

ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO EN INGENIERIA ELECTRÓNICA**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RADIO
GUAYAQUIL - QUITO Y GUAYAQUIL – AMBATO PARA EL
BANCO DE GUAYAQUIL”**

**ANA ALEXANDRA MALDONADO BARRIONUEVO
MARIA CRISTINA ZAMBRANO RIVERA**

SANGOLQUI – ECUADOR

ABRIL 2005

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado “Diseño e implementación del sistema de radio Guayaquil – Quito y Guayaquil – Ambato para el Banco de Guayaquil” ha sido desarrollado en su totalidad por la Srta. Ana Alexandra Maldonado y la Srta. María Cristina Zambrano, bajo nuestra dirección.

ATENTAMENTE

Ing. Rodrigo Silva

DIRECTOR

Ing. Pablo Molina

CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

A mis padres por su eterno amor, a mis hermanas por toda la comprensión y apoyo y a mis sobrinos por ser los ángeles que han sabido amarme y darme valor en los momentos difíciles.

Ana Alexandra

A Dios por darme todas las bendiciones y fuerzas necesarias para poder culminar con éste mi mayor sueño.

A mi hogar por acogerme y apoyarme en todas las circunstancias que se me presentaron tanto malas como buenas.

María Cristina

Al Ing. Rodrigo Silva, director e Ing. Pablo Molina, codirector sin cuyo apoyo e interés no hubiera sido posible la realización de este proyecto.

Al Banco de Guayaquil por su apoyo y confianza, de manera especial a Fanny e Isaías.

Ana Alexandra y María Cristina

DEDICATORIA

A mis padres por el apoyo incondicional, el cual me ha ayudado a alcanzar el ideal de mi vida profesional y que con su gran amor hicieron que pueda realizarme como un buen ser humano.

A Dios y a la Virgen María que han guiado mis pasos por un buen sendero y por todas las bendiciones que me han dado.

Ana Alexandra

A mis padres Margarita y Enrique quienes con su amor, trabajo y ejemplo me han enseñado el valor de la vida y han puesto en mi toda su confianza.

A ellos quienes me han acompañado en cada uno de mis logros y ahora en la culminación de mi vida universitaria.

A mis hermanas Margarita y Johana por su comprensión y apoyo incondicional.

A dos personas especiales que a pesar de que no se encuentren cerca de mí sé que desde lo más alto ellos me entregan todas sus bendiciones.

María Cristina

PROLOGO

El presente proyecto titulado: “Diseño e Implementación del sistema de radio Guayaquil – Quito y Guayaquil – Ambato para el Banco de Guayaquil”, tiene como objetivo proveer al Banco de Guayaquil un sistema de transmisión de datos propio, que comunique a la Matriz situada en Guayaquil con dos de sus sucursales más importantes ubicadas en las ciudades de Quito y Ambato.

El sistema de transmisión tiene enlaces vía microonda con una velocidad de transmisión de 128Kbps y comunicación full duplex con modulación QAM, y utiliza equipos de fácil manejo e implementación que permite a esta institución tener libre control sobre su mantenimiento y reparación, sin depender de empresas terciarizadoras.

La desventaja de este sistema radica en el nivel de inversión que implica su implementación, situación que se vería compensada con una expectativa de recuperación a mediano plazo.

El sistema permitirá a la institución bancaria ampliar su comunicación hacia otras ciudades, utilizando algunas o todas las estaciones de transmisión existentes, siempre y cuando se tenga línea de vista entre los puntos que se desea enlazar.

Sangolquí, Abril de 2005

ÍNDICE

CAPITULO I INTRODUCCIÓN.....	1
1. COMUNICACIÓN INALÁMBRICA	1
1.1 Origen.....	1
1.2 Tecnologías de Transmisión.....	2
1.2.1 Enlaces ópticos al aire libre (Láser).....	2
1.2.2 Microondas.....	3
1.2.3 Transmisión satelital.....	3
2. ENLACE MICROONDA.....	4
2.1 Ventajas y Desventajas de los enlaces de microondas.....	5
2.1.1 Ventajas.....	5
2.1.2 Desventajas.....	5
2.2 Estructura.....	6
2.2.1 Repetidor tipo espejo.....	6
2.2.2 Repetidores amplificadores.....	6
2.3 Aplicaciones.....	7
3. REQUERIMIENTOS.....	7
3.1 Requerimientos y necesidades de la entidad bancaria.....	7
3.2 Requerimientos y necesidades del proyecto.....	8
CAPITULO II EXPLORACION DEL PROYECTO.....	9
1. DETERMINACION DE LA RUTA DE LOS ENLACES.....	9
2. INSPECCION FISICA.....	11
CAPITULO III DISEÑO DE LOS ENLACES.....	14
1. INTRODUCCION.....	14

1.1 Construcción del perfil topográfico.....	14
2. PROPAGACIÓN RADIOELÉCTRICA.....	18
2.1 Cálculos radioeléctricos.....	18
2.2 Atenuaciones adicionales.....	20
2.2.1 Refracción.....	20
2.2.2 Difracción.....	20
2.2.3 Atenuación.....	22
2.2.4 Factor K.....	22
2.2.5 Margen de desvanecimiento (FM).....	23
2.2.6 Absorción.....	24
3. DISPONIBILIDAD.....	24
4. CALIDAD.....	28
5. RESULTADOS.....	29
CAPITULO IV INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA.....	44
1. INTRODUCCION.....	44
2. EQUIPOS NECESARIOS.....	45
2.1 Equipos de radios.....	45
2.1.1 Descripción de los radio modems.....	46
2.1.2 Características físicas y especificaciones del equipo.....	48
2.2 Antenas y sus estructuras de montaje e instalación.....	49
2.2.1 Antenas.....	50
2.2.2 Estructura de soporte de la antena.....	58
2.2.3 Cable coaxial.....	65
2.3 Sistemas de protección y de alimentación para los equipos.....	66
2.3.1 Sistemas de protección.....	66
2.3.1.1 Sistema de protección para estructuras metálicas.....	66
2.3.1.2 Sistema de protección para los equipos que componen el enlace.....	68
3. CONEXIONES DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS.....	74
3.1 Conexión de las antenas.....	74
3.2 Conexión de radios para la transmisión de datos.....	74

CAPITULO V PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA.....	77
1. INTRODUCCION.....	77
2. PRUEBAS PARA DETERMINAR EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	77
2.1 Medición de la potencia de recepción y Verificación de la transmisión de datos.....	78
2.2 Prueba de la tasa de bit erróneo BER.....	82
3. RESULTADOS.....	83
3.1 Consideraciones antes de realizar las pruebas.....	83
3.2 Resultados en la medición de potencias de recepción.....	85
CAPITULO VI ANÁLISIS ECONÓMICO.....	92
1. INTRODUCCIÓN.....	92
2. OBRA CIVIL.....	92
3. EQUIPOS.....	94
4. ADICIONALES.....	96
5. COSTO TOTAL.....	97
6. RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN.....	97
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	
ANEXO A.....	101
ANEXO B.....	104
ANEXO C.....	107
ANEXO D.....	110
ANEXO E.....	113
ÍNDICE DE FIGURAS.....	116
ÍNDICE DE TABLAS.....	118

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1. COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

El término inalámbrico es usado, para describir el procedimiento por el cual las ondas electromagnéticas llevan señales.

La transmisión inalámbrica, trabaja por el envío de ondas de alta frecuencia en el espacio libre hasta llegar al destino y luego se convierten en impulsos eléctricos.

Pérdidas en la comunicación inalámbrica pueden ser causadas, por vapor de agua, el clima, o partículas suspendidas en el aire.

1.1 Origen

La comunicación inalámbrica debe su origen a los siguientes acontecimientos:

- La postulación de las ondas electromagnéticas por James Cleck Maxwell durante el año de 1860 en Inglaterra.
 - La demostración de la existencia de estas ondas por Heinrich Rudolf Hertz en 1880 en Inglaterra.
-

- La invención del telégrafo inalámbrico por Guglielmo Marconi.

Durante 1890 eminentes científicos como Jagdish Chandra Bose de India, Oliver Lodge en Inglaterra y Augusto Righi de la Universidad de Bologna, se encargaron del estudio de los fundamentos naturales de las ondas electromagnéticas.

1.2 Tecnologías de Transmisión

Existen varios métodos que permiten efectuar comunicación de datos entre diversos puntos, utilizando como medio de transmisión a la atmósfera, y son:

1.2.1 Enlaces ópticos al aire libre (Láser)

El principio de funcionamiento de un enlace óptico al aire libre es similar al de un enlace de fibra óptica, sin embargo el medio de transmisión no es fibra de vidrio sino el aire.

El emisor óptico produce un haz estrecho que se detecta en un sensor que puede estar situado a varios kilómetros en la línea de visión. Las aplicaciones típicas para estos enlaces se encuentran en los campus de las universidades, donde las carreteras no permiten tender cables, o entre los edificios de una compañía en una ciudad en la que resulte caro utilizar los cables telefónicos.

Las comunicaciones ópticas al aire libre son una alternativa de gran ancho de banda a los enlaces de fibra óptica o a los cables eléctricos. Las prestaciones de este tipo de enlace pueden verse empobrecidas por la lluvia fuerte o niebla intensa, pero son inmunes a las interferencias eléctricas y no necesitan permiso de las autoridades responsables de las telecomunicaciones.

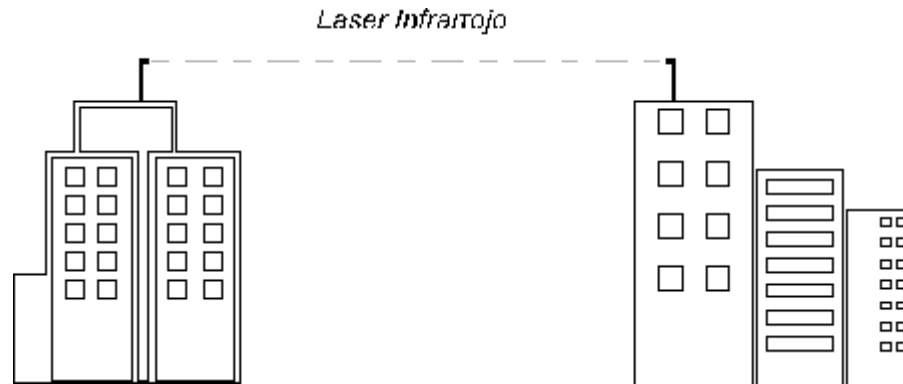


Figura. 1.1. Enlace Óptico

1.2.2 Microondas

Básicamente un enlace vía microondas consiste en tres componentes fundamentales: El transmisor, el receptor y el canal aéreo. El transmisor es el responsable de modular una señal digital a la frecuencia utilizada para transmitir, El canal aéreo representa un camino abierto entre el transmisor y el receptor, y como es de esperarse el receptor es el encargado de capturar la señal transmitida y llevarla de nuevo a señal digital.

Los enlaces de microondas se utilizan donde existe una línea de visión directa para transmitir, de modo que es necesario disponer de antenas microondas en torres elevadas en las cimas de las colinas o accidentes del terreno para asegurar un camino directo con la intervención de pocos repetidores.

Pueden presentarse problemas de propagación en los enlaces de microondas, incluyendo los debidos a lluvias intensas que provocan atenuaciones que incrementan la tasa de errores.

1.2.3 Transmisión satelital

Consiste en la utilización de satélites de baja y mediana órbita para efectuar el enlace. Un satélite de comunicaciones hace la labor de repetidor electrónico. Una estación terrena transmite al satélite señales de una frecuencia determinada (canal de subida). Por su parte, el satélite recibe estas señales y las retransmite a otra estación terrena B mediante una frecuencia

distinta (canal de bajada), esta señal puede ser recibida por cualquier estación situada dentro del cono de radiación del satélite. Puede transportar voz, datos o imágenes.

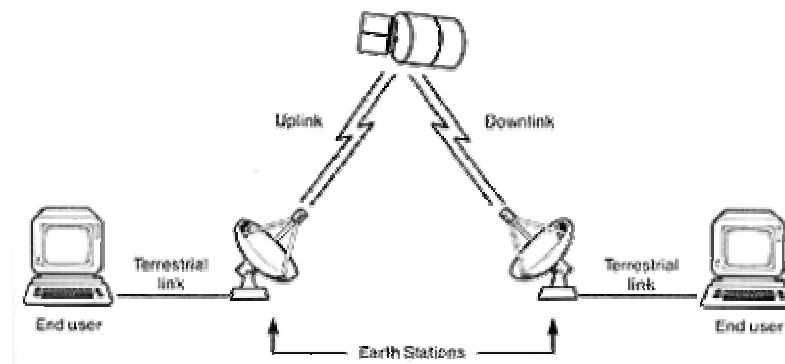
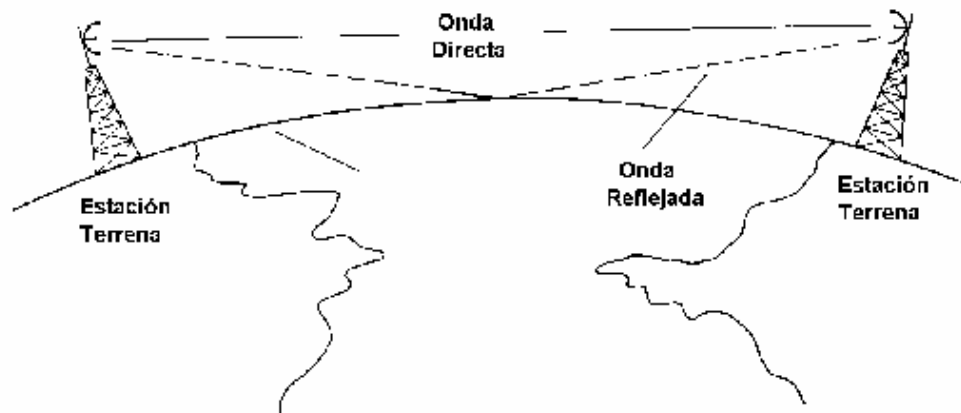


Figura. 1.2. Transmisión satelital

2. ENLACE MICROONDA



Enlace de Microondas de Línea de Vista

Figura. 1.3. Enlace microondas

Por encima de los 100MHz las ondas viajan en línea recta y, por tanto se pueden enfocar en un haz estrecho, para ello se busca concentrar toda la energía en un haz pequeño mediante una antena parabólica lo cual produce una señal de mayor potencia con relación al ruido, sin

embargo esto implica realizar una correcta alineación entre la antena del emisor con la del receptor y evidentemente, poseer línea de vista.

2.1 Ventajas y Desventajas de los enlaces de microondas

2.1.1 Ventajas

- Permiten conexiones a larga distancia.
- Necesitan menos repetidores y amplificadores.
- Instalación más rápida y sencilla.
- Mantenimiento más económico.
- Puede superar las irregularidades del terreno.
- La regulación solo debe aplicarse al equipo, puesto que las características del medio de transmisión son esencialmente constantes en el ancho de banda de trabajo.
- Puede aumentarse la separación entre repetidores, incrementando la altura de las torres.

2.1.2 Desventajas

- Se requiere antenas alineadas
 - Se produce atenuación debido a la distancia y a factores climáticos.
 - Existe interferencias que pueden producir solapamiento de señales.
 - Es necesario línea de vista para los enlaces.
 - Las estaciones deben disponer de energía y acondicionamiento para los equipos y servicios de conservación.
 - Un crecimiento incontrolado de la utilización de las microondas, puede dar lugar a problemas de congestión del espectro, interferencias, etc.
 - Debido a que todas las bandas de frecuencias de microondas terrestres ya han sido subastadas, para utilizar este servicio es necesario la utilización de frecuencias permitidas por las autoridades de telecomunicaciones.
-

2.2 Estructura

Las estaciones de microondas consisten de un par de antenas con línea de vista conectadas a un radio transmisor que radian radio frecuencia (RF) en el orden de los GHz. La única limitante de estos enlaces es la curvatura de la tierra, aunque con el uso de repetidores se puede extender su cobertura a miles de kilómetros. La función de los repetidores es salvar la falta de visibilidad impuesta por la curvatura terrestre y conseguir así enlaces superiores al horizonte óptico.

La gran mayoría de los repetidores para enlaces radioeléctricos son regenerativos. En estos casos la señal se demodula hasta el nivel de frecuencia intermedia IF y se obtiene la banda base digital la cual se regenera antes de volver a modular en IF. En los repetidores regenerativos se obtiene una mejor prestación en términos de BER en comparación con C/N (señal/ruido) cuando se dispone de una red digital con gran número de repetidoras. Se tienen dos grandes divisiones: los pasivos del tipo espejo y los activos con amplificadores de RF.

2.2.1 Repetidor tipo espejo. El tipo de repetidor pasivo con espejo refleja la onda entre antenas para salvar obstáculos y cambiar la dirección del campo electromagnético. El tratamiento de este tipo de repetidor desde el punto de vista de los niveles de potencia involucrados tiene en cuenta dos atenuaciones de espacio libre y la ganancia del espejo. En cambio, desde el punto de vista del análisis de calidad es un solo enlace.

2.2.2 Repetidores amplificadores. Son amplificadores de radio-frecuencia sin conversión a frecuencia intermedia y demodulación a banda base. Son usados en estaciones de difícil acceso y requieren de una alimentación no convencional y con bajo consumo. Permiten una ganancia adicional respecto del espejo lo que asegura enlaces de mayor distancia. El equipo amplificador se coloca junto con las antenas y el sistema de alimentación, por lo que no se prevé una atenuación importante debido al cable coaxial o guía de ondas. El problema en estos amplificadores es la suma del ruido en ambos saltos que introduce un empeoramiento en la relación BER y C/N. Al no utilizar un conversor de frecuencia la portadora en ambos saltos es

la misma y se producen interferencias. Para reducir este efecto se recurre al cambio de polarización entre enlaces adyacentes.

2.3 Aplicaciones

El campo mas valioso de aplicación de las microondas es el de las comunicaciones, desde las que pudiéramos denominar privadas, pasando por las continentales e intercontinentales.

En este terreno, las microondas actúan generalmente como portadoras de información, mediante una modulación o codificación apropiada.

Los sistemas de microondas son usados en enlaces de televisión, en multienlaces telefónicos y general en redes con alta capacidad de canales de información.

Las microondas atraviesan fácilmente la ionosfera y son usadas también en comunicaciones por satélites.

3. REQUERIMIENTOS

3.1 Requerimientos y necesidades de la entidad bancaria

El Banco de Guayaquil posee actualmente enlaces WAN mediante dos líneas particulares proporcionadas por empresas privadas, lo cual acarrea ciertos problemas como son:

- Una pobre confiabilidad debido al nivel de seguridad y la permanencia de los datos transmitidos.
 - Una baja velocidad de transmisión de datos.
 - Alto costo mensual de uso del enlace.
 - Dependencia de la parte técnica de las empresas tercerizadoras.
-

En vista de estos inconvenientes los directivos del Banco de Guayaquil han solicitado un cambio en su sistema de comunicaciones, el cual deberá poseer las siguientes características:

- El enlace de comunicaciones deberá interconectar la matriz ubicada en la ciudad de Guayaquil con la Sucursal Mayor en Quito, la matriz en Guayaquil con la agencia de Ambato.
- Deberá operar en la banda de frecuencias UHF en el rango de los 900Mhz.
- La comunicación debe ser full duplex con una tasa de transmisión de 128 Kbps.

3.2 Requerimientos y necesidades del proyecto

Para la realización de este proyecto se requiere:

- Verificar la disponibilidad física de terreno en la ruta de enlace adecuada, lo cual implica poseer vías de acceso adecuadas y líneas de energía eléctrica. Esto se lo realiza llevando a cabo una visita técnica al sector seleccionado.
 - Comprobar que la frecuencia requerida se encuentre disponible para su uso.
 - Reunir los datos necesarios para la realización de los cálculos respectivos del enlace.
-

CAPITULO II

EXPLORACION DEL PROYECTO

1. DETERMINACION DE LA RUTA DE LOS ENLACES

Para determinar la ruta de los enlaces solicitados se consideran los siguientes puntos:

- El enlace es de tipo punto a punto.
- Los puntos terminales son Quito, Guayaquil y Ambato.
- Los sistemas de transmisión utilizarán propagación por línea de vista.
- La capacidad del sistema será de 128Kbps para la transmisión de datos.

Un aspecto que se debe considerar es que las estaciones deben poseer línea de vista, con el objeto de garantizar la calidad de los enlaces. Esto se lo realiza utilizando los perfiles de los trayectos, los cuales serán descritos más adelante. Si algún sitio no cumple con la condición de línea de vista hacia el siguiente, el sitio se descarta y se escoge otro. Es de gran ayuda utilizar locaciones consideradas en otros proyectos existentes. En general las estaciones llevan el nombre del sitio geográfico del lugar donde se encuentran ubicadas.

En base a los puntos anteriores las rutas escogidas para los enlaces son:

El sistema de transmisión Guayaquil - Quito consta de las siguientes estaciones:

- Guayaquil: Estación Terminal de transmisión.
- Capadia: Estación ubicada en las estribaciones del cerro del mismo nombre.
- Sagatoa Barba Hurco (Pilisurco): Estación ubicada en las estribaciones del cerro del mismo nombre.
- Cruz Loma: Estación ubicada en las estribaciones del cerro del mismo nombre.
- Quito: Estación Terminal de transmisión.

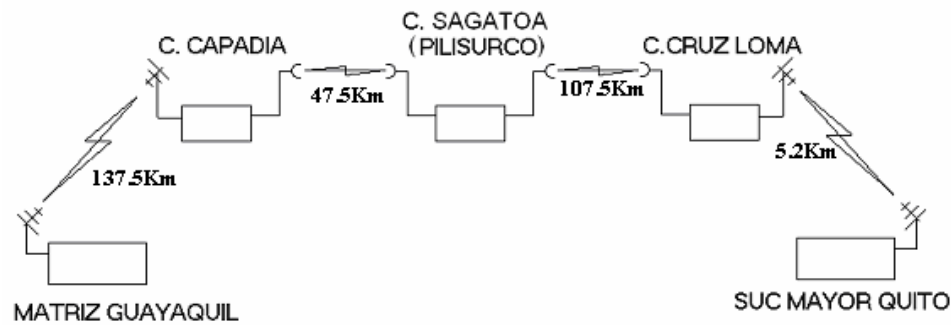


Figura. 2.1. Enlace Guayaquil - Quito

El sistema de transmisión Guayaquil – Ambato consta de las siguientes estaciones:

- Guayaquil: Estación Terminal de transmisión.
- Capadia: Estación ubicada en las estribaciones del cerro del mismo nombre.
- Sagatoa Barba Hurco (Pilisurco): Estación ubicada en las estribaciones del cerro del mismo nombre.
- Ambato: Estación Terminal de transmisión.

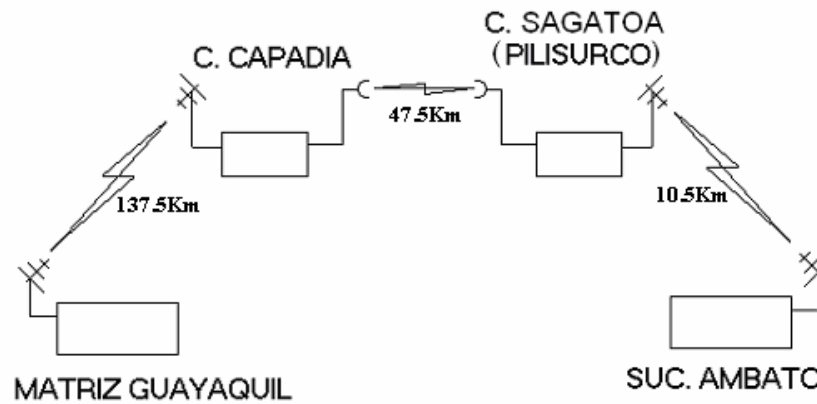


Figura. 2.2. Enlace Guayaquil - Ambato

Una vez definidos los sitios se procede a determinar las coordenadas y altura de cada uno de estos mediante el uso de cartas topográficas o la utilización de un GPS el cual debe ser utilizado visitando el lugar escogido para los enlaces.

