edificio Servicios – Antiguo Hospital.	26
Tabla 9: Presupuesto Enlace Edificio Servicios – Salida Azogues.	27
Tabla 10: Presupuesto Enlace Edificio Servicios – Salida Azogues.	28

Handwritten signature and scribbles in red ink.

“Diseño de la red inalámbrica para dotar de servicio a las garitas de la Central Hidroeléctrica Paute – Mazar”

RESUMEN

Para diseñar los enlaces de la red entre puntos de control de la seguridad en Mazar se realizó un levantamiento topográfico del terreno con el objetivo de seleccionar entre dos estándares: Wi-Fi y Wimax. Para el estándar seleccionado (WiFi) se diseñó la red proponiendo su topología, equipos y materiales necesarios para implementarla. La selección del estándar se sustentó además en la modelación y cálculos relacionados con la propagación de la señal, pérdidas del medio, potencia de equipos; entre otros factores. Como resultado de la investigación se generó un diseño de red listo para ser implementado y los correspondientes formularios para ser presentado al SENATEL.



Ing. Freddy Pesantez D.



Pedro Gómez P.



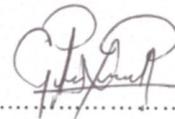
“Diseño de la red inalámbrica para dotar de servicio a las garitas de la Central Hidroeléctrica Paute – Mazar”

ABSTRACT

The design network links at Mazar security control points was based in a carried out topographic study. The study was made in order to select a network standard between such ones: Wi-Fi an Wimax. The network design was based upon selected standard including topology, equipments and necessary materials to implement it. Previous to select an standard a modeling process was made taking account media signal spreading media losing, equipment power; among other factors. As a result of this research a ready to be implemented project was achieved and the necessary fees to present it to SENATEL.



Ing. Freddy Pesantez D.



Pedro Gómez P.

Pedro Xavier Gómez Pauta

Trabajo de grado

Director: Ing. Freddy Gonzalo Pesantez Díaz

Septiembre 2011

“Diseño de la red inalámbrica para dotar de servicio a las garitas de la Central Hidroeléctrica Paute – Mazar”

INTRODUCCIÓN

La Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP es una empresa pública de generación y transmisión eléctrica con domicilio en Cuenca, está integrada por siete unidades de negocio correspondientes a las empresas que se fusionaron para formarla, seis generadoras (Electroguayas, Hidroagoyan, Hidropaute, Termoesmeraldas, Termopichincha, Hidronación) y una transmisora (Transelectric). En esta monografía nos referiremos a la Unidad de Negocio Hidropaute, como Hidropaute o CELEC EP-HIDROPAUTE.

CELEC EP-HIDROPAUTE posee entre sus principales patrimonios, la Central Hidroeléctrica Paute-Molino, que produce 1075 MW, lo que la convierte en la central de mayor generación del país, en funcionamiento desde 1983.

En junio de 2010, entró en operación la nueva central de Hidropaute, la Central Hidroeléctrica Paute-Mazar que fue inaugurada oficialmente en Diciembre del mismo año; tiene una capacidad para almacenar 410 millones de pies cúbicos de agua y generar 160 megavatios (MW) de energía (CELEC EP-Hidropaute. 2011).

La presente Monografía está orientada al diseño de la red inalámbrica para enlazar las garitas de la Central Hidroeléctrica Paute – Mazar y de este modo contribuir a solucionar el problema de no contar con un sistema capaz de transmitir voz y datos entre las distintas garitas y la red corporativa de CELEC EP – HIDROPAUTE.

En el desarrollo del tema se encontrará una comparación entre dos estándares como son Wi – Fi vs Wimax, en la que se realiza un estudio de sus características y de esta manera se puede escoger el más idóneo para el proyecto planteado.

Se realizó todo el proceso de diseño de una red, desde la investigación de campo, los cálculos y presupuestos de enlaces, hasta el desarrollo de los formularios solicitados por la SENATEL para su registro; adicionalmente se presenta una lista de equipos y materiales que se ocuparían en la instalación de la red, así como sus respectivos precios referenciales.

CAPÍTULO 1

CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO

1.1.- Medición y Reconocimiento del terreno.

En el presente capítulo se estudiará el medio, para el cual, se diseñará la red inalámbrica, indicando de ésta manera los puntos a enlazar, los planos del terreno a cubrir, las mediciones tomadas de cada punto y el estudio del perfil topográfico para cada enlace de la red inalámbrica que comunicará a todas las garitas de la Central Hidroeléctrica Paute – Mazar.

La Central se encuentra localizada al Sur de los andes Ecuatorianos, entre los paralelos 2°34' y 2°36' de latitud sur y entre los meridianos 78°35' y 78°38' de longitud oeste.

Se ha visitado las instalaciones de la Central Hidroeléctrica Paute – Mazar, con el fin de realizar un reconocimiento del terreno sobre el cual se trabajaría. Se utilizó un GPS (Global Positioning System) y con la colaboración del personal se logró tomar las coordenadas geográficas de latitud y longitud de la ubicación exacta de cada una de las garitas que están dispersas por la central, obteniendo, con dichas medidas, las distancias que separan a los puntos de enlace, así como sus datos de elevación. Los resultados de las mediciones se indican en la tabla 1.

Coordenadas Geograficas de los puntos a enlazar	Grados Sexagesimales		Coordenadas U.T.M.	
	Latitud	Longitud	Y:	X:
Edificio de Servicios	2° 35' 21.1"S	78° 36' 51"W	9713562	765302
Entrada Mazar	2° 35' 11"S	78° 35' 49"W	9713868	767218
Entrada Talleres	2° 35' 14"S	78° 36' 17"W	9713778	766353
Antiguo Hospital	2° 35' 17.5"S	78° 36' 28.4"W	9713671	766000
Casa de Maquinas	2° 35' 18.49"S	78° 36' 55.46"W	9713642	765164
Salida Azogues	2° 34' 59.57"S	78° 36' 46.72"W	9714223	765435
Cresta Presa	2° 35' 31.45"S	78° 37' 20"W	9713245	764405

Tabla 1: Coordenadas Geográficas de los puntos a enlazar

1.2.- Perfiles Topográficos.

Con las medidas de las coordenadas geográficas y la ayuda del programa Google Earth, se pudo localizar el mapa de la zona de la Central en estudio, identificando cada punto de enlace y su entorno, lo cual se puede apreciar en la figura 1.

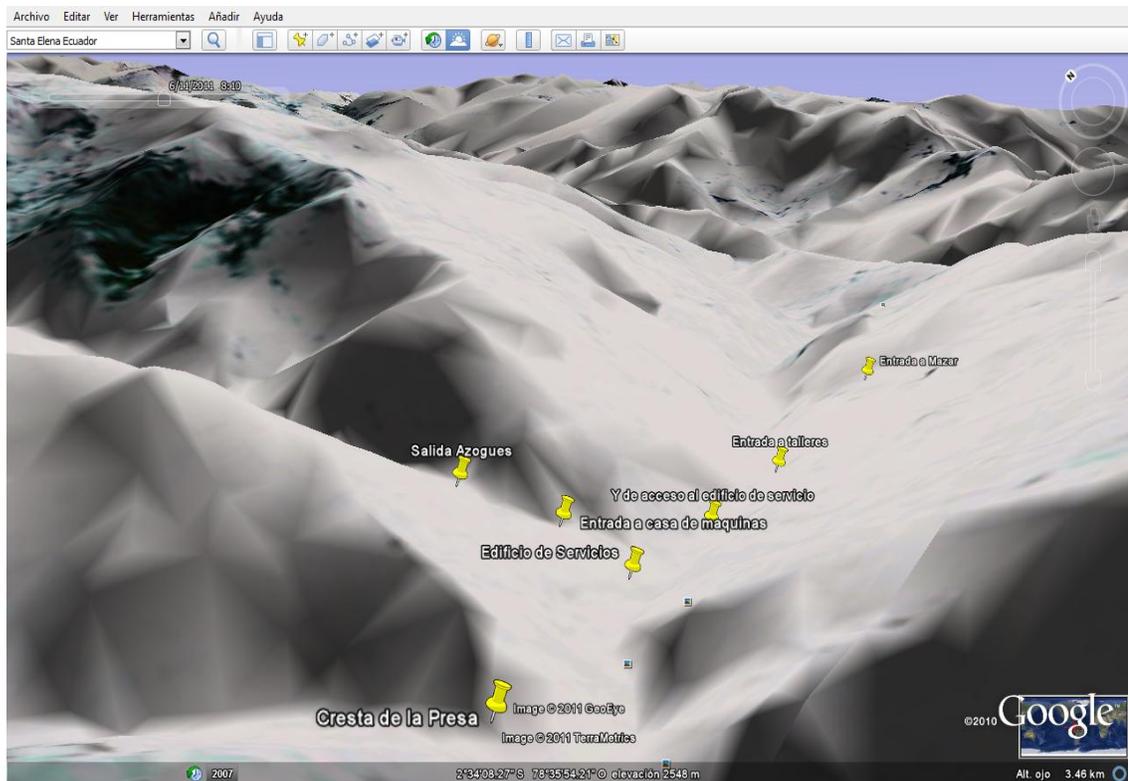


Figura 1: Localización de las coordenadas de las garitas de la Central Hidroeléctrica Paute – Mazar.

Para hacer los enlaces técnicamente confiables se debe considerar si los puntos a enlazar tienen línea de vista, por lo que se realizó un estudio del terreno para percatarnos de esta condición o caso contrario, pensar en posibles soluciones. Para demostrar dicho estudio de manera gráfica, se trató de utilizar las funciones que brindan los programas Radio Mobile y Google Earth para obtener los perfiles topográficos de los enlaces, pero se encontró que los mapas digitales que ocupan estos programas, no están actualizados, por lo que se realizaron los perfiles topográficos utilizando los mapas de la Central Hidroeléctrica Paute – Mazar, con sus respectivas curvas de nivel y graficándolos en el programa Excel; los resultados se muestran a continuación.

1.2.1.- Perfil topográfico Salida Azogues - Entrada Mazar.

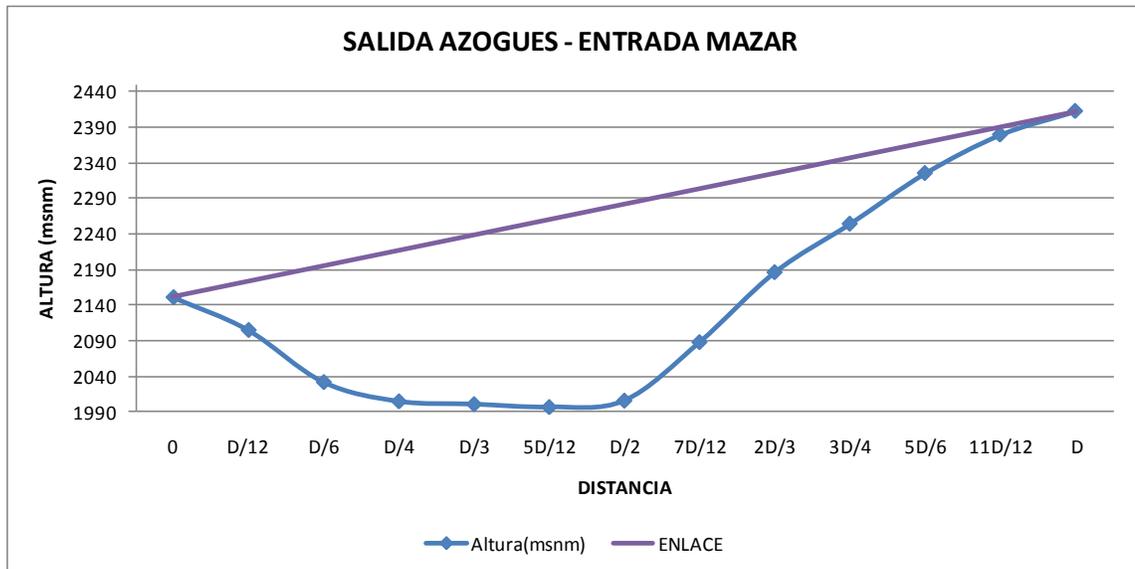


Figura 2: Perfil topográfico Salida Azogues - Entrada Mazar.