2. INSPECCION FISICA

Una vez definidos los puntos en los que se ubicarán las estaciones, es necesario realizar una inspección de cada una de ellas para recolectar la información necesaria para las siguientes etapas del diseño. A esta labor se la conoce con el nombre de “survey”. La información que debe ser registrada se muestra en un ejemplo de un documento de survey, utilizado en el desarrollo de este proyecto, en el ANEXO A.

Los datos recolectados se encuentran tabulados en siguiente tabla:

ESTACION	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
Suc. Myr. Quito	00° 11' 47" S	78° 29' 20" O	2820 m
Cerro Cruz Loma	00° 11' 05" S	78° 31' 54" O	3840 m
Sagatoa (Pilisurco)	01° 09' 05" S	78° 39' 36" O	4015 m
Ambato	01° 15' 45" S	78° 34' 28" O	2590 m
Capadia	01° 27' 22" S	78° 57' 10" O	4200 m
Matriz Guayaquil	02° 11' 18" S	79° 52' 41" O	6 m

Tabla. 2.1. Coordenadas geográficas de los puntos de enlace.

Las estaciones que se han seleccionado poseen vías de acceso adecuadas y constan de servicio de energía eléctrica importante para la energización de los equipos.

La distancia y la dirección entre dos estaciones se calculan utilizando las coordenadas de los sitios involucrados, mediante la fórmula:

$$d = 111,12 \text{ acos} (\text{sen } y_1 \cdot \text{sen } y_2 + \text{cos } y_1 \cdot \text{cos } y_2 \cdot \text{cos}(x_2 - x_1))$$

Donde:

d= distancia de los puntos en kilómetros.

x1= longitud del sitio A en grados.

x2 = longitud del sitio B en grados.

y1= latitud del sitio A en grados.

y2= latitud del sitio B en grados.

Los valores de x son negativos para longitudes al oeste de Greenwich y los valores de y son negativos para latitudes al sur del Ecuador.

Y para la dirección o acimut aplicamos la siguiente fórmula:

$$\angle \theta' = \text{arcCos} \frac{\text{sen } y_1 - \text{sen } y_2 \cdot \text{cos}(0.0089992 \cdot d)}{\text{sen}(0.0089992 \cdot d) \cdot \text{cos } y_1}$$

para $\text{sen}(x_2 - x_1) \geq 0$ entonces : $\angle \theta = \angle \theta'$

para $\text{sen}(x_2 - x_1) < 0$ entonces : $\angle \theta = 360^\circ - \angle \theta'$

Con los datos obtenidos se han tabulado las siguientes tablas.

Enlace	Distancia (Km)
Suc. Myr. Quito - Cruz Loma	5,2
Cruz Loma - Sagatoa (Pilisurco)	107,5
Sagatoa (Pilisurco)- Ambato	10,5
Sagatoa (Pilisurco)- Cerro Capadia	47,5
Cerro Capadia - Ciudad de Guayaquil	137,5

Tabla. 2.2 Distancias de los enlaces.

Estación A	Azimut	Estación B	Azimut
Suc. Myr. Quito	286°	Cerro Cruz Loma	106°
Cerro Cruz Loma	187°	Cerro Sagatoa (Pilisurco)	7°
Cerro Sagatoa (Pilisurco)	15°	Ambato	339°
Cerro Sagatoa (Pilisurco)	54°	Cerro Capadia	234°
Cerro Capadia	231.5°	Ciudad de Guayaquil	51.5°

Tabla. 2.3 Direcciones de cada punto de enlace.

Con estas consideraciones de información se tiene ya lo necesario para realizar un bosquejo del proyecto.



Figura. 2.3. Ubicación geográfica de los puntos de enlace.

CAPITULO III

DISEÑO DE LOS ENLACES

1. INTRODUCCIÓN

Los enlaces se hacen básicamente entre puntos visibles es decir, puntos altos de la topografía. Cualquiera que sea la magnitud del sistema de microondas, para un funcionamiento correcto es necesario que los recorridos entre enlaces tengan una altura libre adecuada para la propagación en toda época del año, tomando en cuenta las variaciones de las condiciones atmosféricas de la región. Para poder calcular las alturas libres debe conocerse la topografía del terreno, así como la altura y ubicación de los obstáculos que puedan existir en el trayecto.

Una vez escogidos los sitios de ubicación propuestos para las torres de las antenas, y habiéndose determinado la elevación del terreno comprendido entre dichos sitios, se prepara un diagrama de perfiles. En la mayoría de los casos solo es necesario los perfiles de los obstáculos y de sus alrededores, donde pueda obstruirse la línea visual.

1.1 Construcción del perfil topográfico

Un perfil topográfico es una vista de un corte seccional a lo largo de una línea sobre un mapa topográfico.

Para construir un perfil topográfico manualmente, se sigue el siguiente procedimiento:

1. Se traza una línea entre los puntos que se desee enlazar directamente sobre el mapa, o también se puede colocar una lámina transparente y sobre ella trazar la línea de unión, se recomienda marcar al menos dos esquinas del mapa para que después se pueda orientar la línea trazada.
2. Se coloca un pedazo de papel en blanco a lo largo de la línea trazada. Para no tener problemas con el movimiento es necesario asegurar este papel con un poco de cinta adhesiva suave al mapa.
3. Se marca sobre el papel blanco los dos puntos extremos de la línea escogida. Debajo de estas marcas se coloca las alturas de los puntos extremos.
4. Se hace una marca donde el papel cruce una curva de nivel, haciendo marcas largas para las curvas de nivel principales y marcas cortas para las curvas de nivel secundarias o intermedias. Se anota las elevaciones de las curvas de nivel principales. Se debe poner atención en el número de curvas de nivel intermedias marcadas, si existieren más de 4, significa que existe un cambio importante en el relieve que puede ser una colina o un valle.

En la información del mapa topográfico bajo la escala gráfica se encuentra la distancia entre curvas, la cual depende de la escala del mapa. Esta distancia se sumara el número de veces necesaria desde la curva principal inicial hasta la curva de nivel secundaria escogida, ese valor será el correspondiente a su altura.

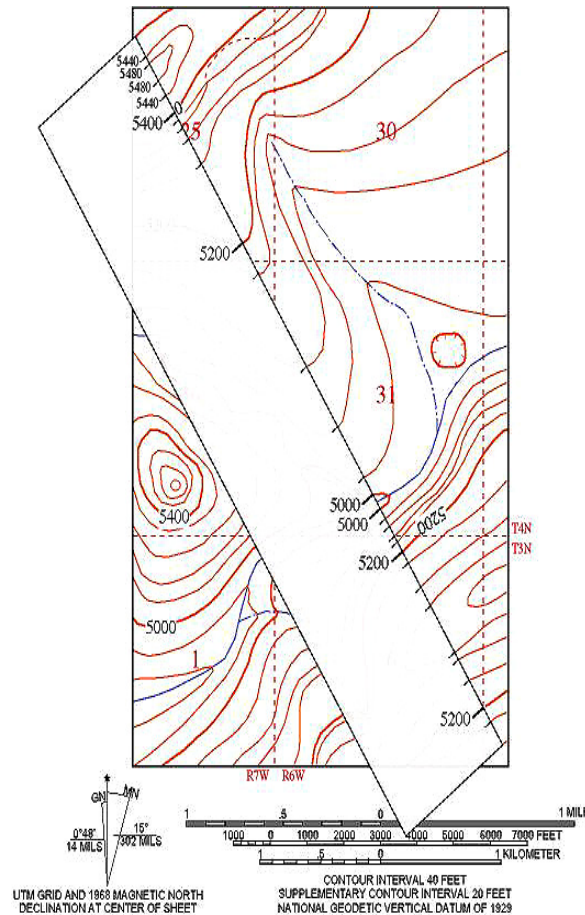


Figura 3.1. Pasos para la construcción de un perfil topográfico

5. Una vez que se ha terminado de marcar todos los puntos y colocado todas las elevaciones, retire el papel del mapa. Tome un papel de gráfico o papel escalado del largo de la línea y coloque la hoja con las marcas en forma horizontal, marque los puntos extremos en la hoja de gráfico.
6. Se dibuja una línea vertical sobre su punto inicial y otro sobre su punto final, estas son los bordes del perfil. Se coloca una escala adecuada para las alturas sobre la primera vertical.
7. Comenzando por el primer punto se ubica la altura con un punto. Se repite este procedimiento con todos los puntos marcados sobre la hoja blanca.

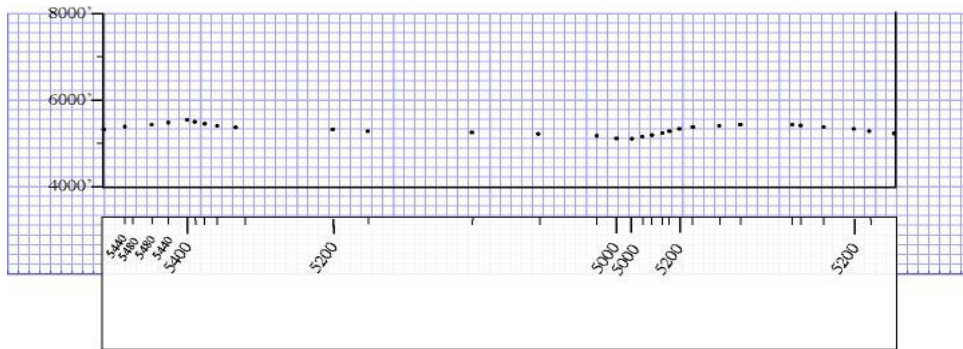


Figura 3.2. Colocación de los puntos para obtener el perfil topográfico

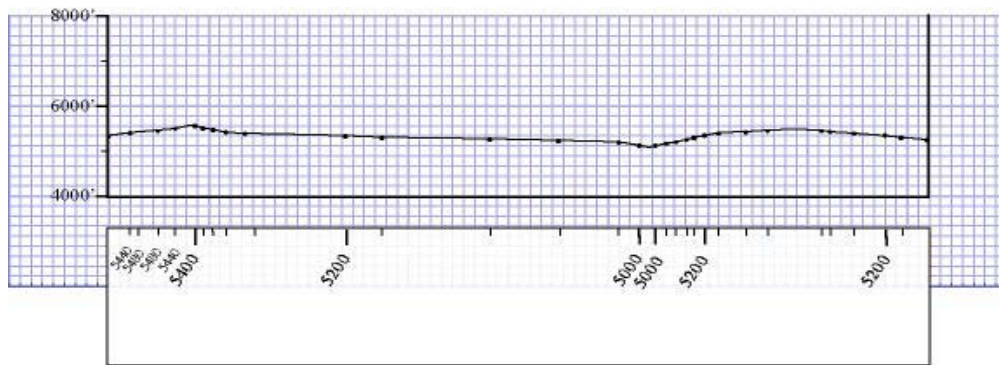


Figura 3.3. Perfil topográfico obtenido

Luego de obtener el perfil topográfico verificamos si existe una adecuada línea de vista y se proceden los siguientes aspectos:

- Propagación radioeléctrica y posibles interferencias con el sistema de comunicación
- Disponibilidad.
- Calidad.

2. PROPAGACIÓN RADIOELÉCTRICA

2.1 Cálculos radioeléctricos

Dentro de un enlace microonda sus cálculos se basan exclusivamente en el nivel de potencia que espera el receptor y el efecto de cada elemento del sistema que lo afecta. A estos efectos se los denomina pérdidas.

Una de las pérdidas que se consideran para los cálculos radioeléctricos es la del espacio libre en la potencia de radiación de la antena transmisora a la cual se expresa en decibelios y puede ser calculada mediante la siguiente fórmula:

$$L = 32.45 + 20 \log d + 20 \log f$$

Donde:

L = Pérdidas en el espacio libre, en decibelios.

d = Distancia entre los extremos del enlace, en Kilómetros.

f = Frecuencia de funcionamiento del sistema, en Megahertz.

Además de la pérdida de propagación se considera la ganancia de las antenas del sistema, las cuales por ser referidas a la del radiador isotrópico, se las expresa en dbi la cuál es dada por su fabricante, pero puede calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$G = 10 \log \eta \frac{4\pi a}{\lambda^2}$$

Donde:

a = Área efectiva de la antena, en metros cuadrados.

η = Eficiencia de la antena.

λ = Longitud de onda correspondiente a la frecuencia de operación, en metros.

Luego de calcular los parámetros señalados anteriormente, podemos calcular el nivel de campo que se puede esperar recibir en el lado del receptor; la potencia de recepción nominal es expresada por la siguiente fórmula:

$$Pr = Pt + Gt + Gr - L - Lt - Lr$$

Donde:

Pr = Potencia recibida medida en dBm.

Pt = Potencia transmitida, que está dada por el equipo que se utiliza como transmisor, medida en dBm.

Gt = ganancia de la antena de transmisión, medida en dBi.

Gr = ganancia de la antena de recepción, medida en dBi.

L = Pérdidas de espacio libre, medida en dB.

Lt = Pérdidas de guía de onda, circuladores, conectores, etc, en el transmisor medidos en dB.

Lr = Pérdidas de guía de onda, circuladores, conectores, etc, en el receptor medidos en dB.

La ganancia de la antena se expresa en la dirección de máxima directividad y es función directa de la frecuencia.

La atenuación de cable coaxial o guía de onda se expresa en dB/100m de longitud y es función directa de la frecuencia de trabajo.

Al obtener el valor de la potencia de recepción nominal debemos tomar en cuenta que está expresada en dBm que es una unidad de intensidad de campo, definido como la relación entre la potencia y un milivatio de la misma, de la siguiente manera:

$$dBm = 10 \log \frac{P}{1mW}$$

2.2. Atenuaciones adicionales

Además de los cálculos mencionados anteriormente es importante considerar otras atenuaciones producidas por la atmósfera en la propagación radioeléctrica como son:

2.2.1 Refracción. Su variación va en función de la altura sobre el nivel del mar, de las condiciones atmosféricas y de la época del año, definiéndose como el cociente entre la velocidad de propagación de la onda radioeléctrica en el vacío y la velocidad de la onda a la altura h en la atmósfera. Expresada de la siguiente manera:

$$n(h) = 1 + a^{-b.h}$$

Donde:

n = es el índice de refracción.

a y b = son constantes que se determinan por métodos estadísticos .

h = es la altura sobre el nivel del mar en Kilómetros.

2.2.2 Difracción. Este factor se origina por el principio de Huygens que determina que cada elemento del frente de la onda produce un frente de onda secundario. Es decir que, a la antena receptora llega señal desde cada punto del frente de onda (señal difractada); entonces existen infinitos caminos que unen las antenas. Como los rayos así difractados recorren un camino más extenso llegan con un cierto retardo que puede producir una interferencia que se suma o se resta de acuerdo con la fase relativa. El efecto queda determinado por una familia de elipsoides de Fresnel con focos en las antenas.

Se denominan zonas de Fresnel a las coronas circulares concéntricas determinadas por los rayos difractados que se suman en fase y en contra fase en forma alternada. Dentro del elipsoide de revolución la primera zona de Fresnel se caracteriza por el radio $F1$ a una determinada distancia de la antena.

El radio de la primera zona de Fresnel es:

$$F_1 = 31.6 \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d}}$$

Donde:

F_1 = Radio de la primera zona de Fresnel medida en metros.

d_1 y d_2 = corresponden a las distancias desde las antenas, medidas en Kilómetros.

λ = Longitud de onda, medida en metros.

Para los radios de las otras zonas de Fresnel utilizamos la siguiente fórmula:

$$F_n = \sqrt{n} \cdot F_1$$

Donde:

F_n = Es el radio de la zona de Fresnel que se desee calcular.

$n = N$ es el número de elipsoide.

F_1 = Radio de la primera zona de Fresnel.

Las zonas pares ($N= 2,4,6$, etc.) tienen una contribución sustractiva de potencia pues el rayo directo y el difractado se suman en contrafase y las zonas impares tienen una contribución aditiva. La potencia de recepción es la suma de todas las contribuciones; las amplitudes de estas contribuciones disminuyen en la medida que se incrementa el orden N .

Las zonas de Fresnel aportan una intensidad de campo proporcional a la superficie de la zona y a un factor de oblicuidad. A causa de este factor el aporte de cada zona disminuye con el orden de la zona. En conjunto el aporte combinado desde la zona dos en adelante es solo la mitad del aporte de la primera zona.

Las zonas de Fresnel y el principio de Huygens es una interpretación teórica que responde a un efecto determinado de las leyes de Maxwell con las condiciones de contorno correspondientes a la presencia de un obstáculo.

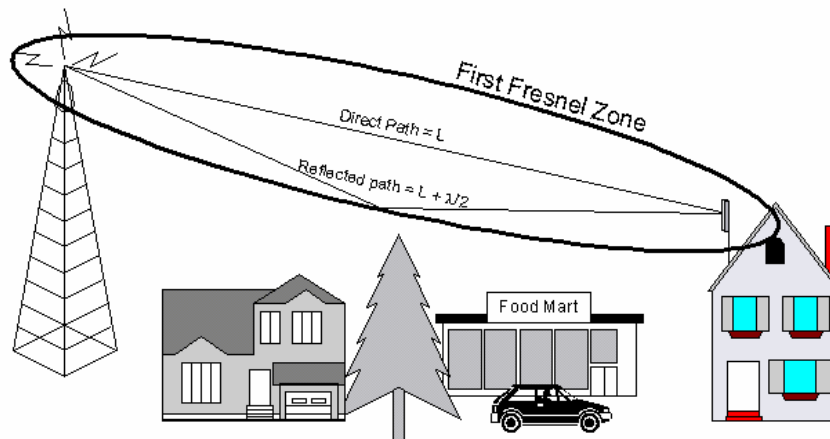


Figura. 3.4. Zonas de Fresnel

2.2.3 Atenuación. Sobre un enlace que posee zonas planas la antena receptora puede recibir un rayo reflejado en el terreno. El mismo puede sumarse con distinta fase sobre el rayo directo y producir atenuación o ganancia. Las variables de este modelo son: la altura de las antenas y el factor K. Otro posible rayo reflejado en la atmósfera genera la teoría de caminos múltiples. Se define el coeficiente de reflexión de un terreno que se encuentra entre 0 (sin reflexión) y -1 (el menos simboliza el desfazaje de 180° por reflexión). Si la superficie del terreno presenta suficientes irregularidades la reflexión es dispersada. Cuanto mayor es la frecuencia del enlace las irregularidades más pequeñas producen dispersión y reducción del coeficiente. La polarización tiene escasa influencia en trayectos sobre tierra. Pero sobre el mar la polarización vertical se comporta mejor que la horizontal.

2.2.4 Factor K. En las frecuencias de microondas generalmente se propagan en línea recta en la forma de un haz dirigido de un punto a otro. Sin embargo, el haz puede desviarse o curvarse hacia la tierra por efecto de la refracción de las ondas en la atmósfera. La magnitud de la curvatura se la denomina como el factor K, mientras este valor disminuye, el horizonte se levanta (protuberancia de la Tierra) y el lugar de reflexión cambia. También

cambia la longitud del camino reflejado y por ello la diferencia de fase entre el rayo directo y reflejado. Esto produce que la potencia de recepción es variable con el factor K.

Puede emplearse un perfil de trayecto dibujado sin mostrar la curvatura de la tierra, y con el haz de microondas en línea recta entre las dos antenas. Dicho perfil representa el caso en el cual la curvatura del haz es igual a la del terreno y el radio de la tierra es infinito. Esta es una de las condiciones extremas que deben investigarse al estudiar el efecto de las condiciones atmosféricas anormales sobre la propagación de las microondas. Sobre el mismo gráfico se dibujan los recorridos del haz para otros posibles valores de K entre ellos el normal que es 4/3. El trazado de las curvas con diversos valores de K se hace con plantillas normalizadas.

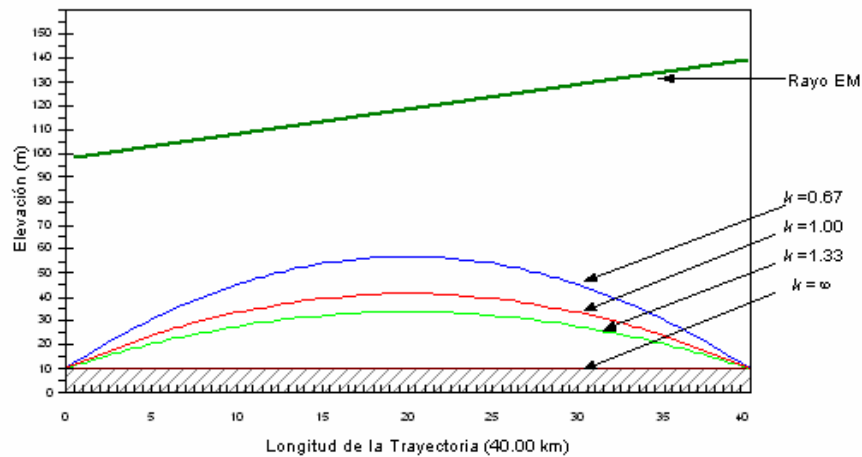


Figura. 3.5. Representación gráfica del factor K

Determinando el perfil del terreno sobre el que se propaga el haz, se estudiará el margen de este, con relación al obstáculo más prominente.

2.2.5 Margen de desvanecimiento (FM). Es la diferencia en dB entre el nivel de la potencia recibida P_r y el nivel mínimo de potencia que asegura una determinada tasa de error BER (denominada potencia umbral del receptor P_u) es:

$$FM = P_r - P_u$$

La potencia umbral del receptor P_u se determina para los umbrales de BER en 10^{-3} y 10^{-6} . A continuación se muestra una referencia o ejemplo donde se indican los valores típicos para evaluar el margen de desvanecimiento.

Sistema	Pt	Pu3	Pu6	Frecuencia
34 Mbps – 4PSK	25 dBm	-83 dBm	- 79 dBm	7/8 Ghz
140Mbps –16 QAM	28 dBm	-75 dBm	- 71 dBm	6 Ghz alta
140Mbps – 64QAM	28 dBm	- 71 dBm	- 67 dBm	6 Ghz baja

Tabla 3.1. Potencia umbral del receptor.

Donde los valores de P_{u3} se asocia con la $BER= 10^{-3}$ y los objetivos de indisponibilidad y calidad inaceptable, mientras que el P_{u6} para $BER= 10^{-6}$ se asocia con la calidad degradada.

El margen de desvanecimiento FM se puede ver reducido debido a la presencia de obstáculos, interferencias y desvanecimiento.

2.2.6 Absorción. Es producida por arboledas cercanas a la antena, gases o hidrometeoros (lluvia, nieve). Para frecuencias superiores a 10 GHz es necesario considerar la atenuación del oxígeno y el vapor de agua.

Por encima de 20 GHz se han de tener en cuenta las estadísticas sobre la densidad de vapor de agua y temperaturas en las proximidades del trayecto

3. DISPONIBILIDAD

La disponibilidad se define como la probabilidad que el sistema se encuentre trabajando satisfactoriamente.

La disponibilidad de los sistemas de radio enlace toman en cuenta principalmente dos tipos de fallas:

Corte por fallas de equipos: La confiabilidad puede definirse como la capacidad de un componente, equipo o sistema de no fallar durante un determinado período de tiempo. Existe una relación matemática entre la confiabilidad de cada una de las partes y componentes y el sistema completo. Esta relación matemática es uno de los métodos conocidos para obtener en forma anticipada la confiabilidad de un equipo aún no instalado.

La confiabilidad distingue tres tipos de periodos de falla:

- Fallas que ocurren al iniciarse el período de vida operativo y que suceden por defectos de producción o de instalación.
- Fallas debidas al desgaste y que dependen del mantenimiento preventivo.
- Fallas aleatorias distribuidas al azar y que no dependen de pruebas o del mantenimiento.

Las fallas aleatorias tienen una distribución uniforme y por ello la confiabilidad responde a una ley exponencial.

Por comodidad se usa la inversa de la tasa de fallas aleatorias denominado MTBF (Mean Time Between Failure) expresado en horas. Para calcular el tiempo medio entre fallas MTBF de un determinado equipo se puede recurrir a una relación matemática o a medir el tiempo en pruebas de laboratorio. En las pruebas se mide el tiempo medio hasta la falla que se define como el tiempo hasta cuando falla el 50% de los componentes probados. En la mayoría de los casos se requiere el tiempo medio hasta la primera falla es decir el MTBF.

Para el cálculo se requiere, además del MTBF de los equipos, el concepto de mantenibilidad. Se define así a la probabilidad de restituir o volver a poner en marcha en un tiempo determinado a un sistema que ha sufrido una falla o interrupción. El tiempo de interrupción comprende el tiempo logístico de movilidad y el tiempo administrativo. Se expresa mediante el tiempo medio de reparación MTTR (Mean Time To Repair) en horas. El valor de MTTR puede reducirse adoptando apropiadas normas de mantenimiento.

Corte por hidrometeoros: Los hidrometeoros como la lluvia, niebla, nieve, granizo, gases y partículas sólidas (polvo y arena) producen atenuación que puede considerarse plana dentro de la banda de microondas del canal transmitido.

El vapor de agua y el oxígeno producen absorción de las ondas milimétricas. El efecto solo puede observarse por encima de los 15GHz.

La niebla y las nubes consisten en partículas de agua líquida suspendidas en el aire. La niebla puede producir atenuaciones importantes solo por encima de los 100GHz. En los 10GHz, el efecto es despreciable, del orden de los 0.00035 dB/Km para 0.005gr/m^3 .

En el caso de la nieve la atenuación es reducida debajo de los 30GHz. El granizo en cambio tiene gran influencia a partir de los 2GHz, pero la probabilidad de ocurrencia es despreciable. En general, la acumulación de nieve y hielo en las antenas tiene más importancia que la presencia de nieve en el trayecto.

Dentro del concepto de disponibilidad usamos un periodo de tiempo de indisponibilidad el cual comienza cuando la tasa de errores en los bits (BER) en cada segundo es peor que 1×10^{-3} durante diez segundos consecutivos. Se considera que estos diez segundos son tiempo de indisponibilidad. Un nuevo período de tiempo de disponibilidad comienza con el primer segundo de período de diez segundos consecutivos cada uno de los cuales tiene un BER mejor que 10^{-3} .

Las empresas industriales que emplean sistemas de telecomunicaciones también hablan de una confiabilidad media del orden de 99.99%, o sea un máximo de 30 segundos de interrupciones por año, en los sistemas de microondas de gran alcance.

Los cálculos estimados y cómputos de interrupciones del servicio por fallas de propagación, emplean procedimientos parcial o totalmente empíricos. Los resultados de

dichos cálculos generalmente se dan como tiempo fuera de servicio (TFS) anual por enlace o porcentaje de confiabilidad por enlace.

La confiabilidad de los enlaces de microonda puede darse según fallas del equipo, aplicándose cálculos de probabilidad.

Los resultados de los cálculos de confiabilidad de los equipos de microondas se expresan como disponibilidad del equipo por enlace que es D.

$$D = TES/TTD$$

Donde:

TES: Es el tiempo de servicio dentro de un periodo determinado

TTD: Es el tiempo total disponible.

Otra manera de calcular la disponibilidad del equipo es considerando el tiempo no disponible que es ND.

Y para calcular ND dividimos el tiempo que consideramos que transcurre desde el instante en que se produce la avería hasta que el equipo ha sido reparado y puesto nuevamente en servicio. Y lo dividimos para el tiempo medio de funcionamiento entre falla, es decir aproximadamente de dos fallas por año (este valor es considerado como base en cualquier sistema de comunicación) teniendo:

$$ND = 5/5000 = 0.001 * 100 = 0.1\%$$

Entonces la disponibilidad sería:

$$D = 1 - 0.001 = 0.999 * 100 = 99.99\%$$

Con este valor de disponibilidad podemos calcular el tiempo fuera de servicio anual del enlace que es:

$$\text{TFS} = 0.001 * 8760 = 8.76 \text{ horas}$$

Donde:

0.001= es el valor de ND calculado anteriormente

8760= es el total de horas por año (24horas *365días)

4. CALIDAD

Debido a la proyección que tienen los equipos de Comunicación Digital, es necesario hacer un análisis adecuado de fallas de estos. Dado que la principal fuente de falla son los errores en la transmisión, que se dan tanto por el trayecto de propagación como por el equipo.

Las instituciones que tienen por objeto el dictar normas dentro de lo que son las Telecomunicaciones, han definido lo que llaman “Modelos de Red”, estas deben cumplir las siguientes condiciones:

- Reflejar físicamente la longitud total de la conexión.
 - Identificar fronteras entre los elementos de conmutación y transmisión.
 - Describir la configuración de acceso usuario-red.
 - Regularmente no dan indicaciones sobre el medio de transmisión
 - Toman en cuenta todos los usos posibles o son independientes de ellos.
 - Reflejan la utilización de elementos de procesamiento digital.
-

Con un modelo de red bajo estas condiciones se puede realizar los estudios relativos a la calidad del funcionamiento, facilitando la formulación de objetivos.

El CCITT ha definido diversas condiciones para los sistemas de comunicación en diferentes velocidades binarias.

De acuerdo con el CCITT Rec. G.821 la calidad de enlaces se divide en 3 grupos:

- **Grado Alto.** Corresponde a la parte del enlace internacional y aquella parte del enlace nacional de alta capacidad. Es el grado más exigente desde el punto de vista de los objetivos.
- **Grado medio.** Corresponde a gran parte del enlace nacional desde el centro local hasta probablemente el centro internacional. La división entre grado medio y alto no se encuentra claramente identificada como un punto de la red de distribución.
- **Grado Local.** Corresponde al enlace entre el usuario y el centro local, es el grado menos exigido por las normas debido a la pobre calidad de la red de distribución

5. RESULTADOS

Los conceptos y cálculos mencionados anteriormente fueron aplicados a los puntos determinados para los enlaces de tipo full duplex (transmisión y recepción de datos simultáneamente), obteniendo los siguientes resultados:

Para la comunicación Guayaquil – Ambato tiene los siguientes enlaces:

ENLACE: MATRIZ GUAYAQUIL - CERRO CAPADIA

SITIO DE TRANSMISIÓN: MATRIZ GUAYAQUIL (P. ICAZA 105 Y PICHINCHA)

LATITUD		02° 11' 18'' SUR
LONGITUD		79° 52' 41'' OESTE
ALTURA DEL SITIO		6 m
ALTURA DE ANTENA		18 m
TIPO DE ANTENA	parareflector	18 dBd
AZIMUT		51.5°

SITIO DE RECEPCIÓN: CERRO CAPADIA

LATITUD		01° 27' 22'' SUR
LONGITUD		78° 57' 10'' OESTE
ALTURA DEL SITIO		4200 m
ALTURA DE ANTENA		15 m
TIPO DE ANTENA	parareflector	18 dBd
AZIMUT		231.5°
DISTANCIA DEL ENLACE		137.50 km
FRECUENCIA DE TRANSMISIÓN		950.00 MHz
UMBRAL DEL RECEPTOR		7.94 Uv
		-95.00 dBm
POTENCIA DE TRANSMISIÓN		1.25 W
		30.97 dBm
GANANCIA DE ANTENA DE TRASMISIÓN		20.14 dBi
PERDIDAS EN ESPACIO LIBRE		134.76 dB
PERDIDAS POR OBSTRUCCIÓN FRESNEL		2.00 dB
GANANCIA DE ANTENA DE RECEPCIÓN		20.14 dBi

PERDIDAS EN LINEA DE TRANSMISIÓN	1.58 dB
PERDIDAS EN LINEA DE RECEPCIÓN	1.35 dB
POTENCIA DE RECEPCIÓN	-68.44 dBm
MARGEN AL UMBRAL DE RECEPTOR	26.56 dB
CONFIABILIDAD DEL SISTEMA	99.99889 %

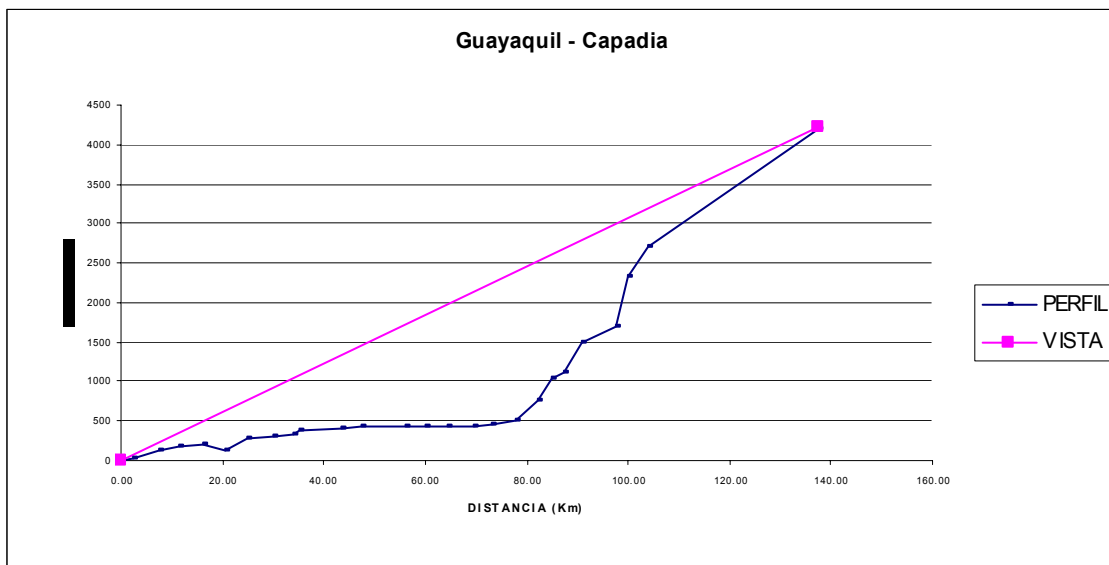


Figura. 3.6. Perfil topográfico del enlace Guayaquil - Capadia

ENLACE: CERRO CAPADIA - CERRO SAGATOA (PILISURCO)**SITIO DE TRANSMISIÓN: CERRO CAPADIA**

LATITUD	01° 27' 22'' SUR
LONGITUD	78° 57' 10'' OESTE
ALTURA DEL SITIO	4200 m
ALTURA DE ANTENA	30 m
TIPO DE ANTENA	parareflector 18 dBd
AZIMUT	54°

SITIO DE RECEPCIÓN: CERRO SAGATOA (PILISURCO)

LATITUD	01° 09' 05'' SUR
LONGITUD	78° 39' 36'' OESTE
ALTURA DEL SITIO	4015 m
ALTURA DE ANTENA	30 m
TIPO DE ANTENA	parareflector 18 dBd
AZIMUT	234°
DISTANCIA DEL ENLACE:	47.50 km
FRECUENCIA DE TRANSMISIÓN:	950.00 MHz
UMBRAL DEL RECEPTOR:	7.94 Uv -95.00 dBm
POTENCIA DE TRANSMISIÓN:	1.25 W 30.97 dBm
GANANCIA DE ANTENA DE TRASMISIÓN:	20.14 dBi
PERDIDAS EN ESPACIO LIBRE:	125.53 dB
PERDIDAS POR OBSTRUCCIÓN FRESNEL:	8.00 dB
GANACIA DE ANTENA DE RECEPCIÓN:	20.14 dBi

PERDIDAS EN LINEA DE TRANSMISIÓN:	1.58 dB
PERDIDAS EN LINEA DE RECEPCIÓN:	1.35 dB
POTENCIA DE RECEPCIÓN:	-65.21 dBm
MARGEN AL UMBRAL DE RECEPTOR:	29.80 dB
CONFIABILIDAD DEL SISTEMA	99.99889 %

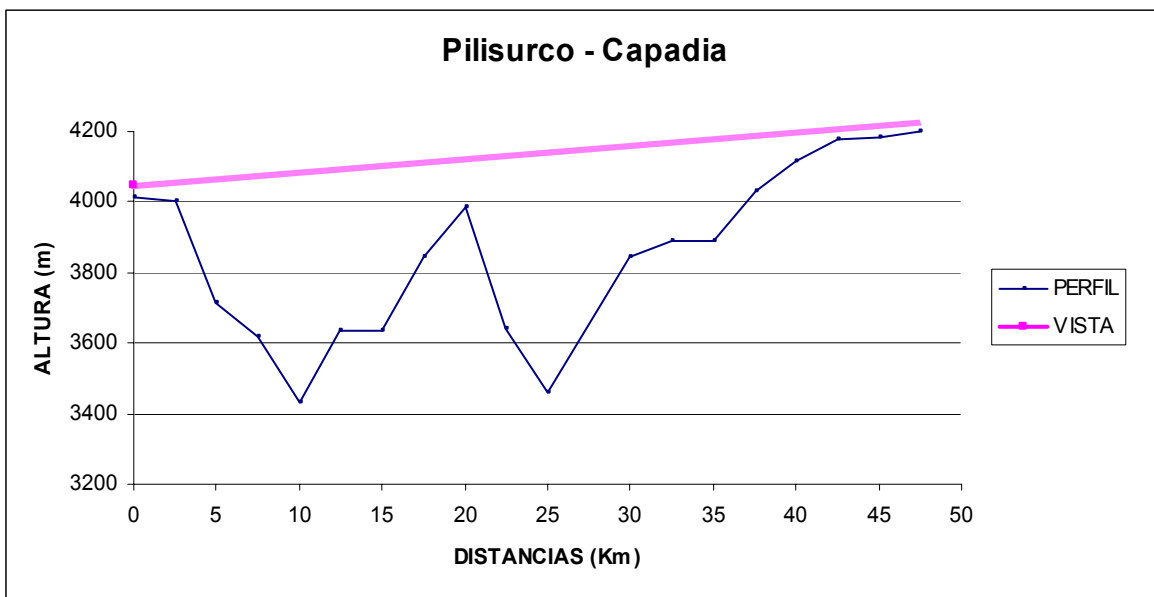


Figura. 3.7. Perfil topográfico del enlace Pilisurco - Capadia

ENLACE: CERRO SAGATOA (PILISURCO) – AMBATO**SITIO DE TRANSMISIÓN: CERRO SAGATOA (PILISURCO)**

LATITUD		01° 09' 05'' SUR
LONGITUD		78° 39' 36'' OESTE
ALTURA DEL SITIO		4015 m
ALTURA DE ANTENA		20 m
TIPO DE ANTENA	yagi	10 dBd
AZIMUT		159°

SITIO DE RECEPCIÓN: AMBATO (SUCRE Y MEJÍA)

LATITUD		01° 15' 45'' SUR
LONGITUD		78° 34' 28'' OESTE
ALTURA DEL SITIO		2590 m
ALTURA DE ANTENA		15 m
TIPO DE ANTENA	yagi	10 dBd
AZIMUT		339°
DISTANCIA DEL ENLACE:		10.50 km
FRECUENCIA DE TRANSMISIÓN:		950.00 MHz
UMBRAL DEL RECEPTOR:		5.62 Uv -98.01 dBm
POTENCIA DE TRANSMISIÓN:		1.25 W 30.97 dBm
GANANCIA DE ANTENA DE TRANSMISIÓN:		12.14 dBi
PERDIDAS EN ESPACIO LIBRE:		112.42 dB
PERDIDAS POR OBSTRUCCIÓN FRESNEL:		0.00 dB
GANANCIA DE ANTENA DE RECEPCIÓN:		12.14 dBi
PERDIDAS EN LINEA DE TRANSMISIÓN:		1.58 dB

PERDIDAS EN LINEA DE RECEPCIÓN:	1.35 dB
POTENCIA DE RECEPCIÓN:	-60.10 dBm
MARGEN AL UMBRAL DE RECEPTOR:	37.91 dB
CONFIABILIDAD DEL SISTEMA	99.99889 %

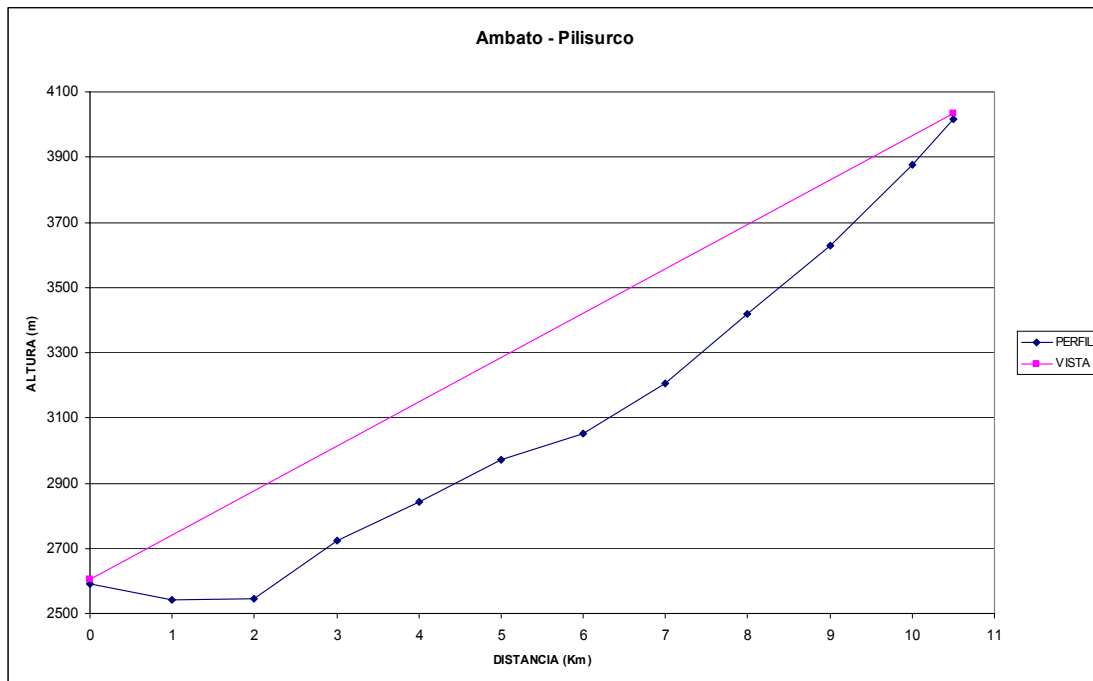


Figura. 3.8. Perfil topográfico del enlace Pilisurco - Ambato

Para la comunicación Guayaquil – Quito tiene los siguientes enlaces:

ENLACE: MATRIZ GUAYAQUIL - CERRO CAPADIA

SITIO DE TRANSMISIÓN: MATRIZ GUAYAQUIL (P. ICAZA 105 Y PICHINCHA)

LATITUD		02° 11' 18'' SUR
LONGITUD		79° 52' 41'' OESTE
ALTURA DEL SITIO		6 m
ALTURA DE ANTENA		18 m
TIPO DE ANTENA	parareflector	18 dBd
AZIMUT		51.5°

SITIO DE RECEPCIÓN: CERRO CAPADIA

LATITUD		01° 27' 22'' SUR
LONGITUD		78° 57' 10'' OESTE
ALTURA DEL SITIO		4200 m
ALTURA DE ANTENA		15 m
TIPO DE ANTENA	parareflector	18 dBd
AZIMUT		231.5°
DISTANCIA DEL ENLACE		137.50 km
FRECUENCIA DE TRANSMISIÓN		950.00 MHz
UMBRAL DEL RECEPTOR		7.94 Uv
		-95.00 dBm
POTENCIA DE TRANSMISIÓN		1.25 W
		30.97 dBm
GANANCIA DE ANTENA DE TRASMISIÓN		20.14 dBi
PERDIDAS EN ESPACIO LIBRE		134.76 dB

PERDIDAS POR OBSTRUCCIÓN FRESNEL	2.00 dB
GANANCIA DE ANTENA DE RECEPCIÓN	20.14 dBi
PERDIDAS EN LINEA DE TRANSMISIÓN	1.58 dB
PERDIDAS EN LINEA DE RECEPCIÓN	1.35 dB
POTENCIA DE RECEPCIÓN	-68.44 dBm
MARGEN AL UMBRAL DE RECEPTOR	26.56 dB
CONFIABILIDAD DEL SISTEMA	99.99889 %

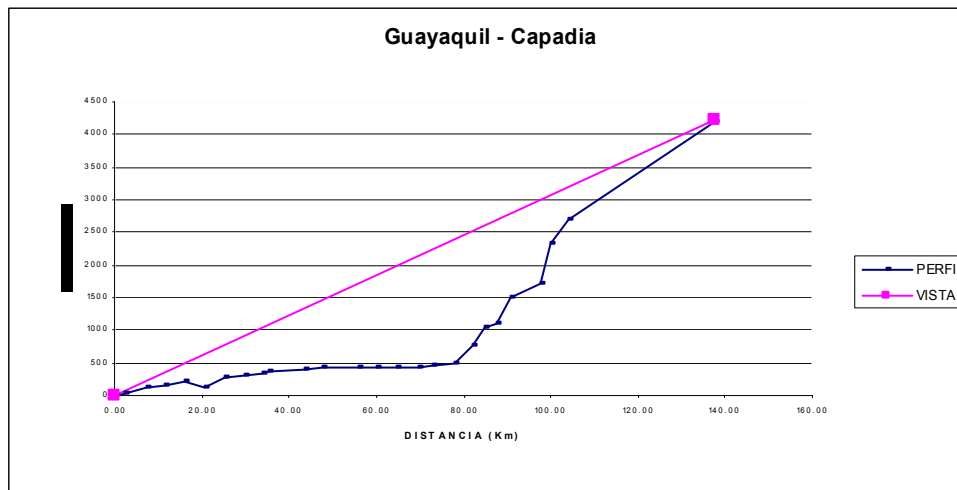


Figura. 3.9. Perfil topográfico del enlace Guayaquil – Capadia

ENLACE: CERRO CAPADIA - CERRO SAGATOA (PILISURCO)**SITIO DE TRANSMISIÓN: CERRO CAPADIA**

LATITUD		01° 27' 22'' SUR
LONGITUD		78° 57' 10'' OESTE
ALTURA DEL SITIO		4200 m
ALTURA DE ANTENA		30 m
TIPO DE ANTENA	parareflector	18 dBd
AZIMUT		54°

SITIO DE RECEPCIÓN: CERRO SAGATOA (PILISURCO)

LATITUD		01° 09' 05'' SUR
LONGITUD		78° 39' 36'' OESTE
ALTURA DEL SITIO		4015 m
ALTURA DE ANTENA		30 m
TIPO DE ANTENA	parareflector	18 dBd
AZIMUT		234°
DISTANCIA DEL ENLACE		47.50 km
FRECUENCIA DE TRANSMISIÓN		950.00 MHz
UMBRAL DEL RECEPTOR		7.94 Uv -95.00 dBm
POTENCIA DE TRANSMISIÓN		1.25 W 30.97 dBm
GANANCIA DE ANTENA DE TRASMISIÓN		20.14 dBi
PERDIDAS EN ESPACIO LIBRE		125.53 dB
PERDIDAS POR OBSTRUCCIÓN FRESNEL		8.00 dB
GANANCIA DE ANTENA DE RECEPCIÓN		20.14 dBi
PERDIDAS EN LINEA DE TRANSMISIÓN		1.58 dB