Al no existir línea de vista entre el Edificio de Servicios y la Entrada Mazar, la solución sería utilizar la garita de la Salida Azogues como repetidora y así conectar estos dos puntos. La distancia entre estas garitas es de 1.818Km. En la figura 2 se puede apreciar que éste enlace es posible ya que existe línea de vista directa desde la garita de la Salida Azogues, utilizada como repetidora, a la de la Entrada Mazar.

1.2.2.- Perfil topográfico Cresta Presa - Casa de Maquinas.

Debido a que el Edificio de Servicios no tiene línea de vista con la garita de Casa de Maquinas, se necesita utilizar la garita de la Cresta de la Presa, como repetidora, y así poder incluir a Casa de Maquinas en la red a diseñar, graficándose el perfil topográfico en la Figura 3 y concluyendo que el enlace si tiene línea de vista directa, por lo tanto es realizable y tiene una distancia entre las garitas de 0.85656 Km.

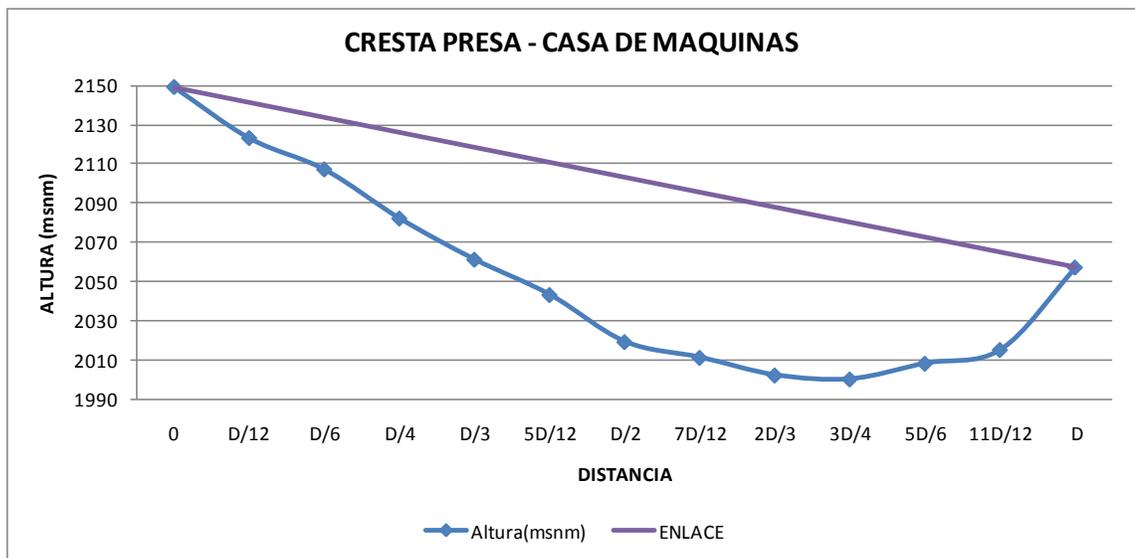


Figura 3: Perfil topográfico Cresta Presa - Casa de Maquinas.

1.2.3.- Perfil topográfico Edificio de Servicios - Entrada a Talleres.

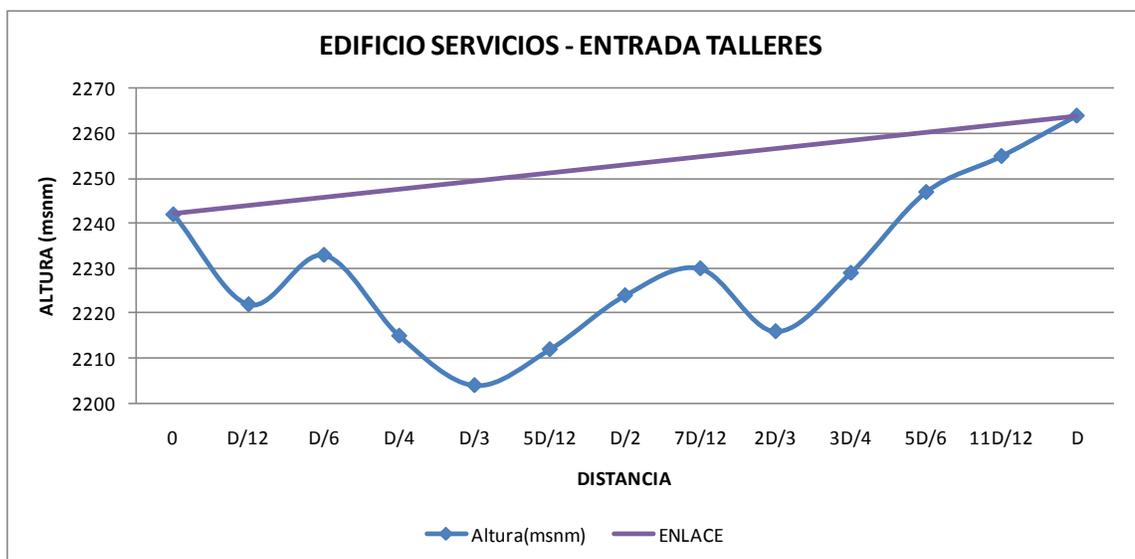


Figura 4: Perfil topográfico Edificio de Servicios – Entrada Talleres.

La garita de la entrada a talleres tiene línea de vista directa hacia el Edificio de Servicios, por lo que no necesita de repetidora para enlazarse a la red. En la Figura 4 se puede ver el perfil topográfico de este enlace y al mismo tiempo demostrar la visibilidad existente entre los puntos

y concluir que un enlace inalámbrico para conectar estos puntos, es viable y que dicho enlace es de 1.07297 Km.

1.2.4.- Perfil topográfico Edificio de Servicios - Antiguo Hospital.

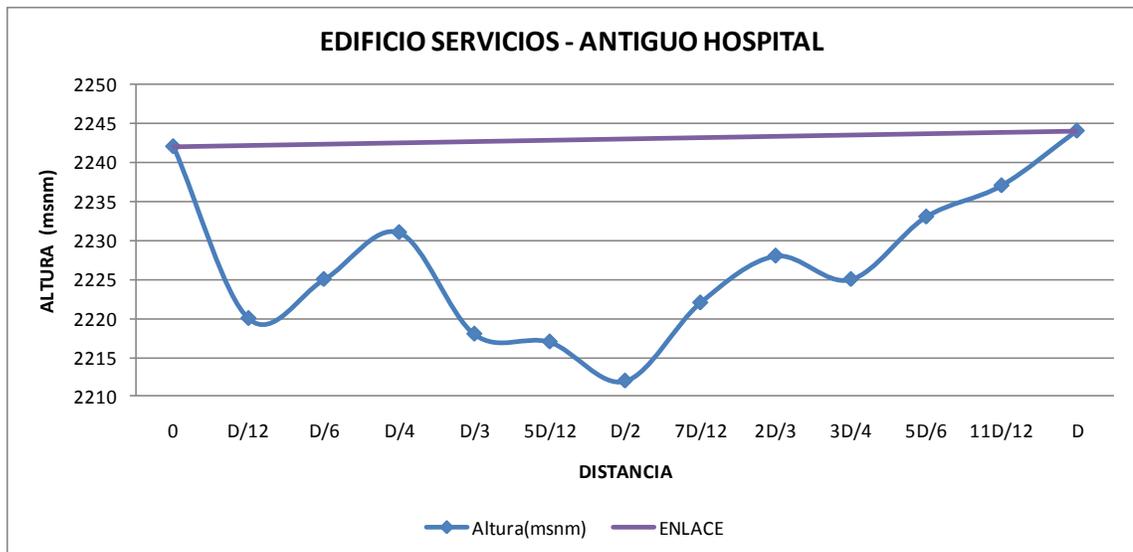


Figura 5: Perfil topográfico Edificio de Servicios - Antiguo Hospital.

La figura 5 muestra el perfil topográfico entre el Edificio de Servicios y la garita de control ubicada en el Antiguo Hospital, cuya distancia es de 0.70646 Km; el grafico sirve para verificar que existe línea de vista directa entre estos dos puntos y por lo tanto se pueden enlazar sin mayor complejidad.

1.2.5.- Perfil topográfico Edificio de Servicios - Salida Azogues.

Se demuestra con la figura 6 que el enlace, Edificio de Servicios - Salida Azogues, es posible gracias a que existe línea de vista entre estos dos puntos, por la mitad de dichos puntos corre el caudal del Rio Paute y la distancia que los separa es de 0.67425 Km. De este modo se asegura que el enlace de la garita de la Entrada Mazar a la red es posible ya que utilizaba el punto Salida Azogues como repetidora.

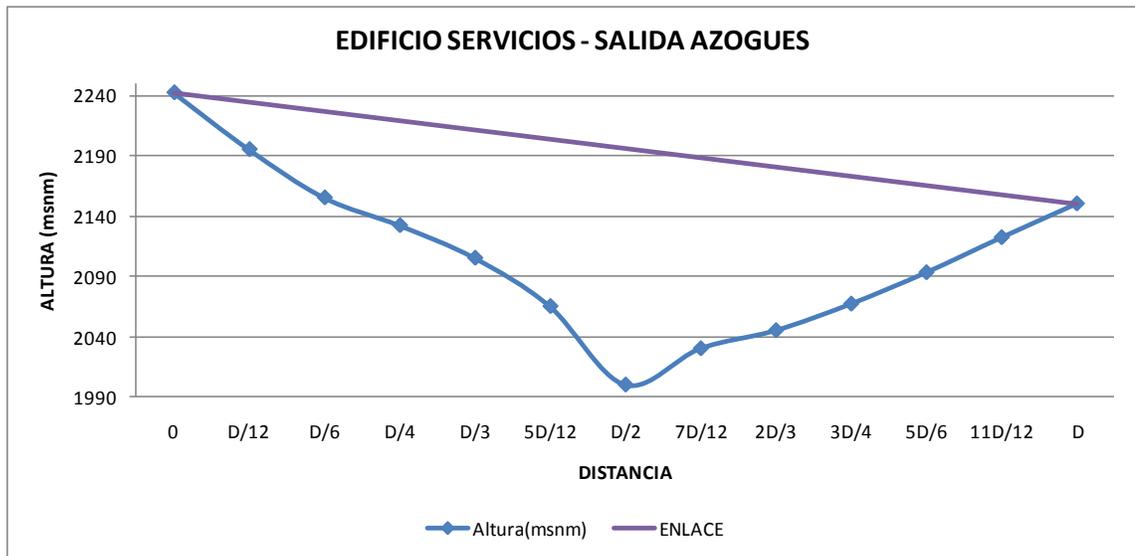


Figura 6: Perfil topográfico Edificio de Servicios - Salida Azogues.

1.2.6.- Perfil topográfico Edificio de Servicios - Cresta Presa.

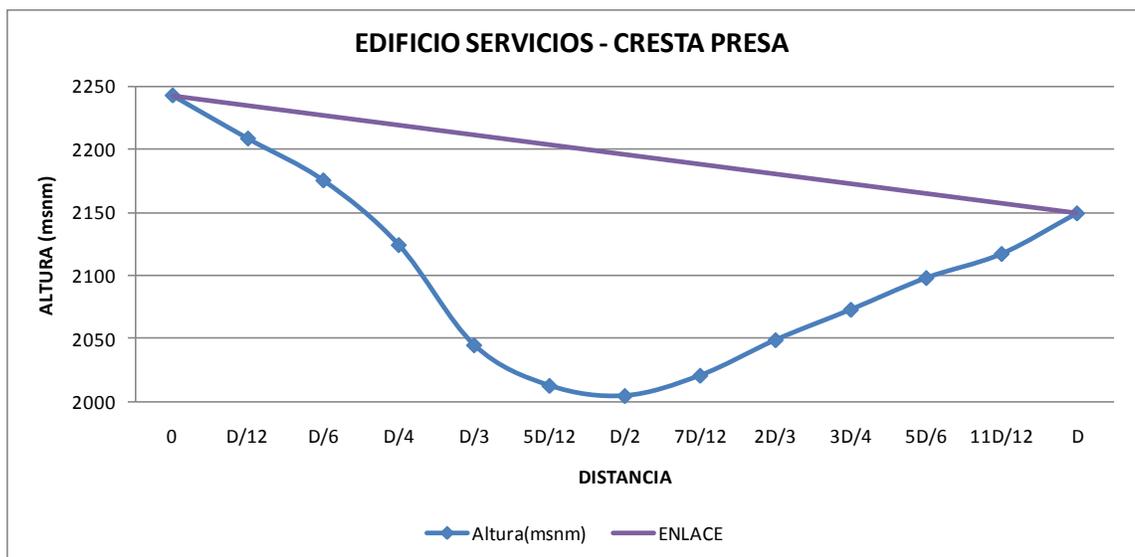


Figura 7: Perfil topográfico Edificio de Servicios - Cresta Presa.

La figura 7 muestra el perfil topográfico que une el Edificio de Servicios con la garita de la Cresta de la presa; por medio de este gráfico se resume que el perfil del terreno brinda todas las posibilidades para realizar el enlace y que la distancia que separa estos puntos es de 0.95137 Km.

Con éste estudio se logró caracterizar el medio para el cual se diseñaría la red inalámbrica y se plantean las soluciones para los casos en los que no existe línea de vista desde el Edificio de Servicios hacia las respectivas garitas, así mismo se obtuvo las distancias de los enlaces para efectos de cálculo de pérdidas o presupuesto de enlaces, dichos cálculos se presentan en el Capítulo III de la presente monografía.

CAPITULO 2

SELECCIONAR EL ESTÁNDAR

2.1.- INTRODUCCIÓN.

El término inalámbrico se emplea para denominar a la tecnología que posibilita a dos o más computadores a comunicarse entre sí mediante ondas electromagnéticas, utilizando como medio de transmisión el aire. Las redes inalámbricas tienen ventajas como la rápida instalación de la red sin la necesidad de usar cableado, permiten la movilidad y tienen menos costos de mantenimiento que una red convencional (Erazo F. 2009).

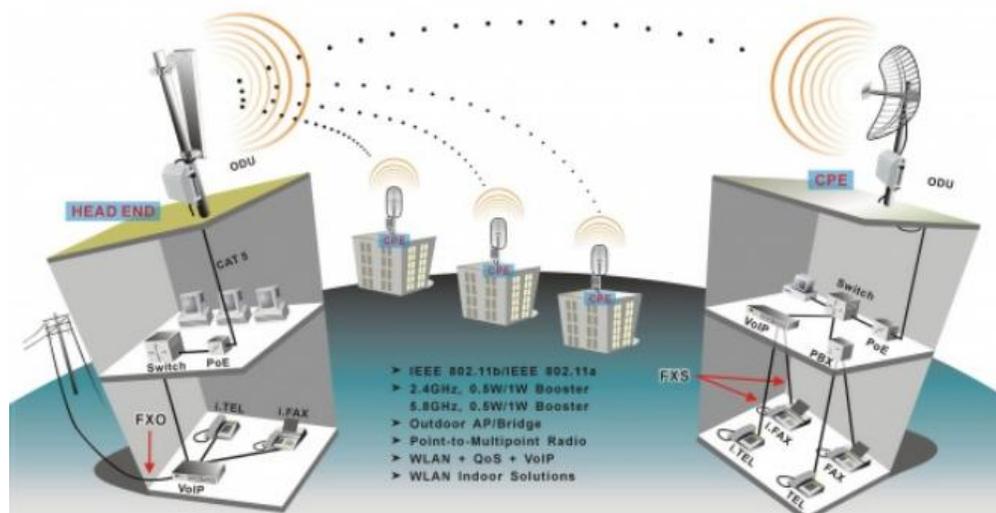


Figura 8: Red inalámbrica punto-punto y punto multipunto. Fuente: HERMILLA A. 2007

Otra ventaja de las redes inalámbricas es la escalabilidad, ya que conforme crecen las operaciones comerciales de la empresa, puede que necesite ampliar su red rápidamente; en general, las redes inalámbricas se pueden ampliar con el equipo existente, mientras que una red cableada puede necesitar cableado adicional. La figura 8 muestra una red inalámbrica genérica, en la que se puede apreciar un enlace punto - multipunto. La comunicación en estas redes inalámbricas se realiza usando protocolos estándares de redes. El conjunto de estos protocolos inalámbricos se denominan como "IEEE 802.xx" y fueron diseñados por la división de

estándares del Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos (IEEE). Estos estándares se diferencian por la frecuencia de transmisión que utilizan, y el alcance y la velocidad de sus transmisiones. Por otro lado, existen algunas cuestiones relacionadas con la regulación legal del espectro electromagnético. Las ondas electromagnéticas se transmiten a través de muchos dispositivos (de uso militar, científico y de aficionados), pero son propensos a las interferencias. Por esta razón, todos los países necesitan regulaciones que definan los rangos de frecuencia y la potencia de transmisión que se permite a cada categoría de uso.

Los estándares más utilizados a nivel comercial son el 802.11, conocido como WiFi (“Wireless Fidelity”, Fidelidad Inalámbrica) y el 802.16 también llamado WiMAX (“Worldwide Interoperability for Microwave Access”, Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas). En el presente capítulo se estudiará la posibilidad de que estos dos estándares puedan ocuparse en el diseño de la red inalámbrica según sus ventajas y desventajas y se escogerá el que más se acople a las necesidades, a la infraestructura y a la economía de la Central Hidroeléctrica Pauta – Mazar.

2.2.- Estándar 802.11 (Wi-Fi)

Wi-Fi, es la sigla para Wireless Fidelity (Wi-Fi), que literalmente significa Fidelidad inalámbrica. El estándar, fue diseñado para sustituir el equivalente a las capas físicas y MAC (Medium Access Control) de la norma 802.3 (Ethernet). Esto quiere decir que lo único que diferencia una red Wi-Fi de una red Ethernet, es el cómo se transmiten las tramas o paquetes de datos; el resto es idéntico. Por tanto, una red local inalámbrica 802.11 es completamente compatible con todos los servicios de las redes locales de cable 802.3.

El funcionamiento de la red es bastante sencillo, normalmente sólo se tendrá que conectar los dispositivos e instalar su software. Muchos de los routers WI-FI incorporan herramientas de configuración para controlar el acceso a la información que se transmite por el aire.

Las bandas de frecuencia utilizadas por IEEE 802.11 no están reguladas por lo que no requieren licencias para su operación lo que facilita la instalación de servicios de este tipo. La norma 802.11 tiene otras variantes, entre las más conocidas están: 802.11a, 802.11b, 802.11g y 802.11n, diseñadas para proporcionar mayores velocidades de transmisión. 802.11b también conocida Wi-Fi es la tecnología más popular en los momentos y para la que se dispone de la mayor cantidad de productos comerciales. Dependiendo del tipo de antena y de la potencia del transmisor es posible crear redes Wi-Fi de varios kilómetros de diámetro y enlaces punto a punto a distancias aun mayores.

2.2.1.- 802.11b

802.11b (1999) es una modificación de la Norma IEEE 802.11 que amplía la tasa de transferencia hasta los 11 Mbit/s, aunque en la práctica, la velocidad máxima de transmisión con este estándar es de aproximadamente 6 Mbit/s, funciona en la banda de 2.4 GHz, también llamada banda ISM, que es una banda para la cual no se necesita licencia; utiliza una modulación (DSSS) (Direct Sequence Spread Spectrum). y utiliza el mismo método de acceso definido en el estándar original CSMA/CA (acceso múltiple por detección de portadora con evasión de colisiones). El alcance es de unos 500m pero puede extenderse mucho más con el uso de antenas direccionales).

2.2.2.- 802.11g

El estándar 802.11g (2003) ofrece un ancho de banda elevado (con un rendimiento total máximo de 54 Mbps pero de 30 Mbps en la práctica) en el rango de frecuencia de 2,4 GHz. El estándar 802.11g es compatible con el estándar anterior, el 802.11b, lo que significa que los dispositivos que admiten el estándar 802.11g también pueden funcionar con el 802.11b. Buena parte del proceso de diseño del estándar lo tomó el hacer compatibles los dos estándares. Sin embargo, en redes bajo el estándar g la presencia de nodos bajo el estándar b reduce significativamente la velocidad de transmisión.

Actualmente se venden equipos con esta especificación, con potencias de hasta medio vatio, que permite hacer comunicaciones de hasta 50 km con antenas parabólicas o equipos de radio apropiados.

2.2.3.- 802.11a

Al estándar IEEE 802.11a (1999) se le conoce como WiFi 5, ya que opera en la banda de 5 GHz, a una velocidad de 54 Mbps (en la práctica es de 30 Mbps). Una de las principales ventajas de esta conexión es que cuenta con menos interferencias que los que operan en las bandas de 2,4 GHz ya que no comparte la banda de operaciones con otras tecnologías como los Bluetooth y dado que la banda de 2.4 Ghz tiene gran uso (pues es la misma banda usada por los teléfonos inalámbricos y los hornos de microondas, entre otros aparatos).

Sin embargo, la utilización de esta banda también tiene sus desventajas, su alcance es algo menor que el de los estándares que trabajan a 2.4 GHz (aproximadamente un 10%), debido a que la frecuencia es mayor (a mayor frecuencia, menor alcance), de este modo restringe el uso de los equipos 802.11a a únicamente puntos en línea de vista, con lo que se hace necesario la

instalación de un mayor número de puntos de acceso; esto significa también que los equipos que trabajan con este estándar no pueden penetrar tan lejos como los del estándar 802.11b dado que sus ondas son más fácilmente absorbidas.

El estándar 802.11a se basa en la tecnología llamada OFDM (multiplexación por división de frecuencias ortogonales) y utiliza 8 canales no superpuestos. Es por esto que los dispositivos 802.11a son incompatibles con los dispositivos 802.11b. Sin embargo, existen dispositivos que incorporan ambos chips, los 802.11a y los 802.11b y se llaman dispositivos de "banda dual".