PERDIDAS EN LINEA DE RECEPCIÓN	1.35 dB
POTENCIA DE RECEPCIÓN	-65.21 dBm
MARGEN AL UMBRAL DE RECEPTOR	29.80 dB
CONFIABILIDAD DEL SISTEMA	99.99889 %

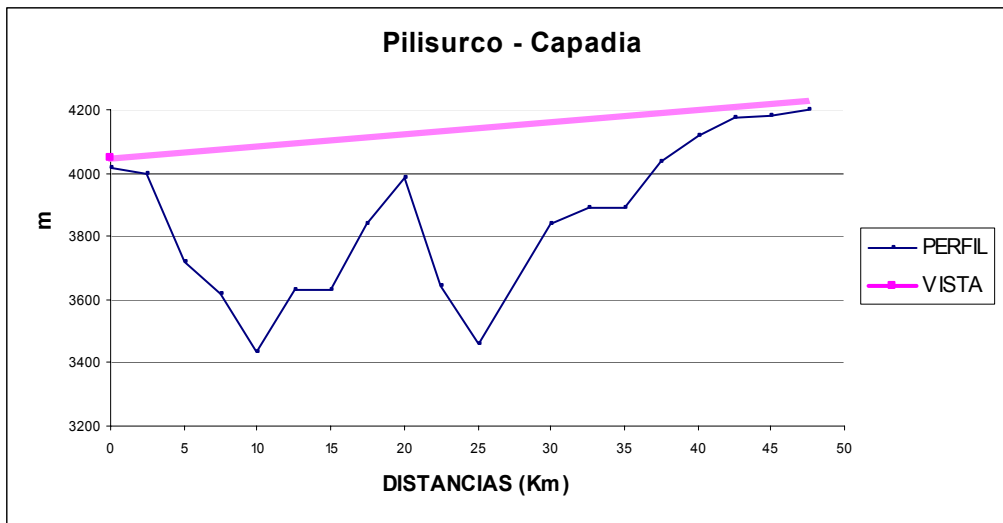


Figura. 3.10. Perfil topográfico del enlace Capadia - Pilisurco

ENLACE: CERRO SAGATOA (PILISURCO) – CERRO CRUZ LOMA**SITIO DE TRANSMISIÓN: CERRO SAGATOA (PILISURCO)**

LATITUD		01° 09' 05'' SUR
LONGITUD		78° 39' 36'' OESTE
ALTURA DEL SITIO		4015 m
ALTURA DE ANTENA		12 m
TIPO DE ANTENA	parareflector	18 dBd
AZIMUT		07°

SITIO DE RECEPCIÓN: CERRO CRUZ LOMA

LATITUD		00° 11' 05'' SUR
LONGITUD		78° 31' 54'' OESTE
ALTURA DEL SITIO		3840 m
ALTURA DE ANTENA		12 m
TIPO DE ANTENA	parareflector	18 dBd
AZIMUT		187°
DISTANCIA DEL ENLACE		107.50 km
FRECUENCIA DE TRANSMISIÓN		950.00 MHz
UMBRAL DEL RECEPTOR		7.94 Uv
		-95.00 dBm
POTENCIA DE TRANSMISIÓN		1.25 W
		30.97 dBm
GANANCIA DE ANTENA DE TRASMISIÓN		20.14 dBi
PERDIDAS EN ESPACIO LIBRE		132.62 dB
PERDIDAS POR OBSTRUCCIÓN FRESNEL		0.00 dB
GANANCIA DE ANTENA DE RECEPCIÓN		20.14 dBi
PERDIDAS EN LINEA DE TRANSMISIÓN		1.58 dB

PERDIDAS EN LINEA DE RECEPCIÓN	1.35 dB
POTENCIA DE RECEPCIÓN	-64.30 dBm
MARGEN AL UMBRAL DE RECEPTOR	30.70dB
CONFIABILIDAD DEL SISTEMA	99.99889 %

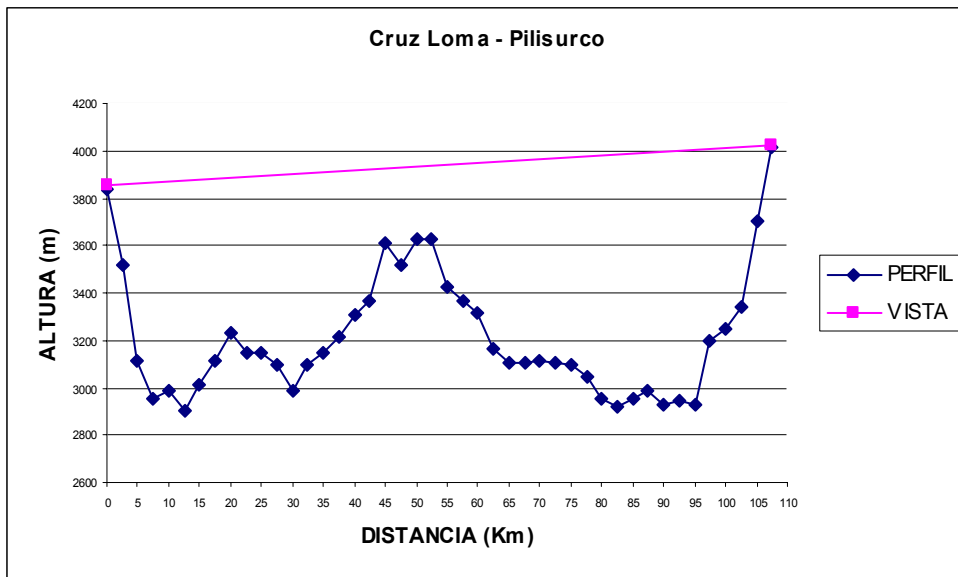


Figura. 3.11. Perfil topográfico del enlace Cruz Loma - Pilisurco

ENLACE: CERRO CRUZ LOMA – SUC. MAYOR QUITO**SITIO DE TRANSMISIÓN: CERRO CRUZ LOMA**

LATITUD		00° 11' 05'' SUR
LONGITUD		78° 31' 54'' OESTE
ALTURA DEL SITIO		3840 m
ALTURA DE ANTENA		18 m
TIPO DE ANTENA	yagi	10 dBd
AZIMUT		106°

SITIO DE RECEPCIÓN: SUC. MAYOR QUITO (COLON Y REINA VICTORIA)

LATITUD		00° 11' 47'' SUR
LONGITUD		78° 29' 20'' OESTE
ALTURA DEL SITIO		2820 m
ALTURA DE ANTENA		30 m
TIPO DE ANTENA	yagi	10 dBd
AZIMUT		286°
DISTANCIA DEL ENLACE		5.20 km
FRECUENCIA DE TRANSMISIÓN		950.00 MHz
UMBRAL DEL RECEPTOR		7.94 Uv
		-95.00 dBm
POTENCIA DE TRANSMISIÓN		1.25 W
		30.97dBm
GANANCIA DE ANTENA DE TRASMISIÓN:		12.14 dBi
PERDIDAS EN ESPACIO LIBRE		106.31 dB
PERDIDAS POR OBSTRUCCIÓN FRESNEL		0.00 dB
GANACIA DE ANTENA DE RECEPCIÓN		12.14 dBi
PERDIDAS EN LINEA DE TRANSMISIÓN		1.58 dB

PERDIDAS EN LINEA DE RECEPCIÓN	1.35 dB
POTENCIA DE RECEPCIÓN	-53.99 dBm
MARGEN AL UMBRAL DE RECEPTOR	41.01 dB
CONFIABILIDAD DEL SISTEMA	99.99889 %

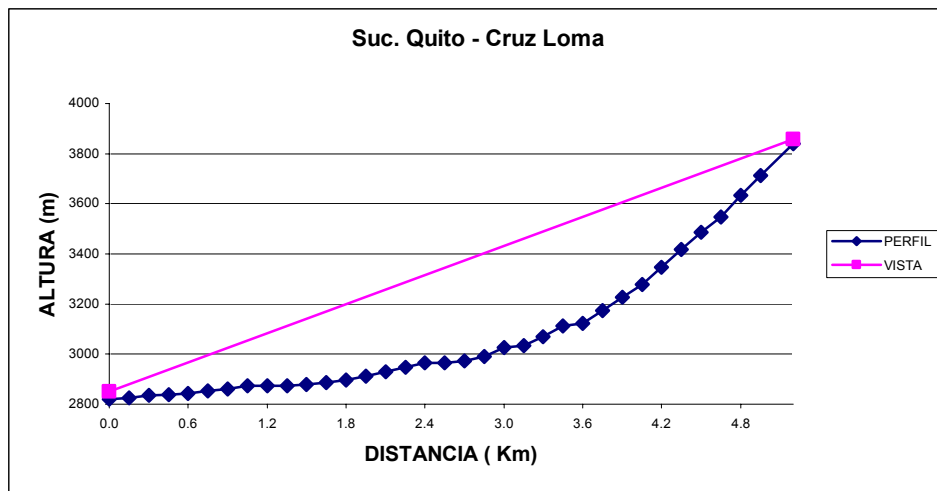


Figura. 3.12. Perfil topográfico del enlace Suc. Quito y Cruz Loma

CAPITULO IV

INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de telecomunicaciones por microondas trabajan en frecuencias ultra elevadas (UHF), y aun más altas, y utilizan un haz radioeléctrico como si fuera un rayo de luz para establecer un enlace punto a punto entre dos estaciones. Debido a que los enlaces de microondas no utilizan cable continuo, pueden cruzar terrenos inhóspitos más fácilmente que las soluciones basadas en cable.

Un radio enlace por microonda esta constituido por estaciones terminales y/o repetidoras intermedias, con equipos, antenas y varios elementos adicionales.

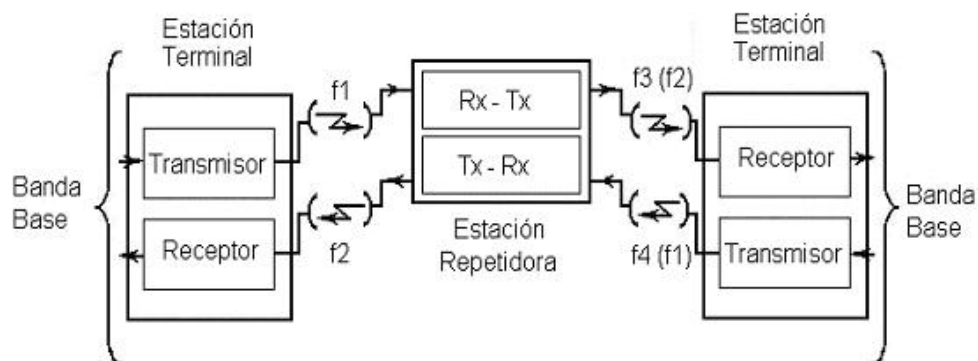


Figura. 4.1. Ejemplo de un enlace microondas.

Los enlaces son estructuralmente sistemas en serie, de tal manera que si uno falla se corta todo el enlace.

Por ello se exige una alta disponibilidad y confiabilidad utilizándose la redundancia de equipos frente a las averías. Esto también implica que es necesario sistemas de supervisión y control.

2. EQUIPOS NECESARIOS

El sistema de transmisión estudiado e implementado se lo ha dividido en:

- Equipos de radios.
- Antenas y sus estructuras de montaje e instalación.
- Sistemas de protección y de alimentación para los equipos.

2.1 Equipos de radios

Para escoger el equipo de radios, se debe tomar en cuenta varios requerimientos y aspectos técnicos que ayudan a un óptimo funcionamiento del sistema diseñado.

Entre estos aspectos hemos considerado los siguientes:

- Topología del enlace: El enlace es punto a punto.
 - La frecuencia de operación: La frecuencia para los enlaces está en el rango de los 900Mhz (UHF).
 - Velocidad de transmisión: El sistema requiere una velocidad de 128 Kbps en transmisión de datos.
 - Modo de transmisión: El modo de transmisión es fullduplex.
 - Confiabilidad del equipo: Es importante escoger un equipo que brinde garantía de funcionamiento por parte de su proveedor.
 - Facilidad de adquisición: Esta consideración es una de las más significativas ya que si el equipo no se lo puede conseguir o demanda mucha inversión puede demorar o anular la implementación del sistema de comunicación.
-

Dentro de los equipos hemos tenido varias opciones que se apegan a los aspectos anteriormente mencionados en lo que detallaremos los siguientes:

- Radio Modem MaxStream modelo X09-009PKC-RA: frecuencia de operación 900 Mhz y una transmisión de datos de 9.6 kbps, conector RS 232/485 .
- ConnexLink es un sistema de comunicación que trabaja en la banda de 2.4 Ghz o 900 Mhz es flexible para aplicaciones en la industria porque usa frequency-hopping con una velocidad máxima de 115.2 Kbps.
- RAN 128/50 y RAN 64/25 son radio utilizadas en las frecuencias UHF, con transmisión de 128 Kbps sincrónicamente.

De los cuales los radio modems escogidos son: RAN 128/50 y RAN 64/25, ya que estos equipos además de obtener las características técnicas especificadas anteriormente, se los pueden adquirir de una manera fácil y económica dentro de nuestro país.

2.1.1 Descripción de los radio modems

RAN 128/50

El equipo RAN 128/50 es un modem digital inalámbrico que puede ser usado para enlaces punto a punto, con un tipo de transmisión full duplex.



Figura. 4.2. Radio Modem RAN 128/50

Usa dos canales de frecuencia, uno de transmisión y otro de recepción con modulación 16QAM que le permiten establecer una comunicación continua, mediante una corriente

constante de información que pasa entre los puntos de enlace como operación de fondo, la misma que permite a la radio recuperar automáticamente la señal cuando esta se ha perdido. Si se pierde el canal de la información de fondo, el sistema de radio entra en modo de reinstrucción. En este modo la radio trata de reestablecerse en un lapso de cuatro segundos, repitiéndose el proceso hasta que la comunicación se establece nuevamente en ambas direcciones.

Esta radio utiliza RTS request to send (petición de envío) sobre la interfaz para realizar el enlace. Para una mejor información se puede ver en el ANEXO B.

RAN 64/25



Figura. 4.3. Radio Modem RAN 64/25

RAN 64/25 es un sistema de comunicación digital e inalámbrica que puede brindar facilidades en un sistema punto a punto, cuando RAN 64/25 es usada en una aplicación punto a punto, opera usualmente transmitiendo y recibiendo simultáneamente es decir en transmisión full duplex y usando modulación 16 QAM. Cuando el sistema RAN 64/25 establece una comunicación, existe una conexión entre dos radios en la cual fluye información lo que permite que estos equipos puedan recuperar automáticamente la señal en caso de perderla, teniendo la información de dirección con la que se puede obtener detalles de la comunicación, siendo posible la supervisión.

Cuando el flujo de información se pierde, la RAN 64/25 entra en un modo de recuperación, en el que la comunicación intentará restablecerse, si no puede lograr pasado un terminado tiempo, repetirá este proceso hasta que la comunicación se establezca en ambas direcciones.

Para una mejor información se puede ver en el ANEXO C.

2.1.2 Características físicas y especificaciones del equipo

En vista de que las características físicas y funcionamiento de los dos radios modems escogidos son similares los hemos detallado en las siguientes tablas, tomando en cuenta que las diferencias entre los dos radios son la velocidad de transmisión de datos y el ancho de banda del canal.

Las especificaciones físicas más importantes están definidas en la siguiente tabla:

Parámetros	Valores
Dimensiones	
Alto	88 mm
Ancho	426 mm
Profundidad	365 mm
Peso	18 lb
Temperatura de operación	0°C - 50°C
Temperatura de almacenamiento	-30°C - +60°C
Humedad relativa	20% - 90%
Altitud de operación	0m - 3000m
Altitud de almacenamiento	0m - 15000m
Requerimientos de alimentación	90 VAC a 264 VAC 50/60 Hz
Alimentación opcional	+/- 24VDC
Frecuencias de operación	400 – 512 MHz 820 – 960Mhz
Separación de frecuencia Tx/Rx	Mínima 3.6 MHz Máxima 76 MHz
Potencia de transmisión	1.25 W
Modulación	16 QAM
Nivel de umbral	Menor a 1×10^{-6} BER
Modo de operación	fullduplex
Reloj	Interno Externo Esclavo

Tabla 4.1. Especificaciones de los Radio Modems

Como habíamos mencionado anteriormente la velocidad de transmisión de datos y el ancho de banda del canal son diferentes lo detallamos en la siguiente tabla:

Radio	Parámetros	Valores
RAN 128/50	Tasa de transmisión de datos asincrónica	Sobre 57.6 kbps
	Tasa de transmisión de datos sincrónica	128 kbps
	Ancho de banda del canal	50 KHz
RAN 64/25	Tasa de transmisión de datos asincrónica	Sobre 19.2 kbps
	Tasa de transmisión de datos sincrónica	64 kbps
	Ancho de banda del canal	25 KHz

Tabla 4.2. Velocidades de transmisión y ancho del canal de los Radio modems

A continuación detallamos los radio modems utilizados en cada una de las estaciones del enlace.

Estación A	Tipo de Radio Pt. (1.25W)	Estación B	Tipo de Radio Pt. (1.25W)
Suc. Myr. Quito	RAN 128/50	Cerro Cruz Loma	RAN 128/50
Cerro Cruz Loma	RAN 128/50	Cerro Pilisurco	RAN 128/50
Cerro Pilisurco	RAN 64/25	Ambato	RAN 64/25
Cerro Pilisurco	RAN 128/50	Cerro Capadia	RAN 128/50
Cerro Capadia	RAN 128/50	Ciudad de Guayaquil	RAN 128/50

Tabla 4.3. Ubicación de los radio modems en las estaciones

2.2 Antenas y sus estructuras de montaje e instalación

El sistema de antena es una parte integral del funcionamiento del modem y consiste de tres componentes:

- Antenas
- Estructura de soporte de la antena
- Cable coaxial

2.2.1 Antenas

En esencia, una antena es un sistema conductor metálico capaz de radiar y recibir ondas electromagnéticas. Una antena se utiliza como la interfase entre un transmisor y el espacio libre o el espacio libre y el receptor. La antena acopla energía de la salida de un transmisor a la atmósfera de la Tierra o de la atmósfera de la Tierra a un receptor. Una antena es un dispositivo recíproco pasivo; pasivo en cuanto a que en realidad no puede amplificar una señal, sin embargo, una antena puede tener ganancia. Sus características de transmisión y recepción son idénticas, excepto donde las corrientes de alimentación al elemento de la antena se limitan a la modificación de patrón de transmisión.

Una antena es un dispositivo formado por un conjunto de conductores que, unido a un generador, permite la emisión de ondas de radio frecuencia, o que, conectado a una impedancia, sirve para captar las ondas emitidas por una fuente lejana para este fin existen diferentes tipos de antenas como:

Antena de cuadro: Es de escasa sensibilidad, formada por una bobina de una o varias espiras arrolladas en un cuadro, cuyo funcionamiento bidireccional la hace útil en radiogoniometría.

Antena de reflector o parabólica: Las antenas reflectoras parabólicas proporcionan una ganancia y una directividad extremadamente altas y son muy populares para los enlaces microondas y el enlace de comunicaciones por satélite. Una antena parabólica se compone de dos partes principales: un reflector parabólico y elemento activo llamado mecanismo de alimentación. En esencia, el mecanismo de alimentación aloja la antena principal (por lo general un dipolo o una tabla de dipolo), que irradia ondas electromagnéticas hacia el reflector. El reflector es un dispositivo pasivo que solo refleja la energía irradiada por el mecanismo de alimentación en una emisión concentrada altamente direccional donde las ondas individuales están todas en fase entre sí.



Figura. 4.4. Antena parabólica

Antena lineal: Es aquella que está constituida por un conductor rectilíneo, generalmente en posición vertical.



Figura. 4.5. Antena tipo lineal

Antena multibanda: Es aquella que permite la recepción de ondas cortas en una amplitud de banda que abarca muy diversas frecuencias.

Dipolo de Media Onda: El dipolo de media onda lineal o dipolo simple es una de las antenas más ampliamente utilizadas en frecuencias arriba de 2MHz. En frecuencias abajo de 2 MHz, la longitud física de una antena de media longitud de onda es prohibitiva. Al dipolo de

media onda se le refiere por lo general como antena de Hertz. Una antena de Hertz es una antena resonante. O sea, es un múltiplo de un cuarto de longitud de onda de largo y de circuito abierto en el extremo más lejano. Las ondas estacionarias de voltaje y de corriente existen a lo largo de una antena resonante. La impedancia varia de un valor máximo en los extremos de aproximadamente 2500 Ω a un valor mínimo en el punto de alimentación de aproximadamente 73 Ω (de los cuales entre 68 y 70 Ω es la impedancia de radiación). El patrón de radiación de espacio libre para un dipolo de media onda depende de la localización horizontal o vertical de la antena con relación a la superficie de la tierra.

Antena Yagi: Es una antena constituida por varios elementos paralelos y coplanarios, directores, activos y reflectores, utilizada ampliamente en la recepción de señales televisivas. Los elementos directores dirigen el campo eléctrico, los activos radian el campo y los reflectores lo reflejan.

Los elementos no activados se denominan parásitos, la antena yagi puede tener varios elementos activos y varios parásitos.

Las distancias de separación entre los elementos son las que proporcionan la óptima ganancia, ya que de otra manera los campos de los elementos interferirían destructivamente entre sí, bajando la ganancia.

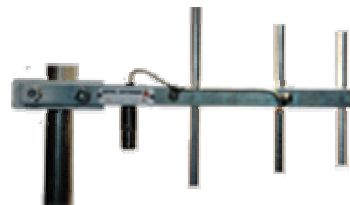


Figura. 4.6. Antena tipo yagi

Antenas de arreglos en fase: Una antena de arreglo de fase es un grupo de antenas que, cuando se conectan, funcionan como una sola antena cuyo ancho de haz y dirección (o sea, patrón de radiación) puede cambiarse electrónicamente sin tener que mover físicamente ninguna de las antenas individuales. La ventaja principal de las antenas de arreglo de fase es

que eliminan la necesidad de girar en forma mecánica los elementos de la antena. En esencia, un arreglo de fase es una antena cuyo patrón de radiación puede ajustarse o cambiarse electrónicamente. La aplicación principal de arreglo de fase es en radares, donde los patrones de radiación deben ser capaces de cambiar rápidamente para seguir un objeto en movimiento.

Después de haber analizado los tipos de antenas y sus aplicaciones hemos considerado que para este sistema de comunicación microonda con topología punto a punto, y por los radio modems seleccionados requerimos de una antena direccional, ya que esta clase de antenas poseen altas ganancias que ayudan a cubrir mayor distancia y llegar al punto de comunicación destino.

A continuación se detalla una lista de antenas recomendadas por el fabricante que podrían ser utilizadas junto con el equipo seleccionado para su correcto funcionamiento.

Fabricante	Modelo	Tipo	Frecuencia de operación (Mhz)	Ganancia en (dB)
Scala	CA7-420	YAGI	406-420	10
Scala	CA7-430	YAGI	420-440	10
Scala	CA7-460	YAGI	450-470	10
Scala	CA7-480	YAGI	470-490	10
Scala	CA7-500	YAGI	490-512	10
Scala	PR-410	Reflector	406-420	16
Scala	PR-460	Reflector	450-470	16
Scala	PR-480	Reflector	470-490	16
Scala	PR-500	Reflector	490-512	16
Scala	TY-900	YAGI	890-960	10
Scala	RY-900	RYAGI	928-960	10
Scala	MF-960	Reflector	820-960	14
Scala	PR-900	Reflector	820-960	14

Tabla 4.4. Antenas que pueden ser usadas con el modem RAN 128/50

De la tabla detallada anteriormente hemos escogido dos tipos de antenas considerando su frecuencia de funcionamiento que concuerda con la del sistema de comunicación a implementar, ganancia, directividad, costo y facilidad de adquisición que son:

Antena tipo yagi modelo TY-900 puede operar en un rango de frecuencia entre 890-960 Mhz y con una ganancia de 10 dB que puede alcanzar distancias de hasta 12Km. Posee una impedancia de 50Ω , una relación frente – espalda mayor a 20 dB (habilidad de la antena direccional de concentrar el lóbulo principal en la dirección requerida), en términos lineales, esta es definida como la relación de la potencia máxima del lóbulo principal para aquella del lóbulo en la dirección contraria. Tiene un peso de 1.4 Kg con dimensiones de 584 x 178 mm. Para mejor información acerca de las características de esta clase de antena se lo presenta en el ANEXO D.