2.2.4.- 802.11n

Wi-Fi 802.11n (2009) fue creado para transmitir a una velocidad de 600 Mbps en capa física, puede trabajar en dos bandas de frecuencias: 2,4 GHz (la que emplean 802.11b y 802.11g) y 5 GHz (la que usa 802.11a). Gracias a ello, 802.11n es compatible con dispositivos basados en todas las ediciones anteriores de Wi-Fi. Además, es útil que trabaje en la banda de 5 GHz, ya que está menos congestionada y en 802.11n permite alcanzar un mayor rendimiento.

La principal y más sugerente mejora es la multiplicación por 10 de la velocidad teórica (y por tanto real) de transmisión que conseguimos ahora con las redes Wi-Fi actuales (Pimentel V. 2009).

2.2.5.- Canales y frecuencias.

Los estándares 802.11b y 802.11g utilizan la banda de 2.4 – 2.5 Ghz. En esta banda, se definieron 11 canales utilizables por equipos WI-FI (Tabla 2), que pueden configurarse de acuerdo a necesidades particulares. Sin embargo, los 11 canales no son completamente independientes (canales contiguos se superponen y se producen interferencias). El ancho de banda de la señal (22MHz) es superior a la separación entre canales consecutivos (5MHz), por eso se hace necesaria una separación de al menos 5 canales con el fin de evitar interferencias entre celdas adyacentes. Tradicionalmente se utilizan los canales 1, 6 y 11, aunque se ha documentado que el uso de los canales 1, 5, 9 y 13 (en dominios europeos) no es perjudicial para el rendimiento de la red. Esta asignación de canales usualmente se hace sólo en el Access Point, pues los "clientes" automáticamente detectan el canal, salvo en los casos en que se forma una red "Ad-Hoc" o punto a punto cuando no existe Access Point.

Identificador de Canal	Frecuencia en MHz	Dominios Reguladores				
		América (-A)	EMEA (-E)	Israel (-I)	China (-C)	Japón (-J)
1	2412	x	x	—	x	x
2	2417	x	x	—	x	x
3	2422	x	x	x	x	x
4	2427	x	x	x	x	x
5	2432	x	x	x	x	x
6	2437	x	x	x	x	x
7	2442	x	x	x	x	x
8	2447	x	x	x	x	x
9	2452	x	x	x	x	x
10	2457	x	x	—	x	x
11	2462	x	x	—	x	x
12	2467	—	x	—	—	x
13	2472	—	x	—	—	x
14	2484	—	—	—	—	x

Tabla 2: Los identificadores de canales, frecuencias centrales, y dominios reguladores para cada canal usado por IEEE 802.11b e IEEE 802.11g. Fuente: ERAZO F. 2009

Para el estándar 802.11a que trabaja en la banda de 5GHz se mantiene un ancho de banda cercano a los 20MHz, de manera que el requerimiento de separación de 5 canales de la banda de 2,4GHz se mantiene, los canales de muestran en la tabla 3.

Identificador de Canal	Frecuencia en MHz	Dominios Reguladores			
		América (-A)	EMEA (-E)	Israel (-I)	Japón (-J)
34	5170	—	—	—	—
36	5180	x	x	x	—
38	5190	—	—	—	—
40	5200	x	x	x	—
42	5210	—	—	—	—
44	5220	x	x	x	—
46	5230	—	—	—	—
48	5240	x	x	x	—
52	5260	x	—	—	x
56	5280	x	—	—	x
60	5300	x	—	—	x
64	5320	x	—	—	x
149	5745	—	—	—	—
153	5765	—	—	—	—
157	5785	—	—	—	—
161	5805	—	—	—	—

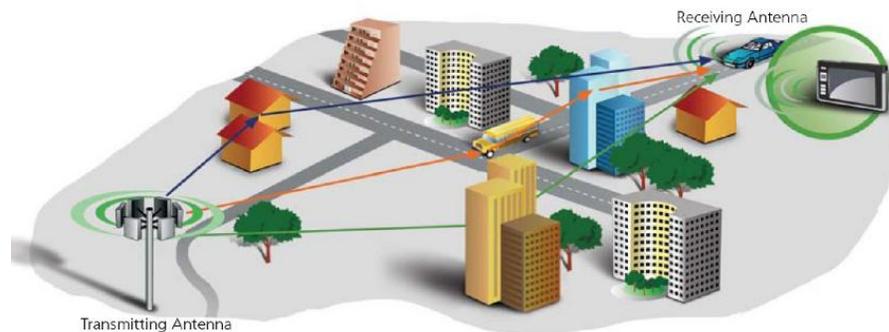
Tabla 3: Los identificadores de canales, frecuencias centrales, y dominios reguladores para cada canal usado por IEEE 802.11a. Fuente: ERAZO F. 2009

2.3.- Estándar 802.16 (Wimax)

WiMax es un estándar de transmisión inalámbrica de datos y significa Interoperabilidad mundial para acceso por microondas. Es conocido también como (802.16d), diseñado para ser utilizado en el área metropolitana o MAN proporcionando accesos concurrentes en áreas de hasta 48 kilómetros de radio y a velocidades de hasta 70 Mbps, funciona en las bandas de frecuencia 2.5 GHz y 3.5 GHz, para las que se necesita una licencia, y en la banda 5.8 GHz para la que no se necesita tenerla.

Algunas características importantes de Wimax, que son dadas en base a los estándares IEEE, son: velocidad de transmisión, mayor alcance, rangos de frecuencia, modulación OFDM, capacidad de funcionamiento sin línea de vista (figura 9), tiene la característica de soportar cientos de usuarios por canal, entre otras.

Comunicación sin visión directa (NLOS)



Para tener comunicación sin visión directa (NLOS, Non-Line Of Sight) se aprovecha la señal recibida por rebotes. Sin embargo el alcance se reduce respecto a una situación con visión directa (LOS).

Figura 9: Comunicación Wimax sin línea de vista. Fuente: BAYÓN D. 2006.

El objetivo de Wimax es proporcionar acceso a Internet de alta velocidad en un rango de cobertura de varios kilómetros de radio. En teoría proporciona velocidades de aproximadamente 70 Mbps en un rango de 50 kilómetros. El estándar Wimax tiene la ventaja de permitir conexiones inalámbricas entre un *transceptor de la estación base* (BTS) y miles de abonados, sin que éstos tengan que estar en línea de visibilidad (LOS) directa con esa estación. Esta tecnología se denomina NLOS que significa sin línea de visibilidad. En realidad, Wimax sólo

puede eludir obstáculos pequeños, como árboles o una casa y no puede atravesar montañas ni edificios altos. Cuando se presentan obstáculos, el rendimiento total real puede ser inferior a 20 Mbps.

El estándar IEEE 802.16 hace referencia a un sistema BWA (Broadband Wireless Access) de alta tasa de transmisión de datos y largo alcance, escalable, y que permite trabajar en bandas del espectro tanto con licencia como sin licencia, puede lograr velocidades de más de 100 Mbps en un canal de ancho de banda de 28 MHz (en la banda de 10 a 66 GHz). Estas velocidades tan elevadas se consiguen gracias a la utilización de la modulación OFDM con 256 portadoras, la cual puede ser implementada de diferentes formas, según cada operador.

Wimax se puede usar para enlaces de acceso, MAN o incluso WAN. En la figura 10 se muestra el orden de la evolución de los estándares Wimax. Lo más importante de esta tecnología es el transceptor de la estación base, una antena central que se comunica con las antenas de los abonados. El término enlace punto a multipunto se utiliza para describir el método de comunicación de Wimax.

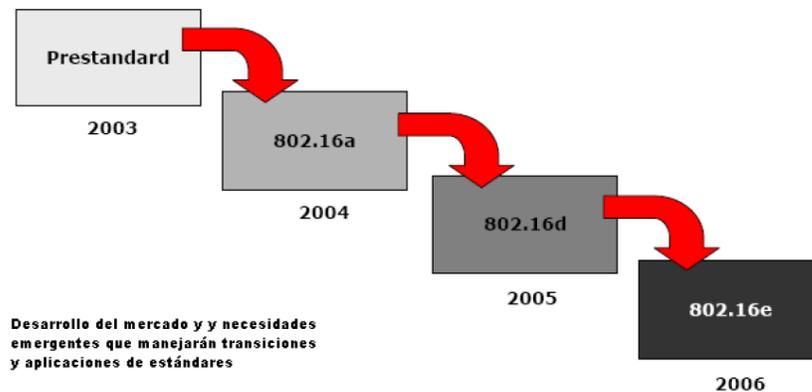


Figura 10: Evolución cronológica de los estándares Wimax. Fuente: REVELO J, PAZMIÑO E. 2008

Wimax está pensado principalmente para brindar cobertura en la llamada área de "última milla" (o "último kilómetro"), es decir, proveer acceso a Internet de alta velocidad en áreas que las tecnologías por cable normales no cubren.

Otra posibilidad es utilizar WiMAX como una red de retorno entre dos redes inalámbricas locales (Figura 11), como aquellas que usan el estándar WiFi. En última instancia, WiMAX permitirá que dos puntos de acceso se conecten para crear una red en malla.

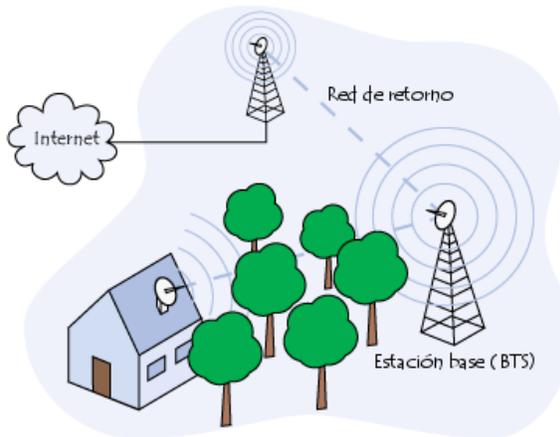


Figura 11: Enlace Wimax como red de retorno. Fuente: HERMILLA A. 2007

2.3.1.- 802.16d

El estándar 802.16d (2004), también conocido como "de acceso fijo", es el fruto de una revisión que incorporó los estándares 802,16, 802,16a y 802.16c. En el que se establece un enlace radio entre la estación base y un equipo de usuario. Para el entorno fijo, las velocidades teóricas máximas que se pueden obtener son de 75 Mbps con un ancho de banda de 20 MHz. Sin embargo, en entornos reales se han conseguido velocidades de 20 Mbps con radios de célula de hasta 6 Km, ancho de banda que es compartido por todos los usuarios de la célula.

2.3.2.- 802.16e

El estándar 802.16e (2005) permite el desplazamiento del usuario de un modo similar al que se puede dar en GSM/UMTS, el móvil actualmente compite con las tecnologías LTE, (basadas en femtocélulas, conectadas mediante cable), por ser la alternativa para las operadoras de telecomunicaciones que apuestan por los servicios en movilidad, este estándar, en su variante "no licenciado", compite con el WiFi IEEE 802.11n, ya que la mayoría de los portátiles y dispositivos móviles, empiezan a estar dotados de este tipo de conectividad (principalmente de la firma Intel).

2.4.- Comparación Wi-Fi vs Wimax.