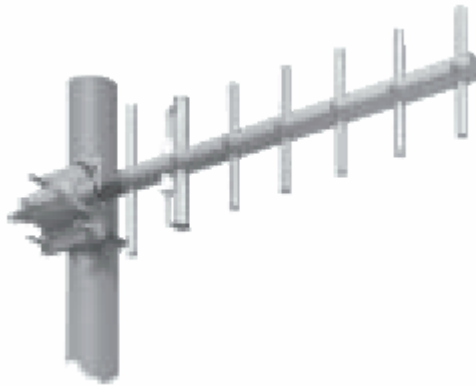


Figura 4.7. Antena yagi TY-900

Y una de tipo parareflector modelo PR-900 con una frecuencia de operación entre 820-960 Mhz y una ganancia de 14 (dB). Para mejor información acerca de las características de esta clase de antena se lo presenta en el ANEXO E.



Figura 4.8. Antena Parareflector PR-900

Estas dos clases de antenas han sido utilizadas de la siguiente manera:

Estación A	Tipo de antena	Estación B	Tipo de antena
Suc. Myr. Quito	YAGI	Cerro Cruz Loma	YAGI
Cerro Cruz Loma	PARAFLECTOR	Cerro Pilisurco	PARAFLECTOR
Cerro Pilisurco	YAGI	Ambato	YAGI
Cerro Pilisurco	PARAFLECTOR	Cerro Capadia	PARAFLECTOR
Cerro Capadia	PARAFLECTOR	Ciudad de Guayaquil	PARAFLECTOR

Tabla 4.5. Estaciones para los enlaces con su respectiva antena

La antena tipo yagi ha sido considerada en los enlaces Quito- Cruz Loma y Sagatoa (Pilisurco) – Ambato, ya que la distancia de los enlaces son pequeñas y esta antena puede cubrirlas eficientemente, además su costo es bajo en comparación con la parareflector seleccionada en los otros enlaces con mayor distancia.

Para la selección adecuada de las antenas también analizamos su patrón de radiación, que es la distribución espacial de la energía radiada, que nos permite analizar su directividad mediante sus polarizaciones horizontal y vertical. Escogiendo la polarización que permita un mayor alcance y directividad máxima.

Teniendo así las dos clases de antenas con las siguientes polarizaciones seleccionadas.

Enlace	Tipo de antena	Polarización
Cruz Loma – Quito	Yagi	Vertical
Sagatoa (Pilisurco) - Ambato	Yagi	Vertical
Cruz Loma – Sagatoa (Pilisurco)	Parareflector	Vertical
Sagatoa (Pilisurco) - Capadia	Parareflector	Vertical
Capadia – Guayquil	Parareflector	Vertical

Tabla 4.6. Antenas seleccionadas para cada enlace y su polarización

En la antena tipo yagi hemos escogido la polarización vertical ya que, su lóbulo principal es más angosto logrando un patrón de radiación altamente direccional sin interferencias o sobre posiciones por medio de los lóbulos secundarios.

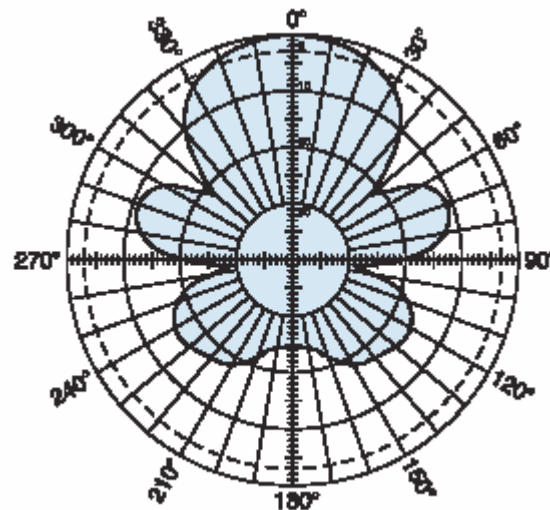


Figura 4.9 Polarización Horizontal de la antena yagi

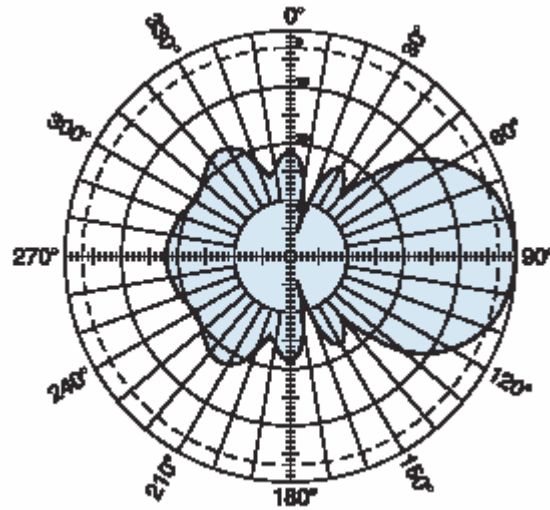


Figura 4.10 Polarización Vertical de la antena yagi

Mientras que para la antena parareflector hemos escogido la polarización vertical ya que sus lóbulos secundarios son mucho menores que en la polarización horizontal.

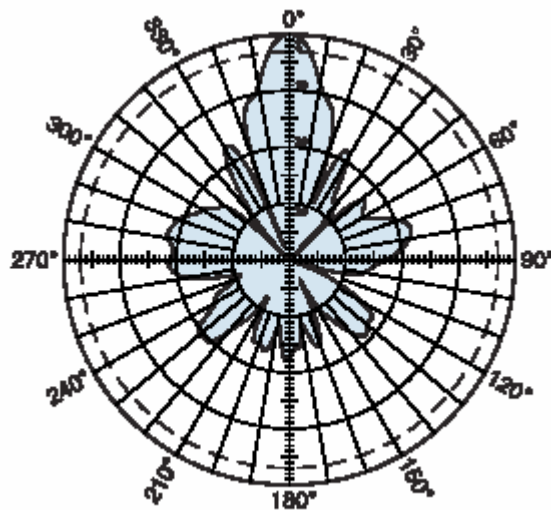


Figura 4.11. Polarización Horizontal de la antena parareflector.

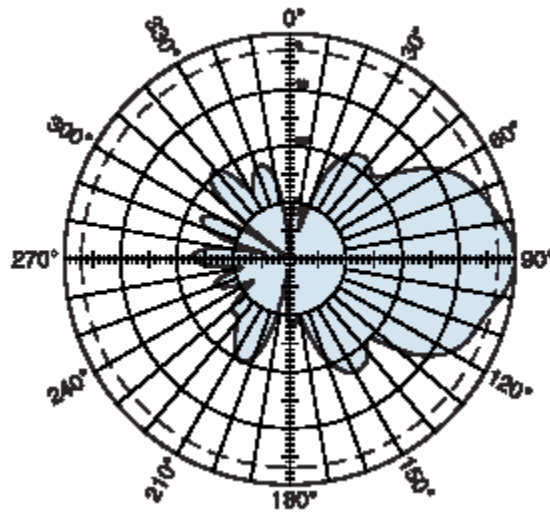


Figura 4.12. Polarización Vertical de la antena parareflector.

2.2.2 Estructura de soporte de la antena

Para establecer el tipo de estructura de las antenas a utilizar tomamos en cuenta los siguientes factores:

- Tipo y peso de la antena.
- Altura de la antena.
- Lugar de instalación
- Factores atmosféricos como: velocidad de viento, intensidad de lluvias y humedad relativa.

La estructura del soporte de una antena puede ser una torre, un mástil o un tipo de estructura pequeña propia de la antena. El soporte de la antena debe ser lo suficientemente alto para dar ala antena la elevación necesaria con una adecuada línea de vista y una zona de Fresnel libre de obstáculos. La mayoría de estas estructuras son ligeras por lo que en su diseño influyen mucho los efectos de los fenómenos atmosféricos como: vientos, lluvia, granizo, etc ya que estos pueden afectar al material de construcción. Debido a su poco peso el sismo es un

elemento que no afecta mucho a estas estructuras. Las estructuras no deben tener techos metálicos, ya que estas pueden causar interferencia en la señal de radiofrecuencia y por lo tanto atenuar la señal de datos.

Una vez dada la ubicación, en donde se tiene un radio de aproximación, se procede a visitar el área y encontrar un lugar adecuado para la instalación de la torre. Si esta área cae sobre una casa, se procede a hacer un levantamiento del inmueble, y verificar su altura, para así saber la altura de la torre a construir. También se debe de revisar que el inmueble este en condiciones óptimas para recibir a la torre. Si el área es un terreno, entonces la torre puede ser autosoportada o tipo monopolo.

Luego debemos analizar el tipo o las cargas que van a soportar las estructuras. Existen varias clases de cargas como:

Carga Muerta: Son las antenas celulares, parábolas, feeders, cama guía de onda, escalera, plataformas triangulares. La carga muerta correspondiente al peso de las antenas se toma directamente de la información proporcionada por el fabricante.

Carga Viva: Es el personal para su instalación que se considera generalmente 300kgs (3 personas de 100kg cada una).

El análisis de fuerzas de viento también se las considera como cargas las cuales se calculan por medio de un análisis dinámico. Las cargas de viento sobre la estructura, se obtienen por medio de fórmulas estipuladas en los reglamentos correspondientes para cada país. En dichas fórmulas se calculan las áreas de exposición de los elementos estructurales, las cuales se multiplican generalmente por otros coeficientes. Pero para calcular las fuerzas de viento sobre las antenas, se podrán calcular a partir de las medidas experimentales tomadas por los fabricantes del equipo.

Los tipos de estructuras pueden variar según las necesidades y las condiciones del sitio en donde se vaya a colocar. Así, existen desde Torres Arriostradas (torres con tirantes), Torres

Auto soportadas, monopolos, mástiles, entre otras, las cuales suelen estar compuestos por perfiles y ángulos de acero unidos por tornillos, pernos o remaches o por medio de soldadura. Estas estructuras podrán ser de diversas alturas, dependiendo de la altura requerida para poder suministrar un correcto funcionamiento.

También la geometría de una estructura, como una torre autoportada por ejemplo, puede variar según el fabricante de la torre. Existen actualmente muchas compañías que se dedican a fabricar estas estructuras y muchas de ellas tienen sus modelos optimizados para que se tenga un correcto funcionamiento de la estructura, en donde los perfiles y ángulos varían de tamaño y espesor dependiendo de la altura de la estructura, y del lugar en donde se va a construir, afectando principalmente la velocidad del viento que exista en el lugar en cuestión.

Torres Arriostradas o de vientos: Muchas veces se requieren instalar antenas en puntos específicos o regiones, por lo que se recurre a construir torres arriostradas sobre edificaciones existentes. Estas torres cuentan generalmente de tirantes o arriostres a diferentes distancias. El peso que genera la torre sobre la estructura existente no es muy grande, por lo que no le adiciona mucho peso a la edificación, sin embargo, se deben de colocar el apoyo de las torre y sus arriostres sobre columnas y elementos resistentes, porque la descarga de la torre no podría colocarse sobre una losa o algún otro elemento inadecuado, porque este podría fallar. Los cables o arriostres generalmente se tensan al 10% de su resistencia, la cual es proporcionada por el fabricante. Así, por ejemplo, si el cable tiene una resistencia a la ruptura de 4.95 Ton en tensión, entonces se acostumbra tensar los cables a 0.495 Ton. También se pueden tensar los cables con diferentes fuerzas, calculando una tensión tal que el sistema este en equilibrio.

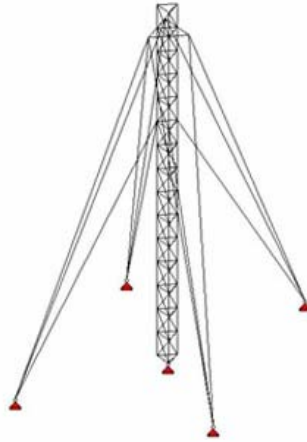


Figura 4.13. Torre atirantada

Cuando al centro de la edificación no se encuentre una columna para poder apoyar la base de la torre, se puede recurrir a la colocación de alguna viga de acero o alguna estructura para que la torre se apoye. Esta estructura podrá ya apoyarse sobre otras columnas de la edificación.

Torres AutoSoportadas: Estas torres se construyen sobre terrenos, en áreas urbanas o cerros, y deberán de contar con una cimentación adecuada para poder resistir las fuerzas a las que están sometidas. La geometría de estas torres depende de la altura, la ubicación y del fabricante de la torre.



Figura 4.14. Torre autoportada

Torres Tipo Monopolo: Estas estructuras son instaladas en lugares en donde se requiere conservar la estética, pues son las que ocupan menos espacio, y se pintan de algún color. Como estas estructuras están sobre terrenos, se deberá construir una cimentación adecuada para resistir.



Figura 4.15. Torre tipo monopolo y su cimentación

Para la construir cualquier tipo de las estructuras antes mencionadas hay que tomar en cuenta que los diferentes fabricantes de las mismas ya tienen sus estándares y progresiones de construcción de 3m, 5m, etc de altura por lo que es recomendable contratar empresas que tengan experiencia en esta clase de productos.

Cuando se trate de mástiles de altura no mayor de 60 m. o torres autosoportadas con cargas por pata de compresión menor de 150 kN o de tracción menores de 100 kN la realización del estudio de suelo queda a juicio del profesional responsable.

En caso de no realizarse los estudios correspondientes se deberá adoptar para el terreno una tensión admisible no mayor de 0.05 MN/m² y un peso específico no mayor de 15 kN/m³ y para el análisis de los anclajes al arranque un valor del ángulo de fricción no mayor de 5°.

Para dar mejor seguridad en las estructuras se usan cables tensados los cuales pueden ser:

Cables cerrados o de cordón torsionado: Estos cables constan de una o varias capas concéntricas de alambres trefilados, colocados helicoidalmente alrededor de un núcleo de acero. La capa exterior forma una superficie continua cerrada. Para evitar la tendencia a la rotación del cable, conviene que el sentido del torsionado en cada capa de alambres, sea diferente.

Cables de varios cordones: pueden disponerse concéntricamente varios cordones alrededor de un núcleo fibroso o de acero, formando así un cable único compuesto de varios cordones. Para restringir las deformaciones, debe usarse el cable con núcleo de acero.

Cable en espiral (cordón torsionado): están formados por capas de alambres redondos, torsionándose por capa, alternativamente, en sentido inverso (torsión derecha o torsión izquierda).

Para la verificación de cables tensados:

Se debe analizar que:

$$N \leq \frac{N_{rr}}{\gamma_c} k_e \quad \text{o cuando no se realizan ensayos}$$

$$N \leq \frac{\sigma_r}{\gamma_c} A_c k_c k_e$$

Donde:

σ_r : Es la resistencia a rotura del acero del cable

A_c : Es el área de la sección metálica del cable

K_c : Es el factor de cableado

k_e : Es el factor de conexión extrema.

γ_c : Es el coeficiente de seguridad del cable.

N_{rr} : la carga de rotura real.

Para la determinación del peso, el núcleo de acero debe considerarse con su sección completa; pero para la determinación de la carga de rotura de cálculo se debe considerar sólo el 50% de la sección del núcleo.

Para nuestra colocación de las antenas hemos escogido las siguientes torres según la estación de los enlaces:

Estación A	Tipo de Torres	Estación B	Tipo de Torres
Suc. Myr. Quito	Arriostrada	Cerro Cruz Loma	Autosoportada
Cerro Cruz Loma	Autosoportada	Cerro Sagatoa	Autosoportada
Cerro Sagatoa	Autosoportada	Ambato	Arriostrada
Cerro Sagatoa	Autosoportada	Cerro Capadia	Autosoportada
Cerro Capadia	Autosoportada	Ciudad de Guayaquil	Arriostrada

Tabla 4.7. Estaciones y sus torres implementadas

En caso de las estaciones ubicadas en los cerros de: Sagatoa (Pilisurco), Capadia y Cruz Loma hemos escogido las autosoportadas, ya que esta clase de torres pueden soportar el tipo de clima y velocidad de viento que se producen en estos cerros mientras que para las

estaciones ubicadas en Quito, Ambato y Guayaquil escogimos las arriostradas o de vientos ya que esta clase de torres son ideales para ubicarlas sobre las edificaciones existentes.

2.2.3 Cable coaxial

El cable coaxial se lo utiliza para transmitir la señal de radiofrecuencia entre el radio modem y la antena. Para escoger el tipo de cable coaxial que necesitamos debemos determinar un estudio de la atenuación de la señal en relación con la longitud del cable, es decir, pérdidas en dB.

Para el radio modem 128/50 el fabricante sugiere los siguientes cables coaxiales según la frecuencia de operación, y pérdidas por longitud de cable.

Tipo de cable	Tamaño	Pérdidas en dB por c/ 100 m	
		450 Mhz	950 Mhz
Andrew LDF7-50 ^a	1-5/8 inch	1.7	2.7
Andrew LDF5-50 ^a	7/8 inch	2.7	4.3
Andrew LDF4-50 ^a	1/2 inch	5.0	7.7
Andrew FSJH-50B	1/2inch flex	7.6	11.7
Belden 9913		7.6	14.8
Belden 9914		11.7	19.7
RG-213/U ^a		15.9	29.2

Tabla 4.8. Cables tipo coaxial para modem RAN 128/50

De la lista recomendada por el fabricante del radio modem hemos escogido a el coaxial Belden 9913, ya que sus dimensiones permiten una fácil manipulación y ofrecen un buen funcionamiento en la frecuencia en la que vamos a trabajar, con una impedancia de 50 Ω que permitirá un adecuado acople con el equipo utilizado y su peso es apto para su instalación desde la antena hacia los radio modems utilizados (RAN 128/50 y RAN 64/25) considerando además sus pérdidas que son mínimas a comparación con la de otros coaxiales.

Como parte de la instalación del equipo para esta clase de sistema de comunicación también necesitamos conectores hembra tipo N para unir el coaxial con el radio y la antena

correspondiente, además de un atenuador RF, los cuales son dispositivos que reducen la potencia de la señal de entrada evitando así daños a los equipos.

2.3 Sistemas de protección y de alimentación para los equipos.

2.3.1 Sistemas de protección

Dentro de los sistemas de protección hemos considerado dos tipos:

- Para las estructuras metálicas que poseen las antenas
- Y para los equipos que componen el enlace

2.3.1.1 Sistema de protección para estructuras metálicas

La protección de estructuras metálicas es muy importante ya que estas son vulnerables al contacto con descargas atmosféricas conocidas como rayos, que son la igualación violenta de cargas de un campo eléctrico que se ha creado entre una nube y la tierra o, entre nubes. Los rayos ocurren con diferentes intensidades, y un sistema que proteja contra su efecto deberá ser diseñado tomando en cuenta los rayos promedio o mayores del área en cuestión. Las descargas no pueden ser detenidas, pero la energía puede ser desviada en una forma controlada.

Un sistema de protección contra esta clase de descargas, es el llamado pararrayos, que se encarga de:

- Capturar el rayo en un punto diseñado para tal propósito
 - Conducir la energía de la descarga a tierra mediante un sistema de cables conductores que transfiere la energía de la descarga mediante trayectorias de baja impedancia y
 - Finalmente disipar la energía en un sistema de terminales (electrodos) en tierra.
-

Cuando la energía de un rayo viaja a través de una trayectoria de gran impedancia, el daño causado puede ser grave por el calor y las fuerzas mecánicas que se crean.

El sistema de protección por medio de un pararrayos lo hemos considerado para las estructuras metálicas o torres colocadas en cada estación del enlace.

Las estructuras de colocación para antenas tienen un gran potencial debido a que estas acumulan grandes y altos pulsos de energía provenientes de rayos directos o de lugares cercanos, la energía de un rayo se la puede disipar lejos de estas mediante la colocación de un pararrayos en la cima de las torres utilizadas o alrededor de ellas.

Este pararrayos se lo conecta a un cable sin protección o sin aislamiento de gran grosor el cual baja hasta su conexión a tierra.

Esta conexión a tierra para nuestro caso se compone de tres barrillas de cobre de 1.80 metros cada una, soldadas entre sí y colocadas a una profundidad de aproximadamente 1 metro si el suelo es de coloración negra, decimos que el suelo es apto para nuestra conexión a tierra y no necesita algún aditivo adicional para mejorar su resistividad mientras que si el terreno es arenoso es recomendable aplicar o preparar capas de carbón y sal en grano para mejorar la resistividad del suelo.

Para la colocación de nuestras conexiones a tierra tenemos que el suelo de Sagatua (Pilismurco), Quito, Ambato y Cruz Loma solo colocamos las barrillas antes mencionadas ya que sus suelos por su coloración negra son de buena resistividad mientras que para Capadua y Guayaquil por poseer un suelo rocoso y arenoso fue necesario adicionar capas de carbón y sal en grano. Esta conexión a tierra debe estar totalmente separada de la conexión a tierra de las líneas de alimentación AC de los equipos.

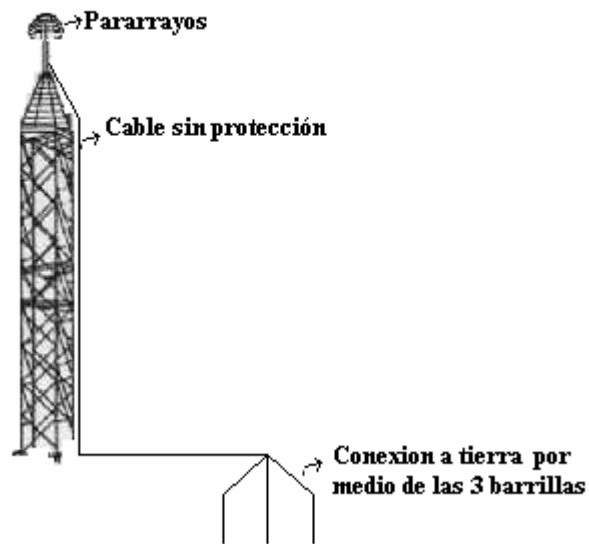


Figura 4.16. Pararrayos y su conexión a tierra

2.3.1.2 Sistema de protección para los equipos que componen el enlace

Para el sistema de protección de los equipos utilizados para el enlace, como los radio modems se componen de una instalación de puesta a tierra y de un UPS.

Conexión a Tierra:

La conexión a tierra de las líneas AC se la hace para prevenir la diferencia de potencial que pueden dañar los equipos dependientes de esta clase de alimentación y se lo hace de la misma forma que la de la estructura metálica mencionada anteriormente para el pararrayos, la cual es conectada luego al tablero de distribución o brekers.

Sistema UPS:

El sistema UPS o Suministro de Energía Ininterrumpible lo utilizamos en nuestro caso para:

- Regular variaciones o sobrecargas en el suministro de energía: Si bien las fuentes de energía buscan proveer un nivel de electricidad constante, ocasionalmente pueden producir sobrecargas en el suministro. Las descargas pueden ser peligrosas para los equipos y se pueden quemar sus fusibles o componentes. Un sistema UPS intercepta una sobrecarga y evita que llegue a un equipo sensible.
- Como fuente de respaldo de energía: Ya si la principal fuente de suministro de energía falla, la batería o baterías integradas al UPS entran en operación inmediatamente y se hacen cargo del suministro de energía faltante.