	Wi-Fi	Wimax
Cobertura	Cobertura solo con línea de vista para enlaces punto a punto	Cobertura incluso sin línea de vista, pero con menor alcance.
Alcance	El alcance es de unos 500m pero puede extenderse mucho más con el uso de antenas direccionales y buena ganancia).	Está optimizado para tamaños de celda entre 7 y 10 km y puede llegar a tener alcances de 50 km.
Velocidad	Hasta 54 Mbps en un canal de 20 MHz con una eficiencia espectral de 3,3bps/Hz.	-Hasta 75 Mbps en un canal de 20 MHz con 3,8 bps/Hz. -Hasta 100 Mbps en un canal de 20 MHz con 5 bps/Hz.
Ancho de Banda	Emplea canales de 20MHz fijos.	Permite el uso de canales desde 1,5MHz hasta 20MHz, por lo tiene más canales disponibles.
Desarrollo comercial como medio de transmisión	Mayor por lo que en el mercado se encuentran más equipos para Wi-Fi que para Wimax.	Menor por ser una tecnología nueva y poco expandida.
Fines por los que se crearon	Para enlaces punto-multipunto en redes LAN.	Para enlaces punto-multipunto en redes MAN.
Frecuencias libres	Es libre para operar en sus frecuencias sin adquirir una licencia.	Tiene dos opciones, opera en frecuencias licenciadas como en no licenciadas.
Control de acceso al Medio	Se realiza con mecanismos de contienda.	Se realiza de forma determinista.
Separación entre portadoras	Mayor debido al ancho del canal (20MHz).	Menor porque permite usar canales de 10MHZ, usando osciladores y etapas de filtrado de mayor calidad, lo que implica mayores costos en equipos.

Calidad de Servicio	Wi-Fi no soporta QoS actualmente, solo el estándar 802.11e (móvil)	Wimax si soporta QoS, optimizada para voz o vídeo, dependiendo del servicio.
Ventajas Generales	<ul style="list-style-type: none"> -Tecnología de Bajo Costo. -Gran cantidad de equipos certificados. -Opera en Bandas no licenciadas. -En la zona a trabajar no existen redes Wi-Fi que ocupen canales e interfieran con la red. -Velocidad suficiente para la aplicación deseada. 	<ul style="list-style-type: none"> -Por la encriptación, protege la privacidad del usuario. -Tecnología Full-Duplex. -Permite altos niveles de potencia y mayores distancias pero al trabajar en bandas licenciadas.
Desventajas Generales	<ul style="list-style-type: none"> -Half-Duplex. -Encriptación opcional. 	<ul style="list-style-type: none"> -Tecnología costosa. -La mayoría de equipos trabajan en bandas licenciadas. -Con respecto a Wi-Fi, tiene menos equipos certificados en el mercado.

Tabla 4: Comparación Wi-Fi vs Wimax.

2.5.- Elección del estándar para la red inalámbrica.

Para elegir el estándar a utilizar en el diseño de la red se analizó el punto anterior (2.4), en el que se realiza una comparación de las dos tecnologías y se adjuntan las ventajas y desventajas de las mismas. Luego se tomó en cuenta el ancho de banda que necesita una red para soportar aplicaciones de voz y datos. El ancho de banda mínimo requerido para aplicaciones de correo electrónico es de 1 a 100Kbps y de navegadores Web es de 50 a 100Kbps, respectivamente. Para el caso de VoIP (voz sobre IP) se requiere un ancho de banda mínimo entre los 64Kbps y los 100Kbps, y en casos de dispositivos half-duplex hasta los 200Kbps.

En un principio Wi-Fi y Wimax fueron creados para enlaces punto-multipunto; el primero para LAN (Red de acceso Local) y el segundo para MAN (Red de acceso Metropolitano), siendo su principal diferencia el alcance. Esto haría pensar que la tecnología que nos conviene ocupar sería IEEE 802.16, pero en la actualidad existen diferentes tipos de antenas direccionales y sectoriales, que trabajando con el estándar IEEE 802.11b/g y con diferentes ganancias, nos

ayudan a crear redes de grandes alcances a un bajo costo; por otro lado la distancia máxima de los enlaces que se diseñarán es de 1.818Km, que puede ser cubierta con 802.11b/g; lo cual nos lleva a decir que Wimax sería un tecnología, en cierto modo sobredimensionada para esta red, ya que el alcance de IEEE 802.16 es de hasta 50Km, que aunque se podría ocupar para el diseño, pero se desperdiciaría dinero por lo costoso que resulta esta tecnología.

Los equipos Wimax se consideran todavía caros en el mercado con respecto a los que ocupan Wi-Fi, esto se da por ser una tecnología nueva y no permitir todavía abaratar los precios con el volumen. El estándar 802.11b/g es el que viene instalado en la mayoría de computadoras personales y diferentes dispositivos de consumo como celulares, iPots, etc. lo que hace que Wi-Fi cada día sea mejor y barato. Tiene mucho desarrollo por tener a todas sus derivaciones transmitiendo sin necesidad de licencia en las bandas ISM. Todo lo anteriormente expuesto nos lleva a concluir que el estándar que se ocupará para el diseño es Wi-Fi (IEEE 802.11b/g) por ser una tecnología que, en exteriores, ha sido evaluada, probada y medida en numerosos entornos con claro acierto y grado de estabilidad.

Se recomienda la encriptación de la transmisión para emitir en un entorno seguro. En WIFI esto es posible gracias al WPA, mucho más seguro que su predecesor WEP y con nuevas características de seguridad, como la generación dinámica de la clave de acceso (Revelo J, Pazmiño E. 2008).

Para usuarios más avanzados existe la posibilidad de configurar el punto de acceso para que emita sólo a ciertos dispositivos. Usando la dirección MAC, un identificador único de los dispositivos asignados durante su construcción, y permitiendo el acceso solamente a los dispositivos instalados, de este modo impedimos que al tratarse de conexiones inalámbricas alguien intercepte nuestra comunicación y tenga acceso a nuestro flujo de información.

CAPITULO 3

DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA PARA LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PAUTE - MAZAR

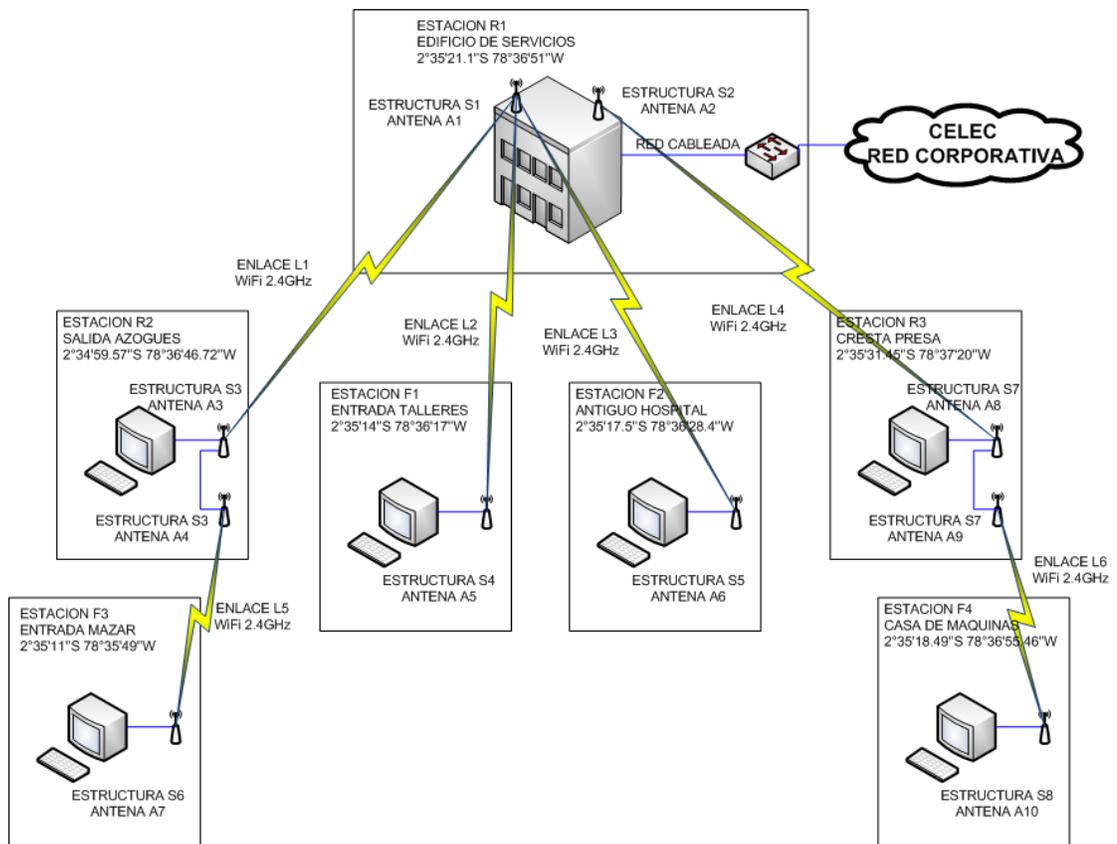


Figura 12: Diagrama Funcional de la red.

3.1.- Graficas y presupuestos de enlaces.

Para obtener un enlace de alta frecuencia WiFi, es necesario que exista línea de vista y se compruebe que la primera zona de fresnel esté despejada de todo obstáculo, por lo menos el 80%, y para enlaces exigentes el 100%, así se obtendrá el máximo rendimiento de los equipos según las características de los mismos. Es por eso que se presentarán los gráficos de los

enlaces con su perfil topográfico y la primera zona de fresnel, junto con sus respectivos cálculos, de tal modo, se puede ver gráficamente las facilidades que brinda el terreno para la realización de cada enlace.

El radio de la 1° zona de fresnel se obtiene por:

$$R = 17.32 * \sqrt{\frac{d1 * d2}{D * F}}$$

Donde: R en metros.

D en Km.

F en GHz.

d1 y d2 son distancias al obstáculo en Km.

De éste modo se puede continuar con los cálculos o presupuestos de enlaces, en los que intervienen las pérdidas por espacio libre, así como las ganancias y potencias de las antenas de transmisión y recepción. Las pérdidas en los conectores y en el cable no se consideran ya que se pretende utilizar equipos con una antena incorporada, solamente en los enlaces que utilicen una antena omnidireccional externa se considera la perdida en un conector SMA o RP-SMA.

La pérdida por espacio libre viene dada por:

$$A_o(dB) = 32.44 + 20 \log F(MHz) + 20 \log D(Km)$$

Los conectores producen pérdidas por acoplamiento, en forma práctica se estima que un conector tiene un factor de atenuación de 0.5dB.

Las pérdidas en el cable se consideran de 0.6dB por metro, pero no se consideran para este tipo de enlaces.

El presupuesto de enlace completo sería:

$$\begin{aligned} \text{Margen} &= \text{Potencia de Tansmisión (dBm)} + \text{Ganancia de Antena Tx (dB)} \\ &\quad - \text{Perdida por espacio libre (dB)} + \text{Ganancia de Antena Rx(dB)} \\ &\quad - \text{Sensibilidad del Receptor(dBm)} \end{aligned}$$

3.1.1.- Enlace Salida Azogues – Entrada Mazar.