Suele conectarse un UPS entre la principal fuente de energía y el componente tecnológico. En el mercado actual hay gran cantidad de diseños de UPS y puede llegar a ser confuso determinar que tipo de equipo es el más conveniente para nuestro uso o aplicación para que pueda entregarnos energía con el nivel requerido de calidad y confiabilidad.

Existen dos categorías principales de UPS, llamadas ON-Line y Off-Line, ambos diseños nos proveen de una energía de reserva desde un grupo de baterías cuando la línea de alimentación principal falla, pero difieren en el rango y beneficios que pueden otorgar.

Para seleccionar un UPS se debe tener en cuenta los siguientes factores principales:

- Requerimientos de Potencia (actuales y futuros).
 - Requerimiento de frecuencia: Es decir, que se estima las veces que este va ha ser usado.
 - Tiempo de respaldo requerido: Es decir, por cuanto tiempo va ha estar activo hasta que vuelva el suministro de energía normal.
-

Con las recomendaciones anteriores para poder escoger un UPS nosotros hemos escogido UPS de 1KVA, para la instalación de los equipos en las estaciones de Sagatua (Pilisurco), Capadia y Cruz Loma ya que el consumo de potencia de los equipos y por ser únicos en estas estaciones es menos de 1KVA, mientras que para las estaciones de Guayaquil, Quito y Ambato los equipos están conectados a UPS de 6KVA existentes en las localidades ya mencionadas, que sirve para conectar además de los equipos para el enlace otros necesarios en las sucursales y agencias de estas ciudades.

El UPS de 1KVA escogido es POWERWARE 9 que poseen las dos características principales que especifican su uso que es, el de regular el suministro de energía y de reemplazar temporalmente la misma.

Operación del UPS:

Para entender la operación de un UPS primero debemos saber su composición y funcionamiento.

Este UPS se compone de los siguientes bloques constructivos:


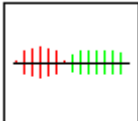
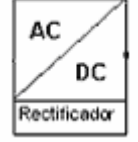
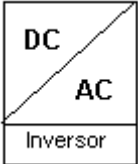
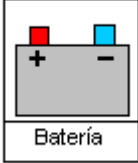
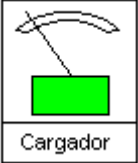


 <p>Entrada</p>	<p>La sección de entrada es la forma en que la tensión de la línea es conectada al UPS por medio de un cable enchufable.</p>
 <p>Filtro</p>	<p>Después de la sección de entrada existe un filtro. Que actúa como una protección contra picos transitorios, interferencias de radio frecuencia, etc.</p>
 <p>Rectificador</p>	<p>El rectificador es parte de la fase del UPS que permite eliminar ruidos y picos de voltaje.</p>
 <p>Inversor</p>	<p>El inversor entrega una salida de onda cuasi- sinusoidal.</p>
 <p>Batería</p>	<p>Las baterías son necesarias para mantener funcionando al UPS cuando la energía de la línea falla o cae demasiado. En nuestro caso usamos baterías de electrolito líquido.</p>
 <p>Cargador</p>	<p>Un circuito cargador es necesario para recargar la batería luego de un corte de energía, y para mantener a la batería a plena carga mientras no está en uso.</p>
 <p>Interruptor</p>	<p>Un UPS usa un interruptor para seleccionar el funcionamiento con corriente AC o la activación de las baterías.</p>

Tabla 4.9. Elementos básicos de un UPS

Modos de funcionamientos:

Modo normal: Durante este modo el indicador ~ está encendido y el panel frontal muestra el porcentaje de la capacidad de carga del UPS que está siendo usado.

Modo Bypass: El indicador ~ y el de batería  están encendidos, es decir la carga es dada por una fuente.

Modo de batería: Es cuando el UPS está trabajando por medio de sus baterías y una alarma se mantiene encendida por 10 segundos. Además el panel del frente del UPS muestra el nivel de la capacidad de las baterías. Y tiene una alarma cuando las baterías no rinden lo suficiente.

Este UPS es un sistema diseñado para mostrar las deficiencias del sistema como: la falta de tierra o conexión a tierra en el toma corriente, baterías descargadas y suspensión del suministro AC.

Instalación de las cabinas de UPS y batería

Para la instalación del UPS y de las baterías se debe seguir el siguiente procedimiento:

1. Se debe colocar el UPS en un lugar cercano al lugar donde se encuentran los equipos a ser protegidos, tomando en cuenta que se necesita un sitio con buena ventilación y que no este expuesto a fuentes de calor continuamente.
 2. Para la instalación de las baterías se lo puede hacer en unas cabinas continuas al UPS tomando en cuenta que no pueden ser mas de tres y que la cabina del UPS debe ir encima de las cabinas de las baterías, la otra opción es un armario separado de la cabina del UPS pero que se encuentre cerca de este, hay que tomar en cuenta que este último facilitará el trabajo con las baterías.
 3. Hay que tomar en cuenta que el armario de las baterías debe ser seguro para evitar posibles accidentes, también hay que verificar que sobre las baterías no se encuentre nada que pueda causar daños.
-

4. Mientras se instalan las baterías, el UPS puede estar en funcionamiento teniendo la precaución que no este operando en modo de batería.
5. Luego de colocar todas las baterías en el armario respectivo se deben hacer las conexiones necesarias entre las baterías.
6. Hay que tomar en cuenta que se debe verificar las conexiones realizadas, para evitar posibles daños en los equipos.
7. Luego de asegurarse que las conexiones estén bien hechas se debe conectar el armario de baterías al UPS, tomando en cuenta que el interruptor debe estar APAGADO.
8. Todos los conectores de la batería se polarizan para prevenir la conexión incorrecta.
9. Para poder conectar el equipo en el UPS se debe asegurar que este APAGADO, con esto se evitará posibles daños. Luego de verificar esto, se puede conectar el equipo a ser protegido.

A continuación el procedimiento para la puesta en marcha del UPS

Puesta en marcha del UPS:

Para poner en marcha el UPS se deben seguir los siguientes pasos:

1. Se prende el equipo que esta conectado en el UPS.
 2. En la parte posterior del UPS se debe enchufar los equipos ha ser protegidos.
 3. Luego realice las conexiones a tierra necesarias siguiendo estándares establecidos.
 4. El UPS realizará el diagnóstico de prueba y entrará en el Modo Normal con el equipo (carga) desconectado. El resto de indicadores se deberán ir encendiendo. La puesta en marcha del equipo debe tomar aproximadamente 15 segundos.
 5. Después hay que presionar y sostener el botón Output hasta que se escuche una señal sonora la cual tardará unos pocos segundos.
-

3. CONEXIONES DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS

Las conexiones de los equipos incluyen además de los ya mencionados anteriormente otros diferentes dispositivos que complementan el sistema de comunicación.

3.1 Conexión de las antenas

Los modems son conectados a sus respectivas antenas con conectores de tipo N detrás de los mismos, como se muestra en la figura:

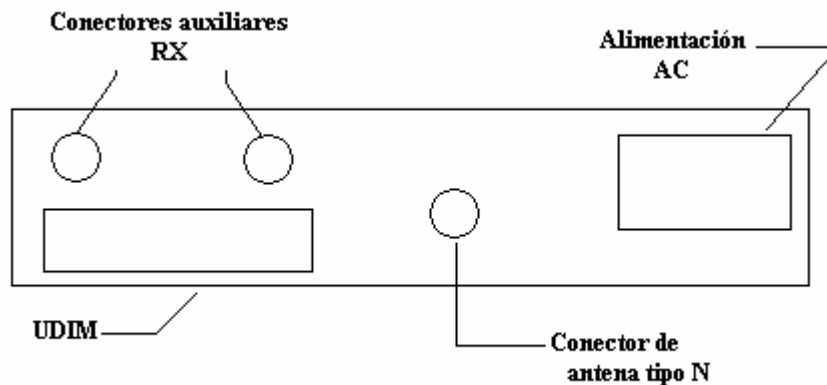


Figura 4. 17. Conexiones auxiliares RX y de antena del radio modem RAN 128/50 y RAN 64/25

Si se utiliza un duplexor es necesario utilizar los conectores auxiliares RX ubicados en la parte de atrás de los equipos.

3.2 Conexión de radios para la transmisión de datos

El puerto de datos UDIM (User Data Interface Module), soporta una velocidad de 128 Kbps sincrónico y 57.6Kbps asincrónico pero como hemos establecido una capacidad de transmisión de 128Kbps vamos a utilizar el sincrónico. Para la conexión de los UDIM depende del tipo de conector que se haya escogido entre el puerto V.35 con un conector Winchester de 34 pines o el V.36 con un conector DB-37.

De los cuales hemos escogido del de V.35 ya que es un puerto más fácil de identificar, conseguir e identificar sus pines con sus respectivas funciones a continuación detallamos los pines del conector tipo V.35 y sus funciones.

Numero de pin	Nombre	Función	Entrada/Salida
1	GND		
4,22	SD (TXD)	Envía dato	Entrada
5,23	ST (TXC)	Envía tiempo	Salida
6,24	RD (RXD)	Recibe dato	Salida
7,25	RS (RTS)	Requerimiento de envío	Entrada
8,26	RT (RXC)	Recibe tiempo	Salida
9,27	CS (CTS)	Limpia para enviar	Salida
11,29	DM (DRS)	Modo dato	Salida
12,30	TR (DTR)	Terminal listo	Entrada
13,31	RR (DCD)	Receptor listo	Salida
17,35	TT (EXT CLK)	Terminal listo	Entrada
19	SG (GND)	Señal de tierra	
20	RC (GND)	Receptor común	
37	SC (GND)	Transmisor común	

Tabla 4.10. Pines y funciones del conector V.35

Después de determinar que tipo de UDIM o interface para el control de datos que vamos a utilizar, procedemos a conectar estos datos a un DTE que en el caso de las estaciones de Guayaquil, Quito y Ambato son routers (IBM 2210) por ser estaciones destino, es decir, los datos son requeridos y manipulados en estas estaciones mientras que para las estaciones de Capadia, Sagatoa y Cruz Loma no es necesario un DTE ya que la transmisión solo es de radio modem a radio modem y los datos no son manipulados en estas estaciones solo transportados hacia su destino final.

Cuando manipulamos a este radio modem para una transmisión asincrónica utilizamos interfaces o puertos para el manejo del canal de transmisión que son RS-232E con un conector DB-9 y el RS-485 usando un conector de tipo RJ-45 los cuales además de detectar la portadora

de datos indica si el DTE esta disponible, pero por haber seleccionado una capacidad de 128Kbps en esta implementación de radio no usaremos el tipo de transmisión asincrónica.

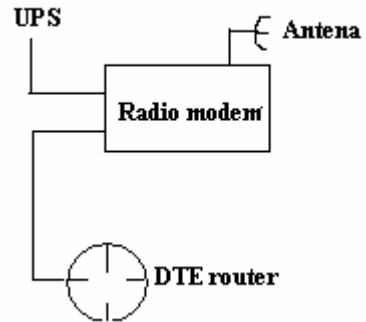


Figura 4. 18. Conexiones del radio modem en una estación terminal

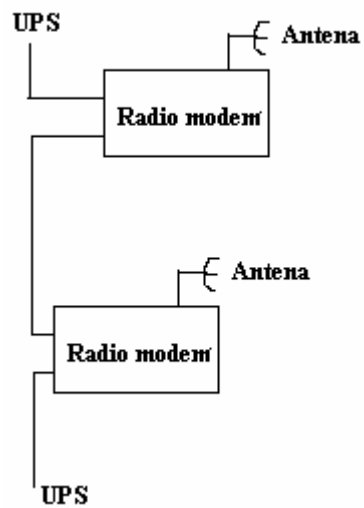


Figura 4. 19. Conexiones del radio modem en una estación intermedia

CAPITULO V

PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA

1. INTRODUCCIÓN

Alcanzar la meta de una comunicación confiable y eficiente va a depender del cumplimiento estricto de los requerimientos, ya propuestos, en la etapa de planificación.

El objetivo de la evaluación es confirmar si el sistema satisface los criterios de calidad a partir de los datos determinados durante el diseño del radioenlace.

2. PRUEBAS PARA DETERMINAR EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

Después de haber concluido los estudios teóricos y haber implementado el sistema de transmisión digital vía microondas, se continuará con la etapa de mediciones para verificar el cumplimiento de los objetivos de calidad.

Para verificar las características de transmisión del sistema y sus elementos, se pueden realizar las siguientes pruebas:

- Medición de la potencia de recepción y verificación de la transmisión de datos
- Prueba de la tasa de bit erróneo BER

2.1 Medición de la potencia de recepción y Verificación de la transmisión de datos

Para la medición de la potencia de recepción necesitamos trabajar en el modo de Loopback Packet Test el cual hace que los equipos mantengan una comunicación mutua de transmisión y recepción de datos entre ellos permitiendo evaluar la transmisión de datos, calidad de la señal y la potencia de recepción en los dos equipos. Esta prueba se la hace entre los equipos ubicados en los extremos de cada enlace.

Para esta prueba utilizaremos los siguientes equipos:

- Dos radio modems conectados a sus respectivas antenas o atenuadores RF.
- Un equipo encargado de simular datos para la transmisión, el mismo que además se encarga de evaluarlos mediante la transmisión entre los dos equipos y mostrar el porcentaje de datos perdidos proporcionalmente a la calidad de la señal y la potencia de recepción.

Esta clase de prueba es importante hacerla entre las radio modems utilizadas en cada uno de los enlaces ya implementados con un plan de frecuencias ya establecidas para cada una, asegurando así la transmisión de datos y su correcto funcionamiento.

Para ejecutar esta prueba se deben seguir los pasos detallados a continuación:

1. Colocamos el simulador de datos en una de las radios, mediante el puerto RS-232 o RS-485 de los radio modems, que en este caso es el RAD HBT un medidor de alta velocidad, el cual emite y evalúa la transmisión de datos, pérdidas de los mismos en un tiempo determinado dando en porcentaje la calidad de la señal.



Figura 5.1 Simulador y analizador de datos RAD HBT

2. Ponemos los radio modems evaluados en el modo de Loopback Packet Test el cual es un lazo lógico entre los radio modem a evaluar. Para empezar el modo de evaluación Loopback Packet Test lo hacemos mediante los siguientes comandos, seleccionados en cada una de las radios:

```
MAIN > ConfStat >LbckCtrl > lbAddr home <Enter>
```

Estos comandos son colocados mediante los botones de flechas y Enter en la parte frontal de los radio modems como se muestra en la figura:

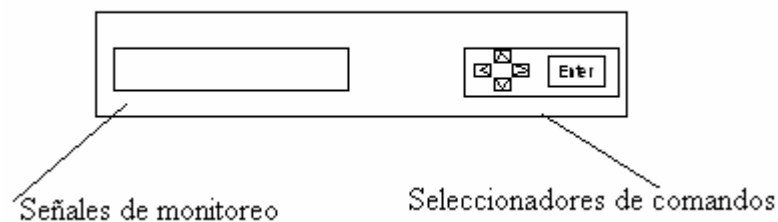


Figura 5.2 Botones seleccionadores de comandos de las radio modems

Existe otro tipo de lazo para evaluar los radio modems que es el lazo físico es decir, conectando directamente los pines de transmisión y recepción del puerto de datos (V.35) entre los dos radio modems, este tipo de lazo es más eficiente ya que evalúa directamente el puerto de datos de los equipos de radio.

Pero en este caso se lo ha hecho solo el lazo lógico ya que los radio modems se encuentran en diferentes puntos y ha grandes distancias.

3. Luego seleccionamos en las radios el tiempo en segundos, por el cual vamos a utilizar este modo de operación para la evaluación de las radios por medio de la opción opSec. Que está dentro de este menú de evaluación, este procedimiento tiene una duración mínima de 1800 segundos, poniendo los siguientes comandos:

```
MAIN > ConfStat > LbckCtrl > opSec 1800 <Enter>
```

4. Esperamos mientras el radio modem y el simulador de datos realizan el test automáticamente hasta cuando el opSec haya llegado a cero.
5. Procedemos a registrar el porcentaje de datos perdidos el cual debe ser mostrado en el equipo simulador de datos. Este porcentaje debe ser menor al 1%.
6. Si el porcentaje de datos perdidos es mayor al 1%, quiere decir que la potencia de recepción es baja y la calidad de la señal a esa frecuencia de operación es baja o saturada por otras señales por lo que se procede a escoger otra frecuencia de operación entre las dos radios y hacer nuevamente el test hasta conseguir un porcentaje de datos perdidos lo más bajo posible.
7. Caso contrario si el porcentaje de datos perdidos es inferior al 1% procedemos a registrar la frecuencia y fijarla para el funcionamiento futuro de las radio modems. Mediante los siguientes comandos:

```
MAIN > radio > RfOpVars > CurrntRf > rxChn1 n <Enter>
```

Y

```
MAIN > radio > RfOpVars > CurrntRf > txChn1 n <Enter>
```


La primera secuencia de comandos permite ingresar la frecuencia de recepción en el radio modem y la segunda secuencia de comandos permite ingresar la frecuencia de transmisión.

8. Después de asegurar la frecuencia de operación en cada una de las radio modems evaluadas procedemos a medir el nivel del AGC (Control Automático de Ganancia) mediante un comando interno de los equipos, seleccionando mediante el menú de la siguiente forma:

MAIN > CompOps > UserOps > netStat <Enter>

El comando netStat muestra la siguiente información en la pantalla del radio modem:

#	Agc	u	A
h	-50	+	+

Donde:

#: Es la dirección del radio modem “home”

agc: Es el control automático de ganancia el cual muestra el valor de la potencia de recepción y lo muestra en dBms.

u: Muestra el estado de alarma de uso del usuario.

A: Es un indicador que muestra que los estados de alarma están activados.

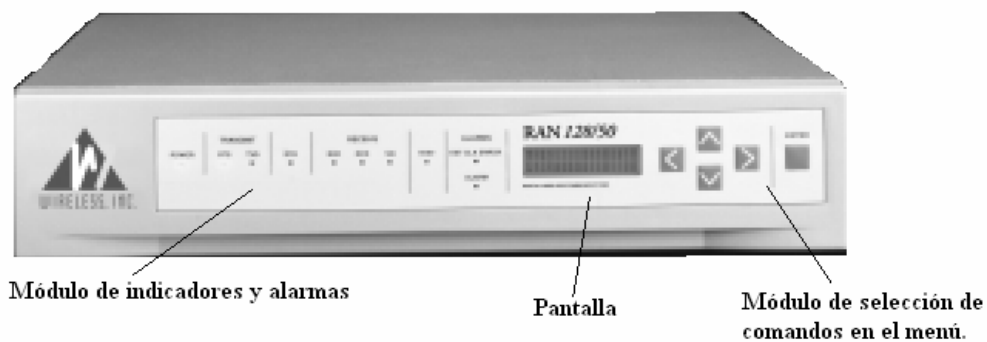


Figura 5.3 Especificación de la parte frontal del radio modem RAN 128/50 y RAN 64/25

9. Si la unidad AGC muestra un valor potencia de recepción entre -60 a -70 dBms quiere decir que hemos escogido bien la frecuencia de operación, pero si es entre -80 dBms a -90 dBms nuestra potencia de recepción no es buena.

2.2 Prueba de la tasa de bit erróneo BER

Esta prueba se la realiza luego de verificar la potencia de recepción de cada radio modem ya que es un respaldo para asegurarnos de que la transmisión de datos va ha realizarse de manera óptima. Como sabemos el BER es la tasa de errores de transmisión. Es la relación entre el número de bits erróneos recibidos y el número total de bits recibidos, es decir si por ejemplo tenemos un BER de 5×10^{-6} decimos que de cada millón de bits que se reciben 5 son erróneos.

Para esta prueba es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Poner a las radio modem en el estado llamado End-to End Bit Error Rate Test mediante los siguientes comandos:

```
MAIN > ConfStat > LbckCtrl > lbMd 1 <Enter>
```

Y

```
MAIN > ConfStat > LbckCtrl > opMd 1 <Enter>
```

2. Instalar un equipo de evaluación de BER externo en el puerto RS-232 o RS-485 del radio modem, que en este caso es el RAD HBT usado anteriormente.
3. Colocar el tiempo de evaluación.
4. Inicializar el proceso de transmisión en las radio modems.

5. Visualizar la información y los valores del BER en el instrumento de medida.
6. Verificar y asegurarse de que el valor del BER sea menor a 1×10^{-6} .

Esta prueba se la puede realizar también mediante un comando interno del radio modem de la siguiente manera:

1. Colocamos los comandos de netStat que permiten ver al usuario la tasa de transmisión de bits erróneos.

```
MAIN > CompOps > UserOps > netStat <Enter>
```

2. Luego colocamos los siguientes comandos para que las radio modems vuelvan a su estado normal de funcionamiento:

```
MAIN > ConfStat > LbckCtrl > opMd 0 <Enter>
```

```
Y
```

```
MAIN > ConfStat > LbckCtrl > opMd 3 <Enter>
```

3. RESULTADOS

3.1 Consideraciones antes de realizar las pruebas

Como hemos mencionado anteriormente para realizar las pruebas anteriores debemos haber hecho un plan de frecuencias nominales primeramente, para ir cambiando las frecuencias según el resultado de las pruebas realizadas.

Para determinar las posibles frecuencias de operación primero debemos tomarlas en el rango de las frecuencias que pueden funcionar en el equipo que son de: 820 a 960Mhz y el rango de frecuencias asignadas por Senatel que son de: 928 Mhz a 960Mhz, con estos dos puntos anteriores hemos asignado teóricamente las siguientes frecuencias.

Para la comunicación de Guayaquil – Quito tenemos el siguiente esquema de comunicación con las siguientes frecuencias nominales (consideradas para iniciar las pruebas de transmisión) en cada equipo:

Enlace 1	Ciudad de Guayaquil	Cerro Capadia	Cerro Capadia	Ciudad de Guayaquil
	Frecuencia de Tx: 953.45Mhz	Frecuencia de Rx: 953.45Mhz	Frecuencia de Tx: 932.65Mhz	Frecuencia de Rx: 932.65Mhz
Enlace 2	Cerro Capadia	Cerro Pilisurco	Cerro Pilisurco	Cerro Capadia
	Frecuencia de Tx: 953.45Mhz	Frecuencia de Rx: 953.45Mhz	Frecuencia de Tx: 932.65Mhz	Frecuencia de Rx: 932.65Mhz
Enlace 3	Cerro Pilisurco	Cruz Loma	Cruz Loma	Cerro Pilisurco
	Frecuencia de Tx: 953.45Mhz	Frecuencia de Rx: 953.45Mhz	Frecuencia de Tx: 932.65Mhz	Frecuencia de Rx: 932.65Mhz
Enlace 4	Cruz Loma	Ciudad de Quito	Ciudad de Quito	Cruz Loma
	Frecuencia de Tx: 953.45Mhz	Frecuencia de Rx: 953.45Mhz	Frecuencia de Tx: 932.65Mhz	Frecuencia de Rx: 932.65Mhz

Tabla 5.1 Plan de frecuencias para la comunicación Guayaquil – Quito

Tomando en cuenta que estas frecuencias han sido puestas solo para empezar la etapa de pruebas y encontrar las frecuencias definitivas que permitan funcionar correctamente a los radio modems.

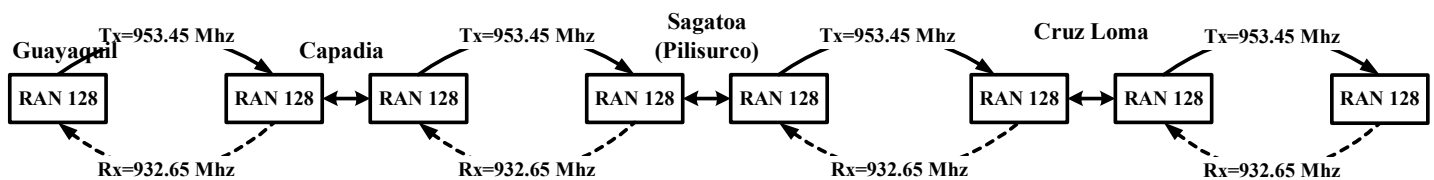


Figura 5.4 Frecuencias de transmisión y recepción teóricas en la comunicación Guayaquil -Quito

Para la comunicación de Guayaquil – Ambato hemos considerado las siguientes frecuencias teóricas en cada enlace:

Enlace 1	Ciudad de Guayaquil	Cerro Capadia	Cerro Capadia	Ciudad de Guayaquil
	Frecuencia de Tx: 957.05Mhz	Frecuencia de Rx: 957.05Mhz	Frecuencia de Tx: 929.05 Mhz	Frecuencia de Rx: 929.05 Mhz
Enlace 2	Cerro Capadia	Cerro Pilisurco	Cerro Pilisurco	Cerro Capadia
	Frecuencia de Tx: 957.05Mhz	Frecuencia de Rx: 957.05Mhz	Frecuencia de Tx: 929.05 Mhz	Frecuencia de Rx: 929.05 Mhz
Enlace 3	Cerro Pilisurco	Ambato	Ambato	Cerro Pilisurco
	Frecuencia de Tx: 957.05Mhz	Frecuencia de Rx: 957.05Mhz	Frecuencia de Tx: 929.05 Mhz	Frecuencia de Rx: 929.05 Mhz

Tabla 5.2 Plan de frecuencias para la comunicación Guayaquil – Ambato

Los pares de frecuencias pueden ser separados por 3.6 Mhz o 9Mhz, por lo que inicialmente hemos puesto a las frecuencias en cada radio separadas por 3.6 Mhz.

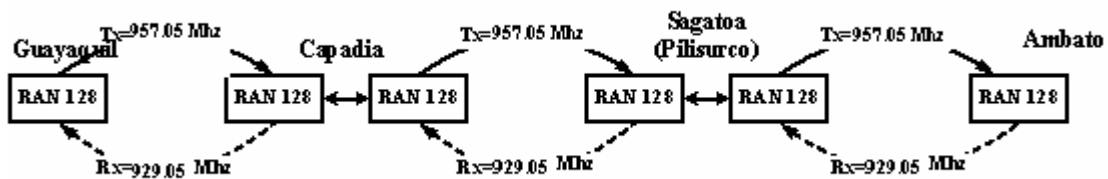


Figura 5.5 Frecuencias de transmisión y recepción teóricas en la comunicación Guayaquil -Ambato

3.2 Resultados en la medición de potencias de recepción.

Para las medidas de las potencias de recepción de los equipos empezamos evaluando en el siguiente orden de comunicación:

Enlace	
Ciudad de Guayaquil	Ciudad de Ambato
Ciudad de Guayaquil	Ciudad de Quito

Tabla 5.3 Orden de los enlaces para ser evaluados

Para la comunicación entre la ciudad de Guayaquil y Ambato, tenemos los siguientes enlaces:

Ciudad de Guayaquil - Cerro Capadia

Cerro Capadia - Cerro Pilisurco

Cerro Pilisurco – Ambato

Considerando que para la comunicación de los enlaces se necesita un radio modem por cada punto que lo conforman, que permita su comunicación de tipo full duplex y fijando las frecuencias ya mencionadas anteriormente en el enlace, en el enlace Ciudad de Guayaquil - Cerro Capadia, obtuvimos la potencia de recepción en cada radio modem, mediante el muestreo del valor AGC con los siguientes resultados:

Punto o estación de medición	Potencia de recepción equivalente
Ciudad de Guayaquil	-75 dBm
Cerro Capadia	-75 dBm

Tabla 5.4 Resultados obtenidos en el enlace Guayaquil - Capadia

Para el enlace Cerro Capadia - Cerro Pilisurco obtuvimos los siguientes resultados:

Punto o estación de medición	Potencia de recepción equivalente
Cerro Capadia	-80 dBm
Cerro Pilisurco	-80 dBm

Tabla 5.5 Resultados obtenidos en el enlace Capadia – Pilisurco

Para el enlace Cerro Pilisurco – Ciudad de Ambato obtuvimos los siguientes resultados:

Punto o estación de medición	Potencia de recepción equivalente
Cerro Pilisurco	-75 dBm
Ciudad de Ambato	-75 dBm

Tabla 5.6 Resultados obtenidos en el enlace Pilisurco - Ambato

Debido a que los resultados obtenidos de la potencia de recepción en cada radio no han sido satisfactorias hemos ido variando la frecuencia cada 0.15 Mhz hasta conseguir una frecuencia que permita obtener una buena señal.

Obteniendo los siguientes resultados:

Punto o estación de medición	Potencia de recepción equivalente
Ciudad de Guayaquil	-65 dBm
Cerro Capadia	-65 dBm

Tabla 5.7 Resultados obtenidos luego de variar las frecuencias en el enlace Guayaquil - Capadia

Para el enlace Cerro Capadia - Cerro Pilisurco obtuvimos los siguientes resultados:

Punto o estación de medición	Potencia de recepción equivalente
Cerro Capadia	-60 dBm
Cerro Pilisurco	-60 dBm

Tabla 5.8 Resultados obtenidos luego de variar las frecuencias en el enlace Capadia – Pilisurco

Para el enlace Cerro Pilisurco – Ciudad de Ambato obtuvimos los siguientes resultados:

Punto o estación de medición	Potencia de recepción equivalente
Cerro Pilisurco	-60 dBm
Ciudad de Ambato	-60 dBm

Tabla 5.9 Resultados obtenidos luego de variar las frecuencias en el enlace Pilisurco – Ambato

Y para la comunicación de Guayaquil – Quito tenemos los siguientes enlaces:

Ciudad de Guayaquil - Cerro Capadia

Cerro Capadia - Cerro Pilisurco

Cerro Pilisurco – Cruz Loma

Cruz Loma – Ciudad de Quito

Considerando que para cada uno de estos enlaces se necesita un radio modem diferente a los mencionados anteriormente, que permita su comunicación de tipo full duplex y fijando las frecuencias ya mencionadas anteriormente, en el enlace Ciudad de Guayaquil - Cerro Capadia, obtuvimos la potencia de recepción en cada radio modem, mediante el muestreo del valor AGC con los siguientes resultados:

Punto o estación de medición	Potencia de recepción equivalente
Ciudad de Guayaquil	-75 dBm
Cerro Capadia	-75 dBm

Tabla 5.10 Resultados obtenidos en el enlace Guayaquil - Capadia

Para el enlace Cerro Capadia - Cerro Pilisurco obtuvimos los siguientes resultados:

Punto o estación de medición	Potencia de recepción equivalente
Cerro Capadia	-75 dBm
Cerro Pilisurco	-75 dBm

Tabla 5.11 Resultados obtenidos en el enlace Capadia - Pilisurco

Para el enlace Cerro Pilisurco – Cruz Loma obtuvimos los siguientes resultados:

Punto o estación de medición	Potencia de recepción equivalente
Cerro Pilisurco	-75 dBm
Cruz Loma	-75 dBm

Tabla 5.12 Resultados obtenidos en el enlace Pilisurco – Cruz Loma

Para el enlace Cruz Loma – Ciudad de Quito obtuvimos los siguientes resultados:

Punto o estación de medición	Potencia de recepción equivalente
Cruz Loma	-75 dBm
Quito	-75 dBm

Tabla 5.13 Resultados obtenidos en el enlace Cruz Loma - Quito

Debido a que los resultados obtenidos de la potencia de recepción en cada radio no han sido satisfactorias hemos ido variando la frecuencia cada 0.15 Mhz hasta conseguir una frecuencia que permita obtener una buena señal.

Obteniendo los siguientes resultados:

Punto o estación de medición	Potencia de recepción equivalente
Ciudad de Guayaquil	-60 dBm
Cerro Capadia	-60 dBm

Tabla 5.14 Resultados obtenidos en el enlace Guayaquil - Capadia

Para el enlace Cerro Capadia - Cerro Pilisurco obtuvimos los siguientes resultados:

Punto o estación de medición	Potencia de recepción equivalente
Cerro Capadia	-60 dBm
Cerro Pilisurco	-60 dBm

Tabla 5.15 Resultados obtenidos en el enlace Capadia – Pilisurco

Para el enlace Cerro Pilisurco – Cruz Loma obtuvimos los siguientes resultados:

Punto o estación de medición	Potencia de recepción equivalente
Cerro Pilisurco	-65 dBm
Cruz Loma	-65 dBm

Tabla 5.16 Resultados obtenidos en el enlace Pilisurco – Cruz Loma

Para el enlace Cruz Loma – Ciudad de Quito obtuvimos los siguientes resultados:

Punto o estación de medición	Potencia de recepción equivalente
Cruz Loma	-65 dBm
Quito	-65 dBm

Tabla 5.17 Resultados obtenidos en el enlace Cruz Loma - Quito

Dejando de la siguiente manera distribuidas las frecuencias en cada radio tanto de transmisión como de recepción en la comunicación entre: Guayaquil – Quito:

Enlace 1	Ciudad de Guayaquil	Cerro Capadia	Cerro Capadia	Ciudad de Guayaquil
	Frecuencia de Tx: 953.15 Mhz	Frecuencia de Rx: 953.15 Mhz	Frecuencia de Tx: 931.45 Mhz	Frecuencia de Rx: 931.45 Mhz
Enlace 2	Cerro Capadia	Cerro Pilisurco	Cerro Pilisurco	Cerro Capadia
	Frecuencia de Tx: 953.05 Mhz	Frecuencia de Rx: 953.05 Mhz	Frecuencia de Tx: 935.05 Mhz	Frecuencia de Rx: 935.05 Mhz
Enlace 3	Cerro Pilisurco	Cruz Loma	Cruz Loma	Cerro Pilisurco
	Frecuencia de Tx: 951.15 Mhz	Frecuencia de Rx: 951.15 Mhz	Frecuencia de Tx: 931.15Mhz	Frecuencia de Rx: 931.15Mhz
Enlace 4	Cruz Loma	Ciudad de Quito	Ciudad de Quito	Cruz Loma
	Frecuencia de Tx: 949.05 Mhz	Frecuencia de Rx: 949.05 Mhz	Frecuencia de Tx: 935.05Mhz	Frecuencia de Rx: 935.05Mhz

Tabla 5.18 Frecuencias fijadas según la potencia de recepción en la comunicación Guayaquil - Quito

Comunicación Guayaquil – Ambato:

Enlace 1	Ciudad de Guayaquil	Cerro Capadia	Cerro Capadia	Ciudad de Guayaquil
	Frecuencia de Tx: 956.75 Mhz	Frecuencia de Rx: 956.75 Mhz	Frecuencia de Tx: 929.65 Mhz	Frecuencia de Rx: 929.65 Mhz
Enlace 2	Cerro Capadia	Cerro Pilisurco	Cerro Pilisurco	Cerro Capadia
	Frecuencia de Tx: 956.05 Mhz	Frecuencia de Rx: 956.05 Mhz	Frecuencia de Tx: 933.05 Mhz	Frecuencia de Rx: 933.05 Mhz
Enlace 3	Cerro Pilisurco	Ambato	Ambato	Cerro Pilisurco
	Frecuencia de Tx: 956.455Mhz	Frecuencia de Rx: 956.455Mhz	Frecuencia de Tx: 937.15 Mhz	Frecuencia de Rx: 937.15 Mhz

Tabla 5.19 Frecuencias fijadas según la potencia de recepción en la comunicación Guayaquil - Ambato

CAPITULO VI

ANÁLISIS ECONÓMICO

1. INTRODUCCIÓN

Para poder obtener el costo detallado de este sistema de comunicación se lo ha dividido en rubro de: obra civil, equipos y adicionales, tomando en cuenta que los valores por estación varían debido a las diferencias en cada lugar.

2. OBRA CIVIL

Para el análisis de precios de la obra civil se han considerado los rubros de acometida eléctrica e infraestructura. Hay que tomar en cuenta que en las estaciones de Guayaquil, Quito y Ambato no se necesita acometida eléctrica ni construcción de casetas adicionales, esta información se detalla en la siguiente tabla:

Estación	Acom. Eléctrica	Construcción casetas	
		Material de construcción	Mano de obra
Capadia	\$380.00	\$5,320.00	\$6,500.00
Sagatoa (Pilisurco)	\$380.00	\$4,855.00	\$5,500.00
Cruz Loma	\$380.00	\$4,820.00	\$500.00

Tabla 6.1. Costo por estación de acometida eléctrica y construcción de casetas

Para el caso de las otras estaciones se debe tomar en cuenta además de los mencionados el costo de adquisición de terreno, en Capadia el rubro es por la compra del terreno, en Sagatoa (Pilisorco) es el pago por arriendo y mantenimiento de la carretera tomando en cuenta que se lo realiza una sola vez y en Cruz Loma el pago por arriendo del terreno es mensual y se lo debe hacer en la tesorería Metropolitana.

Se considera también que todas las estaciones tienen camino de acceso, lo cual se detalla a continuación:

Obtención de terrenos	
Estación	Valor
Cruz Loma	\$250.00
Sagatoa (Pilisorco)	\$5,000.00
Capadia	\$5,200.00

Tabla 6.2. Costo por estación de obtención de terreno

También se debe considerar la construcción de torres en todas las estaciones lo cual se indica en la siguiente tabla:

TORRES	
Estación	Valor
Surc. Mayor Quito	\$2,250.00
Cruz Loma	\$2,800.00
Sagatoa (Pilisorco)	\$3,250.00
Ambato	\$2,500.00
Capadia	\$3,860.00
Matriz Guayaquil	\$2,500.00

Tabla 6.3. Costo por estación de construcción e implementación de torres

Resumiendo todos los rubros antes detallados tenemos los siguientes valores:

RUBRO	COSTO USD
Acometidas eléctricas	\$1,140.00
Obtención terrenos	\$10,450.00
Construcción casetas	\$31,995.00
Infraestructura de torres	\$17,160.00
TOTAL	\$60,745.00

Tabla 6.4. Costo de la obra civil del sistema de comunicación

3. EQUIPOS

Para calcular el valor de los equipos se ha considerado el costo de las radios ha ser utilizadas, el valor de las antenas y accesorios para cada una de las estaciones. Hay que tomar en cuenta que el valor de accesorios es global.

Estación	Radios	Antenas
Surc. Mayor Quito	\$3,820.00	\$760.00
Cruz Loma	\$7,640.00	\$1,860.00
Sagatoa (Pilisurco)	\$10,750.00	\$2,960.00
Ambato	\$3,110.00	\$760.00
Capadia	\$7,640.00	\$2,200.00
Matriz Guayaquil	\$3,820.00	\$1,100.00

Tabla 6.5. Costo de cada estación de las radios y antenas

El valor de UPS, baterías y cargador de baterías se considera solo para las estaciones de Cruz Loma, Sagatoa (Pilisurco) y Capadia, porque en las estaciones no mencionadas existe el sistema de protección ya implementado.

Estación	UPS	Baterías	Cargador de Baterías
Cruz Loma	\$820.00	\$524.00	\$350.00
Sagatoa (Pilisurco)	\$820.00	\$524.00	\$350.00
Capadia	\$820.00	\$524.00	\$350.00

Tabla 6.6. Costo de cada estación de UPS, baterías y cargador de baterías

Hay que también tomar en cuenta el costo por pruebas de los enlaces debido a la falta del equipo necesario para realizarlas, tomando en cuenta que ese valor incluye movilización y estadía del personal de la empresa contratada.

Pruebas del enlace	
Estación	Valor
Surc. Mayor Quito	\$750.00
Cruz Loma	\$3,350.00
Sagatoa (Pilisurco)	\$3,350.00
Ambato	\$750.00
Capadia	\$3,350.00
Matriz Guayaquil	\$750.00

Tabla 6.7. Costo de cada estación de pruebas

Luego de detallar cada rubro tomado en cuenta para el costo de equipo tenemos los siguientes resultados:

RUBRO	COSTO USD
Radios	\$36,780.00
Antenas y accesorios	\$11,620.00
UPS	\$2,460.00
Baterías	\$1,572.00
Cargador de baterías	\$1,050.00
Pruebas	\$12,300.00
TOTAL	\$65,782.00

Tabla 6.8. Costo de los equipos usados en los enlaces

4. ADICIONALES

En el rubro de gasto adicional se considera el pago a la Senatel que se lo realiza anualmente, además del valor por seguridad y los gastos en los que se ha incurrido por trámites legales.

En las estaciones de Cruz Loma, Sagatoa (Pilisurco) y Capadia, se debe considerar el gasto mensual por la persona de la seguridad en cada estación mencionada, lo que se detalla a continuación:

Seguridad	
Estación	Valor
Capadia	\$85.00
Sagatoa (Pilisurco)	\$55.00
Surc. Mayor Quito	\$50.00

Tabla 6.9. Costo en cada estación por seguridad

Tomando en cuenta que en el rubro de trámites legales se tomaron en cuenta pago de abogados, notaria, municipio, Senatel, entre otros, y luego de tomar en cuenta los valores antes mencionados tenemos lo siguiente:

RUBRO	COSTO USD
Pago Senatel	\$120.00
Seguridad	\$190.00
Trámites legales	\$8,130.00
TOTAL	\$8,440.00

Tabla 6.10. Gasto adicional

5. COSTO TOTAL

El costo total del proyecto es la suma de todos los rubros detallados anteriormente, se muestra en la siguiente tabla. Esto finaliza el presupuesto de este proyecto.

RUBRO	COSTO USD
Obra civil	\$60,745.00
Equipos de radio	\$65,782.00
Gastos adicionales	\$8,440.00
TOTAL	\$134,967.00

Tabla 6.11. Costo total del sistema de comunicación

6. RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN

Para saber el tiempo de recuperación de inversión se debe tomar en cuenta que el gasto que generan las líneas particulares para la comunicación entre Guayaquil – Quito y Guayaquil – Ambato (dos para cada caso) es de:

RUBRO	COSTO USD
Guayaquil – Quito	\$3,650.00
Guayaquil – Ambato	\$1,972.00
TOTAL	\$5,622.00

Tabla 6.12. Costo mensual del alquiler de líneas particulares

Tomando en cuenta que este valor es mensual tenemos un gasto anual de \$ 67,464.00 lo que implica que la inversión del proyecto será recuperada en un lapso de dos años.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En esta clase de comunicación es de suma importancia que exista línea de vista entre las estaciones. Para poder calcular las alturas libres debe conocerse la topografía del terreno, así como la altura y ubicación de los obstáculos que puedan existir en el trayecto.
 - El costo del sistema es un valor bastante alto, sin embargo en un análisis económico realizado se concluyó que su inversión es recuperable en un lapso de dos años.
 - La alta inversión requerida para este sistema de transmisión es recompensada por el futuro crecimiento de la institución, ya que se puede seguir implementando otros enlaces de acuerdo a las necesidades de comunicación con otras sucursales y agencias.
 - Es indispensable la contratación de seguridad para las estaciones no ubicadas en ciudades debido a que pueden existir atentados hacia la infraestructura y los equipos instalados.
 - Es importante el estudio de ingeniería entregado a la Senatel, ya que evita el sobre uso de una sola frecuencia e interferencias que pueden causar problemas en la transmisión de datos.
 - Es recomendable instalar un sistema de protección y de suministro auxiliar de energía en el sitio de instalación de los equipos, para poder obtener una mayor confiabilidad en la transmisión de datos.
-

- Al ser instalados los radio modems es necesario saber los tipos de pruebas que se deben realizar, para poder solicitar el equipo necesario para su ejecución.
 - Para la colocación de antenas se debe tener una buena orientación a nivel geográfico y saber utilizar los instrumentos necesarios, como por ejemplo la brújula, que nos permite colocar la antena en un ángulo aproximado al calculado en el estudio de ingeniería.
 - Recomendamos que para realizar esta clase de proyectos se necesita anticipar el equipo completo de trabajo, es decir, las personas necesarias para el cumplimiento de este. Como por ejemplo ingeniero civil, personal para la colocación de torres, departamento legal, eléctricos, etc. y así evitar retrasos en la implementación del sistema de comunicación.
 - Se debe tomar en cuenta que no todas las estaciones poseen un fácil acceso por lo que el tiempo planificado para la implementación de cada una no es el mismo.
-

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALANIS, Constantine, *Antenna Theory*, Segunda Edición, 1990.
 - ANDRADE, David, *Antenas*, Primera y Segunda Parte.
 - POWERWARE, *Manual UPS'Operation*, Segunda Edición, 2000.
 - www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Radioenlaces/1511.pdf , Cálculos Radioelétricos
 - www.monografias.com/trabajos16/comunicación-inalámbrica, Comunicación Inalámbrica
 - www.portalgsm.com/documentacion_extendida/10_4_0_17_0_C, Dispositivos Microondas
 - www.cybercollege.com/span/typ065.htm, Enlaces Microondas
-

ANEXOS

ANEXO A

SURVEY DEL PROYECTO

Para el survey hemos considerado hacerlo en tablas mencionando los datos más importantes de los sitios de instalación.

Ubicación geográfica de los sitios de cada estación:

ESTACION	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
Suc. Myr. Quito	00° 11' 47" S	78° 29' 20" O	2820 m
Cerro Cruz Loma	00° 11' 05" S	78° 31' 54" O	3840 m
Pilisurco (Sagatoa)	01° 09' 05" S	78° 39' 36" O	4015 m
Ambato	01° 15' 45" S	78° 34' 28" O	2590 m
Capadia	01° 27' 22" S	78° 57' 10" O	4200 m
Matriz Guayaquil	02° 11' 18" S	79° 52' 41" O	6 m

Tabla A.1. Coordenadas geográficas de las estaciones.

Distancia en kilómetros de los sitios que forman los enlaces:

Enlace	Distancia (Km)
Suc. Myr. Quito - Cruz Loma	5.2
Cruz Loma - Pilisurco	107.5
Cerro Pilisurco - Ambato	10.5
Cerro Pilisurco - Cerro Capadia	47.5
Cerro Capadia - Ciudad de Guayaquil	137.5

Tabla A.2. Distancias en Km de las estaciones.

Temperatura de los sitios, humedad relativa, ocurrencias de descargas y velocidad de viento:

TEMPERATURA		Humedad relativa	Ocurrencia de descargas atmosféricas	Velocidad del viento
Maxima	Minima			
21°C	14°C	77%	media	16 Km/h
12°C	8°C	88%	media	19Km/h
11°C	7°C	92%	alta	23 Km/h
20°C	12°C	61%	media	9 Km/h
10°C	6°C	95%	alta	43 Km/h
18°C	33°C	63%	baja	12 Km/h

Tabla A.3. Condiciones climáticas

Tabla A.4. Ubicación, propietarios, accesibilidad y existencia de energía en las estaciones.

Provincias de ubicación de las estaciones, facilidad de acceso, existencia de alimentación eléctrica, área disponible en el lugar y fecha de la primera visita:

ESTACION	NOMBRE	Provincia	Ubicación	Propietario (s)	Accesibilidad	Existencia de Energía	Area disponible
1	Suc. Myr. Quito	Pichincha	Colón y Reina Victoria	Banco de Guayaquil	Acceso fácil	Si	Existente
2	Cerro Cruz Loma	Pichincha	Cantón Quito	Municipio de Quito	Acceso fácil	Si	Limitado
3	Pilisurco (Sagatoa)	Tungurahua	Paramos del Pilis Hurco	UNOCANT	Acceso medio	Si	Limitado
4	Ambato	Tungurahua	Sucre y Mejía	Banco de Guayaquil	Acceso fácil	Si	Existente
5	Capadia	Bolivar	Guanujo, Cantón Guaranda	Laura Endara y otro	Acceso difícil	Si	Existente
6	Matriz Guayaquil	Guayas	P. Icaza 105 y Pichincha	Banco de Guayaquil	Acceso fácil	Si	Existente

Tabla A.4. Ubicación, propietarios, accesibilidad y existencia de energía en las estaciones.