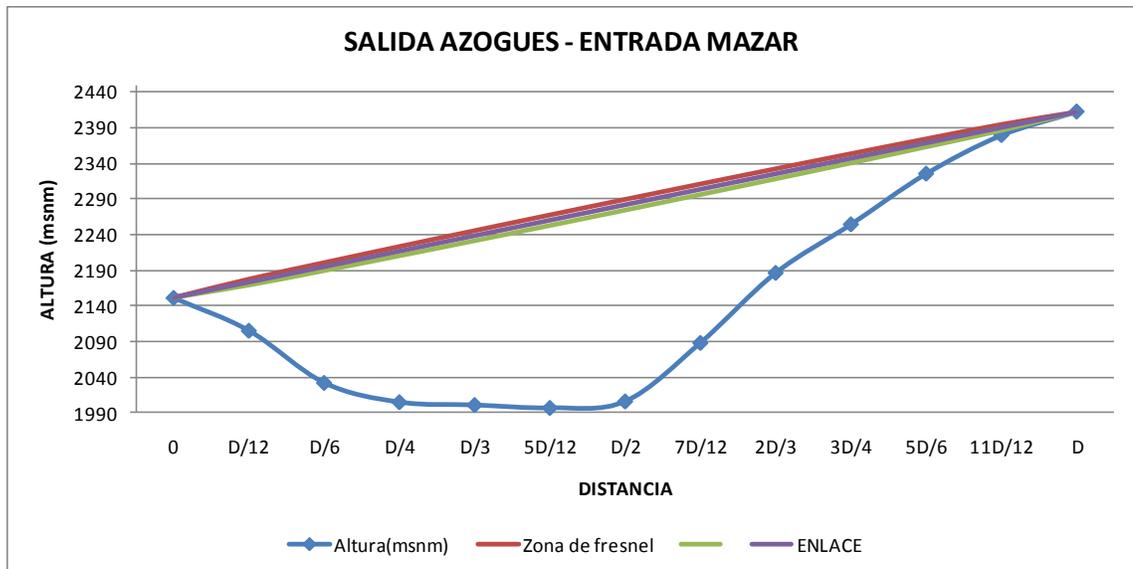


Figura 13: Enlace Salida Azogues – Entrada a Mazar.

El enlace tiene una distancia de 1818m. En la figura 13 se demuestra que la primera zona de fresnel está totalmente despejada, por lo que el presupuesto de enlace sería el siguiente:

CÁLCULO ENLACE	
PTx(dBm)	26
Gantx(dB)	10
PRx(dBm)	-85
Ganrx(dB)	10
Pérdidas	
Ao(dB)	105.24
Pconec(dB)	0
Pcable(dB)	0
Margen(dB)	25.76

Tabla 5: Presupuesto Enlace Salida Azogues – Entrada a Mazar.

En este enlace no se consideran las pérdidas en los conectores ni en los cables debido a que se pretende utilizar equipos con antena incorporada como es el ubiquiti NanoStation2, por lo que se utilizaron sus características para el estudio. Interpretando los cálculos resulta un enlace correcto y con un margen de 25.76 (dB). Dando como conclusión que el sistema funcionaría con

un equipo que sea capaz de radiar una señal a 2.4GHz con una potencia de Tx de 400mW, una ganancia de la antena de 10dB y una sensibilidad de recepción de -85dBm.

3.1.2.- Enlace Cresta Presa - Casa de Maquinas.

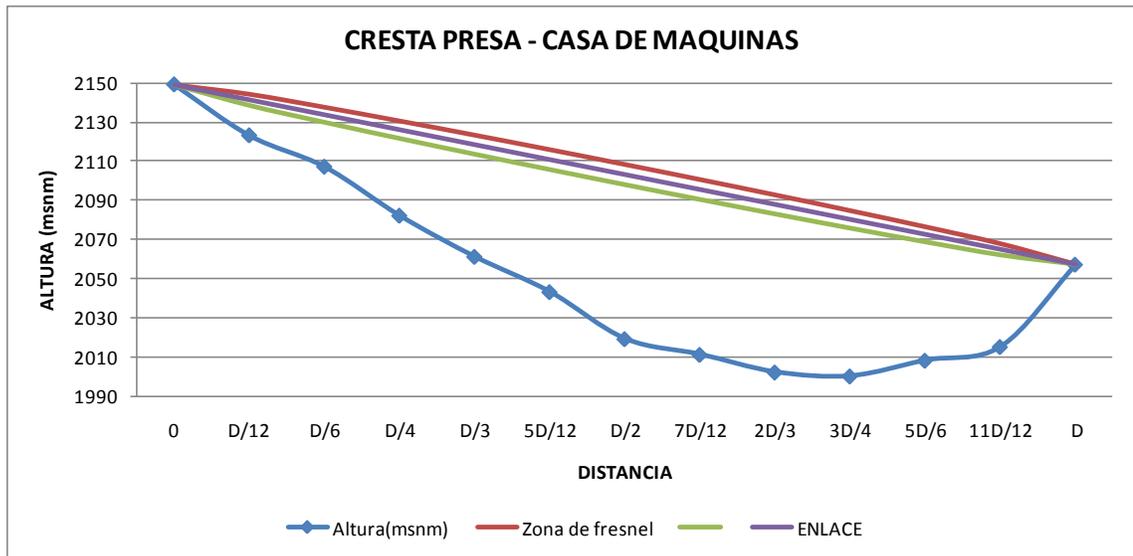


Figura 14: Enlace Cresta Presa – Casa de Maquinas.

El enlace tiene una extensión de 856.56m, la primera zona de fresnel está totalmente despejada (Figura 14) y el cálculo del enlace sería:

CÁLCULO ENLACE	
PTx(dBm)	26
Gantx(dB)	10
PRx(dBm)	-85
Ganrx(dB)	10
Pérdidas	
Ao(dB)	98.70
Pconec(dB)	0
Pcable(dB)	0
Margen(dB)	32.30

Tabla 6: Presupuesto Enlace Cresta Presa – Casa de Maquinas.

De éste modo aseguramos la transmisión con un margen de 32.3 dB. En este enlace sería suficiente un equipo que sea capaz de emitir una señal a 2.4GHZ con 400mW de potencia, y bastaría con una ganancia de la antena de 10dB con potencia de Rx de -85dB.

3.1.3.- Enlace Edificio Servicios – Entrada Talleres.

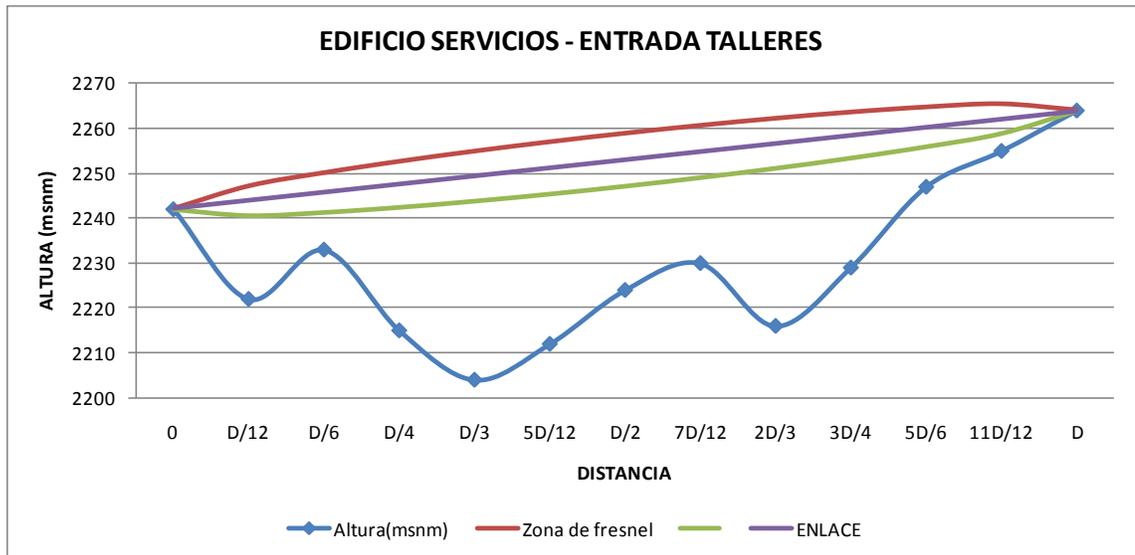


Figura 15: Enlace Edificio Servicios – Entrada a Talleres.

La distancia entre estos dos puntos es de 1072.97 m. En la figura 15 se muestra los resultados de dibujar la primera zona de fresnel, la cual se encuentra totalmente despejada de obstáculos creando un ambiente propio para un enlace de alta frecuencia WiFi, el enlace calculado se muestra a continuación.

CÁLCULO ENLACE	
PTx(dBm)	26
Gantx(dB)	12
PRx(dBm)	-85
Ganrx(dB)	10
Pérdidas	
Ao(dB)	100.66
Pconec(dB)	0.5
Pcable(dB)	0
Margen(dB)	31.84

Tabla 7: Presupuesto Enlace Edificio Servicios – Entrada a Talleres.

En este caso obtenemos un margen de 31.84dB al trabajar con 400mW de Potencia de Tx, una ganancia de la antena de Tx de 12dBi y de Rx de 10dBi; una Sensibilidad de Rx de -85dB. Esta transmisión ya es parte del sistema punto multipunto de la red, que comunica a tres garitas con

el Edificio de Servicios, por lo que se consideraría el mismo equipo en el Edificio de servicios, para los dos casos siguientes; por ser el que radia a todas estas tres garitas. Este equipo tendría la ayuda de una antena omnidireccional de 10dbi la cual por su instalación introduciría unas pérdidas por el conector que se consideran en el cálculo del presupuesto de enlace.

3.1.4.- Enlace Edificio Servicios – Antiguo Hospital.

El enlace es de 706.46 m. En la figura 16 se muestra que la comunicación no tiene obstáculos dentro de la primera zona de fresnel, de este modo se puede seguir con los respectivos cálculos.

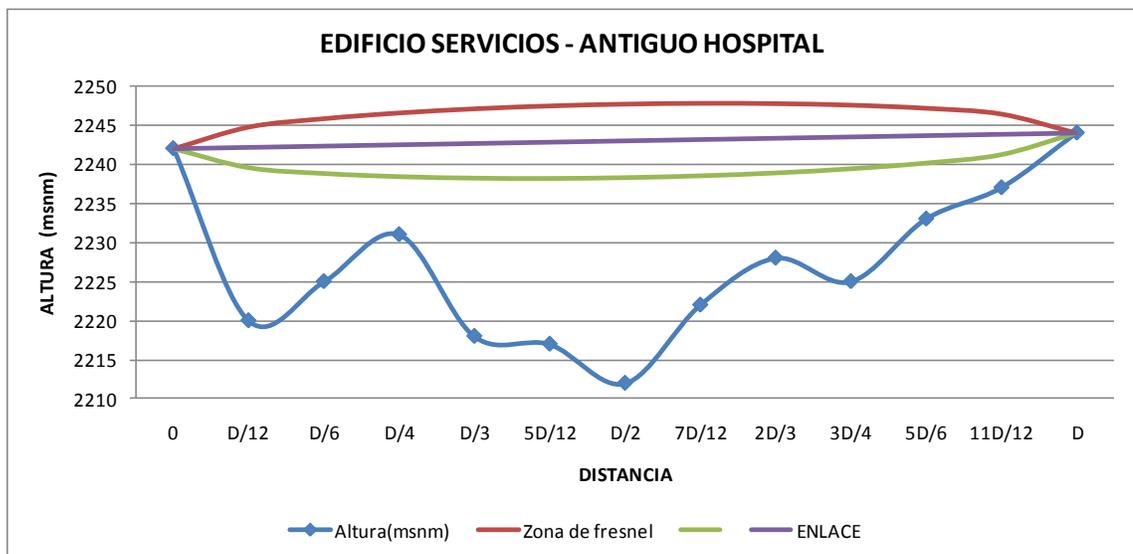


Figura 16: Enlace Edificio Servicios – Antiguo Hospital.

CÁLCULO ENLACE	
PTx(dBm)	26
Gantx(dB)	12
PRx(dBm)	-85
Ganrx(dB)	10
Pérdidas	
Ao(dB)	97.03
Pconec(dB)	0.5
Pcable(dB)	0
Margen(dB)	35.47

Tabla 8: Presupuesto Enlace Edificio Servicios – Antiguo Hospital.

El enlace funcionaría con un equipo de las siguientes características: potencia de Tx de 400mW equivalentes a 26dBm para efectos de cálculo, ganancia de la antena de Tx de 12dBi y de Rx de 10 dBi; una sensibilidad de Rx de -85dB y se tendría un margen de 33.47 dB para asegurar la fiabilidad del enlace.

3.1.5.- Enlace Edificio Servicios – Salida Azogues.

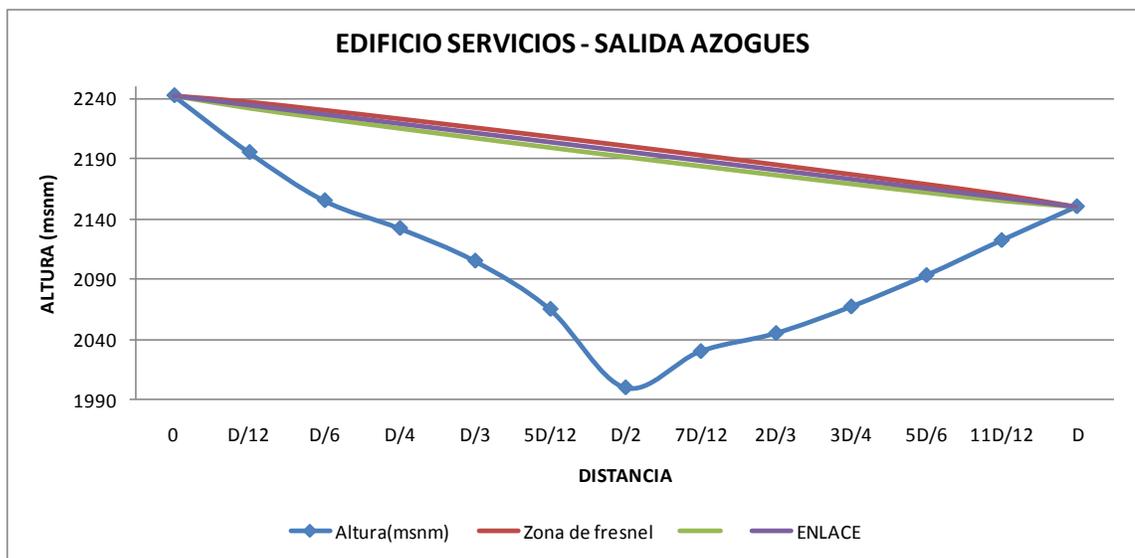


Figura 17: Enlace Edificio Servicios – Salida Azogues.

A estos puntos los separa 674.25 m y poseen una primera zona de Fresnel totalmente despejada (Figura 17). El cálculo de la comunicación es:

CÁLCULO ENLACE	
PTx(dBm)	26
Gantx(dB)	12
PRx(dBm)	-85
Ganrx(dB)	10
Pérdidas	
Ao(dB)	96.62
Pconec(dB)	0.5
Pcable(dB)	0
Margen(dB)	35.88

Tabla 9: Presupuesto Enlace Edificio Servicios – Salida Azogues.

Los equipos que se utilizarían en este enlace tendrán las mismas características que el anterior, ya que corresponde al mismo sistema punto – multipunto con los dos anteriores perfiles. Con la diferencia que tenemos un margen ligeramente mayor (33.88 dB) debido a que las distancias no son las mismas, por lo tanto, las pérdidas por espacio libre son diferentes.

3.1.6.- Enlace Edificio Servicios – Cresta Presa.

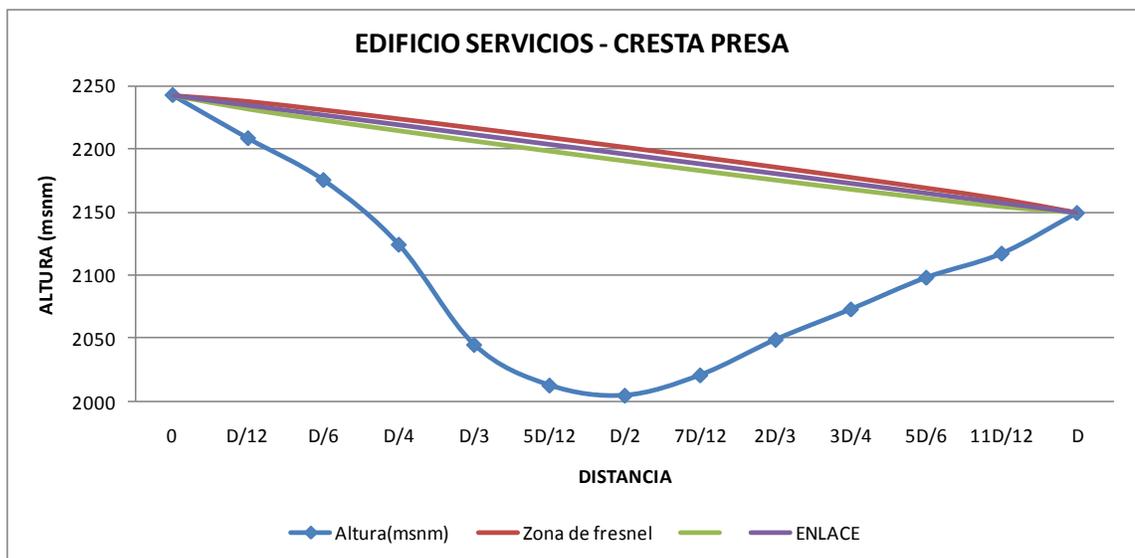


Figura 18: Enlace Edificio Servicios – Salida Azogues.

Este es el último enlace de la red, la distancia entre los puntos es 951.37 m. y como todos los enlaces anteriores, la primera zona de fresnel está totalmente despejada (Figura 18) y el cálculo del enlace es el siguiente:

CÁLCULO ENLACE	
PTx(dBm)	26
Gantx(dB)	10
PRx(dBm)	-85
Ganrx(dB)	10
Pérdidas	
Ao(dB)	99.61
Pconec(dB)	0
Pcable(dB)	0
Margen(dB)	31.39

Tabla 10: Presupuesto Enlace Edificio Servicios – Salida Azogues.

Este enlace es un punto – punto y el equipo que se recomienda según los cálculos tiene las siguientes características: potencia de Tx de 400mW, ganancia de la antena incorporada de 10 dBi y una potencia de Rx de -85 dB, a parte tendríamos un margen de 31.39 dB que sirven para asegurar la transmisión.

3.2.- Equipos Sugeridos de Diferentes Marcas.

Luego de haber realizado los cálculos de todos los enlaces de la red, se recomienda el uso de equipos con una ganancia de la antena de Tx incorporada de 10dBi y una potencia de transmisión de 400mW equivalentes a 26 dBm para todos los enlaces, quedando una posibilidad de ocupar equipos con la ganancia de la antena de de 8dB, en este caso se tendría un menor margen para garantizar la comunicación entre las garitas. A continuación se analizan diferentes opciones de equipos en diferentes marcas.

3.2.1.- UBIQUITI

Modelo: [UB UBN-LOCO2]

Datasheet: http://www.ubnt.com/downloads/loco2_datasheet.pdf

Este equipo si funcionaría en los enlaces más cortos pero el margen disminuiría entre 8 y 14 dB porque los cálculos se realizaron con una potencia de Tx de 400mW y éste equipo solo radia hasta 100mW que equivale a 20dBm, también disminuye la ganancia de la antena y la sensibilidad de Rx.

Modelo: [NanoStation2 2,4 GHz. 10 dBi]

Datasheet: http://www.ubnt.com/downloads/ns2_datasheet.pdf

Este equipo es el más adecuado para los enlaces de las garitas, es por esto que los cálculos del presupuesto de todos los enlaces se realizaron con sus características de tal modo en la presente monografía se recomienda el uso de NanoStation2 para todas las estaciones de la red, con la incorporación de una antena omnidireccional ubicada en el edificio de servicios.

Modelo: [AMO – 2G10]

Datasheet: http://www.ubnt.com/downloads/datasheets/airmaxomni/amo_ds_web.pdf

Esta es una antena omnidireccional que se recomendaría instalar en el Edificio de Servicios para que comunique a tres garitas en el sistema Punto – Multipunto.

3.2.2.- CISCO

Modelo: [AIR-BR-1310G-A-K9]

Datasheet:

http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps5679/ps5861/product_data_sheet09186a00802252e1.pdf

En el datasheet del equipo se ve que tiene una antena incorporada direccional de 13dBi, por lo que teóricamente los puntos si se comunicarían con el uso de éste equipo.

Modelo: [AIR-ANT2410Y-R]

Tipo: Yagi

Modelo: [AIR-ANT24120]

Tipo: Omnidireccional

Datasheet:

http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps7183/ps469/product_data_sheet09186a008008883b.html

3.2.3.- MIKROTIK

Modelo: [MIKROTIK AP-Bridge-CPE 2,4 /5 GHz 100mW (2,4 Ghz.) 65mW (5 GHz.)]

Datasheet: http://www.comprawifi.com/equipos-pro/mikrotik/mikrotik-ap-bridge-cpe-2-4-/5-ghz-100mw-2-4-ghz-65mw-5-ghz-/prod_2463.html

Modelo: [Antena omnidireccional de 2,4 GHz y 10 dBi]

Características: http://www.comprawifi.com/antenas-cables/2-4-ghz/omnis/exterior/antena-omnidireccional-de-2-4-ghz-y-10-dbi/prod_2311.html

Modelo: [**Omnidireccional 8 dBi**]

Características: http://www.comprawifi.com/antenas-cables/2-4-ghz/omnis/exterior/omnidireccional-8-dbi/prod_1652.html

Modelo: [Antena yagi de 824 a 2500 MHz de 9 dBi]

Características: http://www.comprawifi.com/antenas-cables/2-4-ghz/yagis/antena-yagi-de-824-a-2500-mhz-de-9-dbi/prod_2351.html

3.2.4.- D-LINK

Modelo: ANT24-1202

Características: ftp://ftp10.dlink.com/pdfs/products/ANT24-1202/ANT24-1202_ds_ca.pdf

Luego de analizar las características de cada equipo con la ayuda de los datasheets, se concluye que los equipos Cisco son los más comercializados y por lo tanto han sido más sometidos a pruebas, pero al mismo tiempo son mucho más caros que los Ubiquiti y los Mikrotik, que si bien es cierto, son menos probados que los Cisco pero tienen una amplia gama de equipos y elementos que se utilizan en Telecomunicaciones; es así que muchos profesionales del medio afirman que también son equipos buenos y que vale la pena utilizarlos, ya que si analizamos y consideramos que a un precio mucho menor voy a obtener el mismo beneficio de la red diseñada.

Todos los equipos que se presentaron, en las diferentes marcas, se pueden acoplar a la red diseñada, todos tienen características similares en cuanto a ganancias y potencias, porque de hecho se buscaron con datos calculados. Pero se recomienda el uso de [NanoStation2 2,4 GHz. 10 dBi], los cálculos se realizaron con sus características; por lo que, en caso de usar otro equipo se recomienda hacer un presupuesto de enlace antes de instalarlo, para asegurar la transmisión; del mismo modo se recomienda el uso de la antena omnidireccional [AMO – 2G10] en el edificio de servicios en el sistema Punto – Multipunto.

3.3.- Equipos, componentes y precios referenciales.

Se presenta a continuación una lista de los equipos y componentes que se adquirirán para el armado e instalación de la red inalámbrica diseñada.

CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	P.UNIT.	P.TOTAL
10	UND	ACCESS POINT OUTDOOR 2.4GHz, POE,NANOSTATION 2 (UBIQUITI)	90.00	900.00
4	UND	SWITCH L2, 8 P 10/100BASE-T PARA ESCRITORIO (DLINK)	12.98	51.92
3	UND	ANTENA OMNIDIRECCIONAL 2.4GHz, 12 dBi PARA EXTERIORES (DLINK)	157.30	471.90
305	MTR	CABLE FTP 4 PARES CAT 5E (NETWIRE)	0.72	219.60
305	MTR	CABLE UTP 4 PARES CAT 5E (NETWIRE)	0.35	106.75
45	UND	CONECTOR RJ45 8 HILOS CAT. 5E (QUEST)	0.22	9.90
10	UND	PATCH CORD COBRE DE 3 PIES CAT. 5E NEGRO (QUEST)	1.58	15.80
8	UND	CONECTOR RJ45 JACK CAT. 5E AZUL (QUEST)	3.06	24.48
8	UND	CAJA SOBREPUESTA PARA INTERRUPTOR O TOMACORRIENTE 40 mm MARFIL (DEXSON)	1.76	14.08
8	UND	FACE PLATE 1 P. IVORY (QUEST)	1.10	8.80
8	UND	FACE PLATE 2 P. IVORY (QUEST)	1.55	12.40
35	UND	CANALETA PLASTICA 20X12 LISA MARFIL (DEXSON)	1.73	60.55
1	PAQ	AMARRAS PLASTICAS 10 CM T4 BLANCA (DEXSON)	0.56	0.56
1	PAQ	AMARRAS PLASTICAS 35CM T14 BLANCA (DEXSON)	4.80	4.80
			TOTAL	1901.54

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se realizó el estudio del medio en el que se logró graficar los perfiles topográficos de cada enlace de acuerdo a las curvas de nivel encontradas en los mapas digitales de la Central Hidroeléctrica Paute – Mazar. Seguidamente se realizó el estudio de dos estándares como son Wi – Fi y Wimax. Una de las cosas que ayudó para la decisión es que los equipos Wimax se consideran todavía caros en el mercado con respecto a los que ocupan Wi-Fi, esto se da por ser una tecnología nueva y no permitir todavía abaratar los precios con el volumen; el estándar 802.11b/g es el que viene instalado en la mayoría de computadoras personales y diferentes dispositivos de consumo como celulares, iPots, etc. lo que hace que Wi-Fi cada día sea mejor y barato, tiene mucho desarrollo por tener a todas sus derivaciones transmitiendo sin necesidad de licencia en las bandas ISM. Entonces se concluyó que el estándar que se ocupará para el diseño es Wi-Fi (IEEE 802.11b/g) por ser una tecnología que, en exteriores, ha sido evaluada y probada en numerosos entornos con claro acierto y grado de estabilidad.

Se diseñó completamente la red en base a los cálculos que se obtuvieron considerando todas las pérdidas y ganancias que intervienen en un presupuesto de enlace; se ocuparían equipos con antena incorporada, por lo que no se consideran las pérdidas en el cable ni en los conectores, a menos que se ocupe una antena exterior en cuyo caso se considera la pérdida en un conector tipo SMA o RP-SMA; se consideró también para el diseño el tipo de servicio que requiere la red. Se graficaron en los perfiles topográficos, el enlace y la primera zona de fresnel, la cual estaba despejada totalmente de obstáculos para todos los casos.

Con base en los cálculos, se recomendaron los equipos que podrían instalarse en la red, con sus características y siguiendo el instructivo, se llenaron los formularios solicitados por la SENATEL; así mismo, se culminó el proyecto con un listado de los equipos y componentes que se instalarían en la red junto a sus precios referenciales, de este modo se culmina el diseño de la red inalámbrica para enlazar las garitas de la Central Hidroeléctrica Paute Mazar.

Se recomienda la encriptación de la transmisión para emitir en un entorno seguro. En WIFI esto es posible gracias al WPA, mucho más seguro que su predecesor WEP y con nuevas características de seguridad, como la generación dinámica de la clave de acceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ELECTRONICAS

CHUCK Taylor. Geographic/UTM Coordinate Converter, <<http://home.hiwaay.net/~taylorc/toolbox/geography/geoutm.html>> Consulta: Mayo 2011.

BERDIÑAS C, Testoni R. Antenas, <<http://www.frm.utn.edu.ar/comunicaciones/antenas.html#IND>> Consulta: Junio 2011.

CELEC EP-Hidropaute. 2011. PORTAL, <<http://www.celec.com.ec/hidropaute/>> Consulta: Julio 2011.

BAYÓN D. 2006. Comparativa entre las tecnologías inalámbricas Wi – Fi y WiMAX, <http://www.davidbayon.net/index.php?mostrar=posts&post_id=131> Consulta: Junio 2011

HERMILLA A. 2007. Wimax vs WiFi, <<http://arturohermilla.blogspot.com/2007/12/wimax-vs-wifi.html>> Consulta: Junio 2011

BAYÁN R. Diseño de una red Inalámbrica WIFI, <<http://www.virusprot.com/Art43.html>> Consulta: Junio 2011.

34TELECOM. Antenas para redes inalámbricas WiFi, <<http://www.34t.com/Unique/wiFiAntenas.asp>> Consulta: Mayo 2011

ERAZO F. 2009. REDES INALMBRICAS, <<http://favoerazoh.blogspot.es/1256876100/>> Consulta: Junio 2011

PIMENTEL V. 2009. Ventajas del estándar Wi-Fi 802.11n, <<http://www.anexom.es/tecnologia/mi-conexion/ventajas-del-estandar-wi-fi-80211n/>> Consulta: Agosto 2011

SANDOVAL F. 2009. Radio Mobile Deluxe, <<http://fralbe.wordpress.com/2009/02/06/radio-mobile-deluxe-tutoriales/>> Consulta: Mayo 2011

REVELO J, PAZMIÑO E. 2008. Análisis de WPA/WPA2 Vs WEP, <http://www.cybsec.com/upload/ESPE_Analisis_WPA_WEP.pdf> Consulta: Julio 2011

PELLEJERO I. 2009. Manual de Cálculo de Coberturas con Radio Mobile, <http://www.ipellejero.es/radiomobile/RM_05.html> Consulta: Agosto 2011

GREG A. 2006. Using Radio Mobile for Windows, <<http://www.pizon.org/radio-mobile-tutorial/obtaining-elevation-data.html>> Consulta: Agosto 2011

MAGNOLI D. 2006. RADIO MOBILE, <<http://www.lw1drj.com.ar/users/docs/RADIO%20MOBILE.pdf>> Consulta: Agosto 2011

Formularios SENATEL 2009, <http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?view=article&catid=282%3Aformularios-y-requisitos&id=702%3Aformularios-para-concesion-de-frecuencias&option=com_content&Itemid=426> Consulta: Agosto 2011

ANEXOS

RC – 2A: FORMULARIOS PARA INFORMACION DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES

Se presentan 3 formularios de este tipo, cada uno abarca la información de tres estructuras y el sistema completo consta de 8. Toda su descripción se puede apreciar a continuación.

[FORMULARIOS\Rc-2A\Forma_Estructuras_2A1.pdf](#)

[FORMULARIOS\Rc-2A\Forma_Estructuras_2A2.pdf](#)

[FORMULARIOS\Rc-2A\Forma_Estructuras_2A3.pdf](#)

RC – 3A: FORMULARIO PARA INFORMACION DE ANTENAS

Se encontrará dos formularios, la red completa está conformada por 10 antenas, en el primer formulario se muestran las características de las seis primeras antenas y en el segundo las características de las últimas cuatro.

[FORMULARIOS\RC-3A\Forma_Antenas_3A1.pdf](#)

[FORMULARIOS\RC-3A\Forma_Antenas_3A2.pdf](#)

RC – 3B: FORMULARIO PARA PATRONES DE RADIACION DE ANTENAS

En el presente formulario se están las gráficas del patrón de radiación de los dos tipos de antenas que se propusieron en el diseño; el formulario brinda la posibilidad de ingresar los datos de dos antenas por formulario, en este caso la primera se trata de una omnidireccional y la segunda de una directiva.

[FORMULARIOS\Formulario_RC-3B_v1.pdf](#)

RC – 4A: FORMULARIO PARA INFORMACION DE EQUIPAMIENTO

La red diseñada funcionara con un solo tipo de equipo, el Ubiquiti nanostation2, de tal modo que en este formulario se apreciara las características del mismo.

[FORMULARIOS/Forma Equipamiento 4A.pdf](#)

RC– 9A: FORMULARIO PARA SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA (ENLACES PUNTO-PUNTO)

Para el correcto funcionamiento de la red, se plantearon tres enlaces punto – punto, por tal motivo se presentan tres formularios, uno por cada enlace.

[FORMULARIOS\RC-9A\Forma Banda Ancha 9A1.pdf](#)

[FORMULARIOS\RC-9A\Forma Banda Ancha 9A2.pdf](#)

[FORMULARIOS\RC-9A\Forma Banda Ancha 9A3.pdf](#)

RC- 9B: FORMULARIO PARA SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA (SISTEMAS PUNTO-MULTIPUNTO)

El sistema punto - multipunto consta de cuatro estaciones, una fija central y tres fijas alrededor de la misma. El formulario contiene todos los datos de los enlaces, así como sus valores para los perfiles topográficos, cuyas figuras se adjuntan seguidamente al formulario.

[FORMULARIOS\Forma_Banda_Ancha_9B.pdf](#)

ANEXO: PERFILES DEL SISTEMA PUNTO - MULTIPUNTO

Debido a que el formulario RC – 9B no posee espacio para los perfiles topográficos de los enlaces que conforman el sistema punto - multipunto, se adjuntan a continuación las figuras de los mismos.

[FORMULARIOS\ANEXO PERFILES ENLACES P-M.pdf](#)

RC- 14A: FORMULARIO PARA ESQUEMA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES

El siguiente formulario muestra un esquemático en el que se describe gráficamente la topología total del sistema.

[FORMULARIOS\Forma esquema 14A.pdf](#)

RC-15A: FORMULARIO PARA ESTUDIO TECNICO DE EMISIONES DE RNI (CALCULO DE LA DISTANCIA DE SEGURIDAD)

El último tipo de formulario trata sobre el cálculo de la radiación máxima de las antenas. Al mismo tiempo comprueba que dicha radiación no cause daños a las personas que laboran cerca a la estación. El cálculo se realiza para todos los puntos de la red por consiguiente se muestran a continuación siete formularios de este tipo.

[FORMULARIOS\RC-15A\Formulario_RC-15A1.pdf](#)

[FORMULARIOS\RC-15A\Formulario_RC-15A2.pdf](#)

[FORMULARIOS\RC-15A\Formulario_RC-15A3.pdf](#)

[FORMULARIOS\RC-15A\Formulario_RC-15A4.pdf](#)

[FORMULARIOS\RC-15A\Formulario_RC-15A5.pdf](#)

[FORMULARIOS\RC-15A\Formulario_RC-15A6.pdf](#)

[FORMULARIOS\RC-15A\Formulario_RC-15A7.pdf](#)