ANEXO B

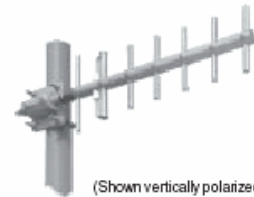
DATASHEET DE ANTENA YAGUI TY 900



TY-900 Yagi Antenna

The Kathrein-Scala TY series are rugged broadband yagi antennas fabricated of 6061/T6 aluminum rod and seamless drawn pipe, anodized for maximum reliability and corrosion resistance. The hardware and fastenings are stainless steel. The internal balun, coax feed and connector are sealed in a foam potting system to prevent moisture penetration and assure long service life in severe environmental conditions. The heavy aluminum mounting casting allows installation for V or H polarization.

- The TY-900 is specifically designed for professional fixed-station applications in the 890–960 MHz band.



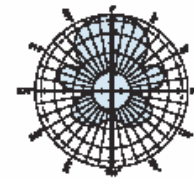
(Shown vertically polarized)

Specifications:

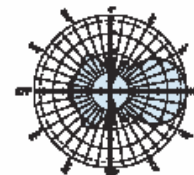
Frequency range	890–960 MHz (broadband)
Gain	10 dBd
Impedance	50 ohms
VSWR	< 1.5:1 maximum (1.35:1 typical)
Polarization	Horizontal or vertical
Front-to-back ratio	>20 dB
Maximum input power	100 watts (at 50°C)
H-plane beamwidth	48 degrees (half-power)
E-plane beamwidth	40 degrees (half-power)
Connector	N female
Weight	3 lb (1.4 kg)
Dimensions	23 x 7 Inches (584 x 178 mm)
Equivalent flat plate area	0.24 ft ² (0.022 m ²)
Wind survival rating*	150 mph (240 kph)
Shipping dimensions	28 x 10 x 4.5 Inches (710 x 254 x 114 mm)
Shipping weight	5.0 lb (2.3 kg)
Mounting	For masts of 1.25 to 2.375 Inch (32 to 60 mm) OD.

See reverse for order information.

* Mechanical design is based on environmental conditions as stipulated in EIA-222-F (June 1996) and/or ETS 300 019-1-4 which include the static mechanical load imposed on an antenna by wind at maximum velocity. See the Engineering Section of the catalog for further details.



H-plane
Horizontal pattern – V-polarization
Vertical pattern – H-polarization



E-plane
Horizontal pattern – H-polarization
Vertical pattern – V-polarization

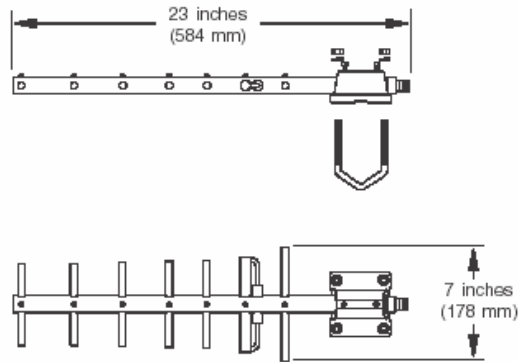


10065-D

Kathrein Inc., Scala Division Post Office Box 4580 Medford, OR 97501 (USA) Phone: (541) 779-6500 Fax: (541) 779-3991
Email: communications@kathrein.com Internet: www.kathrein-scala.com



TY-900
Yagi Antenna



Order Information:

Model	Description
TY-900	Yagi antenna with N connector

All specifications are subject to change without notice

Kathrein Inc., Scala Division Post Office Box 4580 Medford, OR 97501 (USA) Phone: (541) 779-6500 Fax: (541) 779-3991
Email: communications@kathrein.com Internet: www.kathrein-scala.com

ANEXO C

DATASHEET DE UN PARAREFLECTOR PR 900



PR-900 High-Gain Half-Parabolic Antenna

The Kathrein-Scala Paraflector[®] is a high-gain half-parabolic antenna used in broadcast and communications systems around the world.

- High front-to-back ratio for point-to-point relay system applications, as well as GSM cellular repeaters and MAS and ISM systems.
- Fabricated from seamless drawn aluminum tubing and extruded pipe and heavy aluminum castings, gold anodized for corrosion protection, plus stainless steel hardware and fastenings. Foam-filled broadband feed assembly requires no pressurization and can be easily replaced if necessary.

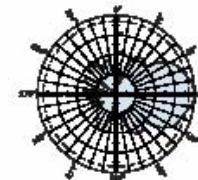
Specifications:

Frequency range	890–960 MHz (broadband)
Gain	16 dBd
Impedance	50 ohms
VSWR	< 1.5:1
Polarization	Horizontal or vertical
Front-to-back ratio	>23 dB
Maximum input power	100 watts (at 50°C)
H-plane beamwidth	12 degrees (half-power)
E-plane beamwidth	24 degrees (half-power)
Connector	N female
Weight	38 lb (17.2 kg)
Dimensions	68 x 36 x 18 inches (1727 x 914 x 457 mm)
Equivalent flat plate area	6.35 ft ² (.595 m ²)
Wind survival rating*	100 mph (160 kph)
Shipping dimensions	40 x 36 x 7 inches (1016 x 914 x 178 mm)
Shipping weight	47 lb (21.3 kg)
Mounting	Mounting kits available for masts of 2.375 to 4.5 inches (60 to 114 mm) OD.

*Mechanical design is based on environmental conditions as stipulated in EIA-222-F (June 1996) and/or ETS 300 019-1-4 which include the static mechanical load imposed on an antenna by wind at maximum velocity. See the Engineering Section of the catalog for further details.



H-plane
Horizontal pattern – V-polarization
Vertical pattern – H-polarization



E-plane
Horizontal pattern – H-polarization
Vertical pattern – V-polarization



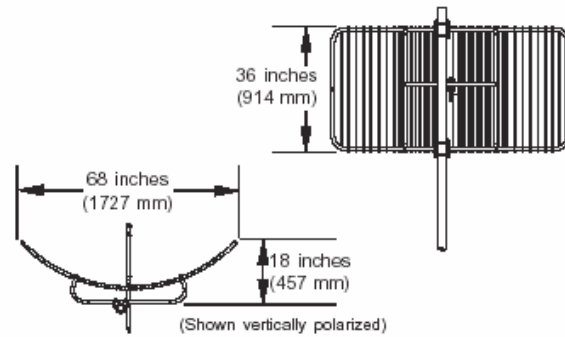
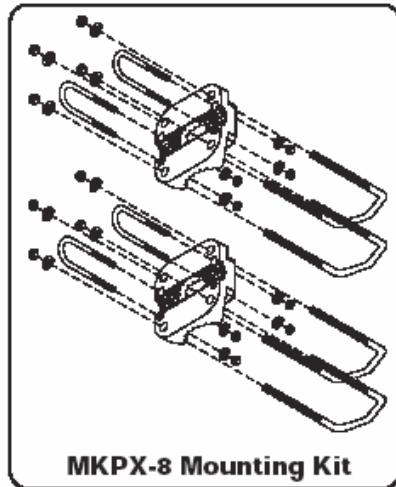
10055-G

PARAFLECTOR is a registered trademark of Kathrein Inc., Scala Division.

Kathrein Inc., Scala Division Post Office Box 4580 Medford, OR 97501 (USA) Phone: (541) 779-6500 Fax: (541) 779-3991
Email: communications@kathrein.com Internet: www.kathrein-scala.com



PR-900 High-Gain Half-Parabolic Antenna



Mounting Options:

Model	Description
MKPX-8 (shown)	Mounting Kit for 2.375 inch (60 mm) OD mast.
MKPX-9	Mounting Kit for 2.875 inch (73 mm) OD mast.
MKPX-10	Mounting Kit for 3.5 inch (89 mm) OD mast.
MKPX-11	Mounting Kit for 4 inch (102 mm) OD mast.
MKPX-12	Mounting Kit for 4.5 inch (114 mm) OD mast.
MKTB-1	Tilt Mount Kit, 8-39 degrees tilt angle. Used with any MKPX kit listed above

Order Information:

Model	Description
PR-900	Half-parabolic antenna with N connector

All specifications are subject to change without notice

Kathrein Inc., Scala Division Post Office Box 4580 Medford, OR 97501 (USA) Phone: (541) 779-6500 Fax: (541) 779-3991
Email: communications@kathrein.com Internet: www.kathrein-scala.com

ANEXO D

DATASHEET DEL RADIO MODEM 128/50



RAN 128/50

Features:

- *Data rate of 128 kbps in a 50 kHz channel*
- *Comprehensive management and test functions that can be run locally or remotely*
- *Fully-synthesized transceiver*
- *Transmission over distances of 30 miles (50 kilometers)*
- *Repeater mode for greater distances*
- *Radio frequency signals that are highly immune to varying atmospheric conditions*



Corporate Headquarters
5452 Betsy Ross Drive
Santa Clara, CA 95054-1101
TEL: +1-408-727-8383
FAX: +1-408-727-0990

North American Sector Headquarters
421 N. Northwest Highway, Suite 201
Barrington, IL 60010
TEL: +1-847-842-8885
FAX: +1-847-842-1789

Wireless, Inc. de Mexico, S.A. de C.V.
Av. H. Escuela Naval Militar #580, C.P. 04420
Mexico D.F.
TEL: +525-656-1212
FAX: +525-656-3033

For further information on Wireless, Inc.
please visit us on the World Wide Web at:
www.wireless-inc.com



The Digital Wireless Benchmark

For Point-to-Point Connectivity

RAN 128/50 sets the world's latest benchmark for digital wireless communication systems. RAN 128/50 sets new standards for narrowband performance with 128 kbps data throughput in a 50 kHz channel, and comprehensive management and test functions. It provides both reliable wireless connectivity and easy management for many applications.

For fixed-site data communication networks, RAN 128/50 offers wireless point-to-point links that are secure and affordable. Transmission range can be 30 miles (50 kilometers) or more. Multipoint Networks' digital wireless technology provides very low bit error rates and superior resistance to interference from other radio transmissions.

Multipoint Networks has engineered the RAN 128/50 with the latest modulation techniques available for digital wireless modems. RAN radios are full duplex, continuous carrier, and are transparent to the user's data protocol.

RAN units are rugged and are built to last, earning a field-tested reputation for reliability.

Unlike higher-frequency microwave links, UHF frequencies are not severely affected by rain, hail, fog, and other poor weather conditions.

Management of RAN 128/50 wireless transceivers is simple and comprehensive. Using an ANSI-compatible terminal or PC-based terminal emulator, you can access the built-in management system. With easy-to-follow menus, you can manage both local and remote units, allowing you to use your service personnel more efficiently. A convenient LCD-based console integrated into the front panel provides full management access when a terminal is not available.

The radio management system allows you to view configuration information, make changes to parameters, handle alarms, and run tests. Trouble-shooting is easy with remote viewing and changing of configuration parameters. Loop-back tests can be run remotely as well. RAN 128/50 continuously monitors critical operating parameters like forward transmit power, receive signal level, Bit Error Rate (BER), clock slip, and loss of connected user device. Alarms provide notice of a problem, allowing for quick response and correction.

RAN 128/50 continues Multipoint's tradition of providing leading-edge products with state-of-the-art technology and confirms our reputation as a recognized leader in wireless communications throughout the world.



Specifications

General

- Frequency range:
 - 820 - 960 MHz
 - 400 - 512 MHz*
- Tx/Rx frequency separation: 3.6 MHz min., 76 MHz max.
- RF channel bandwidth: 50 kHz
- Operation: Full duplex, continuous carrier
- Antenna port impedance: 50 Ω nominal
- Antenna port return loss: ≥ 10 dB
- Power requirements: 90-264 VAC, 50/60 HZ, ± 24 VDC OR -48 VDC optional
- Power Supply power consumption: 65 W typical, 75 W Max.
- Service test points:
 - Demodulator (x,y) output
 - AGC voltage

Receiver

- Receiver type: Triple conversion
- Sensitivity: -95 dBm @ 1×10^{-6} BER (input at the antenna port)
- Frequency stability: $\pm 0.00015\%$ (1.5 ppm)
- Conducted spurious emissions: ≤ -40 dBm (at antenna port or auxiliary receive port) per EIA RS-204-C standard
- Receiver saturation: ≥ -40 dBm

Transmitter

- Modulation: 16 QAM
- Power output (average): +31 dBm ± 0.5 dB
- Transmit duty cycle: 100%
- Emission mask: FCC 47 CFR 101.111 (a)(6) mask
- Frequency stability: $\pm 0.00015\%$ or 1.5 ppm
- Spurious and harmonic output: ≤ -60 dBc
- System gain: ≤ 126 dB at 1×10^{-6} BER

Data Transmission

- Clocking modes: Internal, external, and receive loop
- Operating mode: Full duplex
- Data rates:
 - Sync: 128 kbps
 - Async: up to 57.6 kbps
- Data port: Interchangeable modules for V.35 or V.36

Management & Test

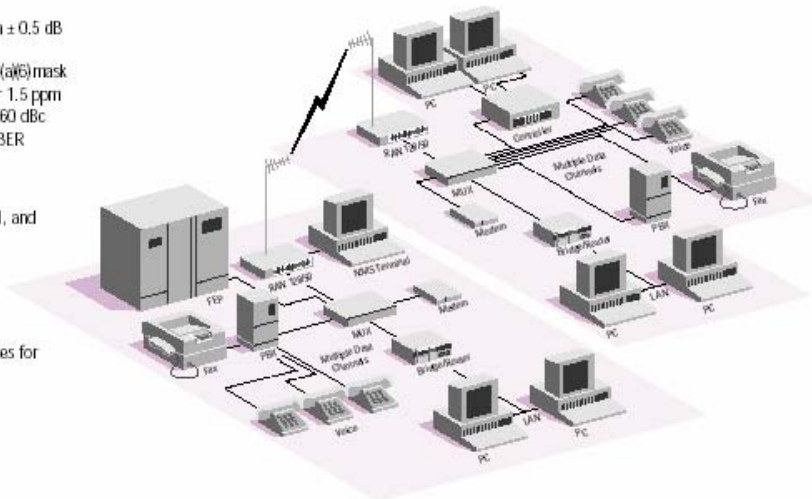
- Configurable parameters:
 - RF transmit and receive separation
 - RF channel assignment
- Diagnostics and test:
 - Monitored forward transmit power
 - Receive signal level
 - In-service Packet Error Rate
 - Loopback, local and remote of any unit in a multi-hop link
 - Hardware self-test
 - Clock slip detection
 - Transmission statistics
- Alarms: Signals alarm condition of any of the following:
 - Forward power below nominal
 - AGC below nominal
 - Error rate above nominal
 - Clock slip detected
 - Loss of DTR
- Alarm LED on front panel
- Alarm relay interface with form C contacts
- Front panel console:
 - Indicator LEDs for Power, RTS, TXD, DTR, RXD, DCD, SQ, Clock Slip, Test, Alarm
 - 2 x 16 LCD screen
 - Keypad for menu navigation
 - Allows complete unit configuration
 - Run diagnostics and tests

- Communicate with any unit in a multi-hop link
- Async management port:
 - RS-232 and RS-485 electrical interfaces
 - Requires ANSI-compatible terminal or PC with terminal emulator program
 - Allows complete unit configuration
 - Run diagnostics and test
 - Communicate with any unit in a multi-hop link

Mechanical & Environmental

- Dimensions:
 - Height: 3.45" (87.6 mm)
 - Width: 16.75" (425.5 mm)
 - Depth: 14.375" (365.1 mm)
- Weight: 18 lbs (8.2 kg)
- Mounting: 19" rack mount or counter top
- Operating Temperature: 32 to 122° F (0 to 50° C)
- Storage temperature: -22 to 140° F (-30 to 60° C)
- Operating/storage relative humidity: 20 to 90%, noncondensing
- Operating elevation: 0-10,000 ft (0-3,000 m)
- Storage elevation: 0-50,000 ft (0-15,000 m)

Type #: EV95S8MN128D50
Emission Designator: 50K0D7W (FCC)



ANEXO E

DATASHEET DEL RADIO MODEM 64/25



RAN 64/25

Features:

- *Data rate of 64 kbps in a 25 kHz channel, 16 QAM modulation*
- *Comprehensive management and test functions that can be run locally or remotely*
- *Fully-synthesized transceiver*
- *Transmission over distances of 30 miles (50 kilometers)*
- *Repeater mode for greater distances*
- *Radio frequency signals that are highly immune to varying atmospheric conditions*



Corporate Headquarters
5452 Betsy Ross Drive
Santa Clara, CA 95054-1101
TEL: +1-408-727-8383
FAX: +1-408-727-0990

North American Sector Headquarters
421 N. Northwest Highway, Suite 201
Barrington, IL 60010
TEL: +1-847-842-8885
FAX: +1-847-842-1789

Wireless, Inc. de Mexico, S.A. de C.V.
Av. H. Escuela Naval Militar #580, C.P. 04420
Mexico D.F.
TEL: +525-656-1212
FAX: +525-656-3033

For further information on Wireless, Inc.
please visit us on the World Wide Web at:
www.wireless-inc.com



The Digital Wireless Benchmark

For Point-to-Point Connectivity

RAN 64/25 sets the world's latest benchmark for digital wireless communication systems. RAN 64/25 sets new standards for narrowband performance with 64 kbps data throughput in a 25 kHz channel, and comprehensive management and test functions. It provides both reliable wireless connectivity and easy management for many applications.

For fixed-site data communication networks, RAN 64/25 offers wireless point-to-point links that are secure and affordable. Transmission range can be 30 miles (50 kilometers) or more. Multipoint Networks' digital wireless technology provides very low bit error rates and superior resistance to interference from other radio transmissions.

Multipoint Networks has engineered the RAN 64/25 with the latest modulation techniques available for digital wireless modems. RAN radios are full duplex, continuous carrier, and are transparent to the user's data protocol.

RAN units are rugged and are built to last, earning a field-tested reputation for reliability.

Unlike higher-frequency microwave links, UHF frequencies are not severely affected by rain, hail, fog, and other poor weather conditions.

Management of RAN 64/25 wireless transceivers is simple and comprehensive. Using an ANSI-compatible terminal or PC-based terminal emulator, you can access the built-in management system. With easy-to-follow menus, you can manage both local and remote units, allowing you to use your service personnel more efficiently. A convenient LCD-based console integrated into the front panel provides full management access when a terminal is not available.

The radio management system allows you to view configuration information, make changes to parameters, handle alarms, and run tests. Troubleshooting is easy with remote viewing and changing of configuration parameters. Loop-back tests can be run remotely as well. RAN 64/25 continuously monitors critical operating parameters like forward transmit power, receive signal level, Bit Error Rate (BER), clock slip, and loss of connected user device. Alarms provide notice of a problem, allowing for quick response and correction.

RAN 64/25 continues Multipoint's tradition of providing leading-edge products with state-of-the-art technology and confirms our reputation as a recognized leader in wireless communications throughout the world.



General

- Frequency range:
 - 820 - 960 MHz
 - 400 - 512 MHz*
- Tx/Rx frequency separation: 3.6 MHz min., 76 MHz max.
- RF channel bandwidth: 25 kHz
- Operation: Full duplex, continuous carrier
- Antenna port impedance: 50 Ω nominal
- Antenna port return loss: ≥ 10 dB
- Power requirements:
 - 90-264 VAC, 50/60 HZ,
 - ± 24 VDC OR -48 VDC optional
- Power Supply power consumption: 65 W typical, 75 W Max.
- Service test points:
 - Demodulator (x,y) output
 - AGC voltage

Receiver

- Receiver type: Triple conversion
- Sensitivity: -96 dBm @ 1×10^{-6} BER (input at the antenna port)
- Frequency stability: $\pm 0.00015\%$ (1.5 ppm)
- Conducted spurious emissions: ≤ -40 dBm (at antenna port or auxiliary receive port) per EIA RS-204-C standard
- Receiver saturation: ≥ -40 dBm

Transmitter

- Modulation: 16 QAM
- Power output (average): $+31$ dBm ± 0.5 dB
- Transmit duty cycle: 100%
- Emission mask: FCC 47 CFR 101.111 (a)(6) mask
- Frequency stability: $\pm 0.00015\%$ or 1.5 ppm
- Spurious and harmonic output: ≤ -60 dBc
- System gain: ≤ 129 dB at 1×10^{-6} BER

Data Transmission

- Clocking modes: Internal, external, and receive loop
- Operating mode: Full duplex
- Data rates:
 - Sync: 64 kbps
 - Async: up to 19.2 kbps
- Data port: Interchangeable modules for RS-232/V.28, V.35, V.36, or G.703

Management & Test

- Configurable parameters:
 - RF transmit and receive separation
 - RF channel assignment
- Diagnostics and test:
 - Monitored forward transmit power
 - Receive signal level
 - In-service Packet Error Rate
 - Loopback, local and remote of any unit in a multi-hop link
 - Hardware self-test
 - Clock slip detection
 - Transmission statistics
- Alarms: Signals alarm condition of any of the following:
 - Forward power below nominal
 - AGC below nominal
 - Error rate above nominal
 - Clock slip detected
 - Loss of DTR
- Alarm LED on front panel
- Alarm relay interface with form C contacts
- Front panel console:
 - Indicator LEDs for Power, RTS, TXD, DTR, RXD, DCD, SQ, Clock Slip, Test, Alarm
 - 2 x 16 LCD screen
 - Keypad for menu navigation
 - Allows complete unit configuration
 - Run diagnostics and tests
 - Communicate with any unit in a multi-hop link

Management & Test

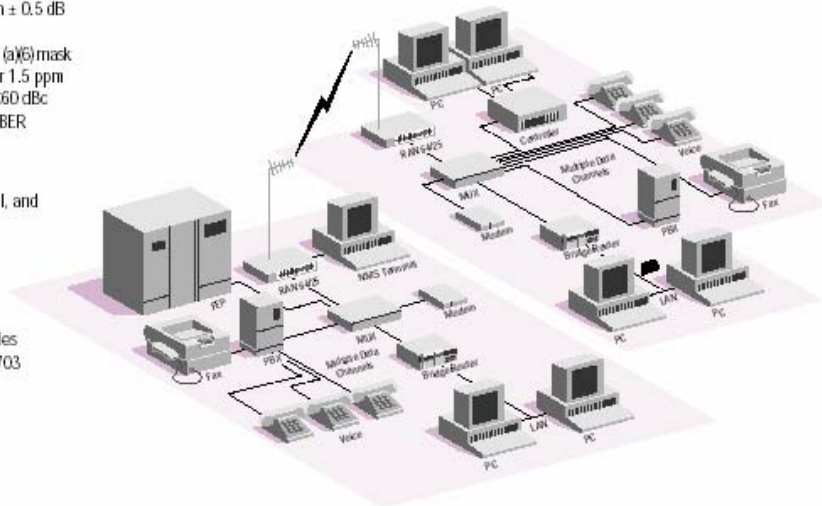
- Async management port:
 - RS-232 and RS-485 electrical interfaces
 - Requires ANSI-compatible terminal or PC with terminal emulator program
 - Allows complete unit configuration
 - Run diagnostics and test
 - Communicate with any unit in a multi-hop link

Mechanical & Environmental

- Dimensions:
 - Height: 3.45" (87.6 mm)
 - Width: 16.75" (425.5 mm)
 - Depth: 14.375" (365.1 mm)
- Weight: 18 lbs (8.2 kg)
- Mounting: 19" rack mount or counter top
- Operating Temperature: 32 to 122° F (0 to 50°C)
- Storage temperature: -22 to 140° F (-30 to 60°C)
- Operating/storage relative humidity: 20 to 90%, noncondensing
- Operating elevation: 0-10,000 ft (0-3,000 m)
- Storage elevation: 0-50,000 ft (0-15,000 m)

Type #: EV95S8MN419D25

Emission Designator: 25K0D7W (FCC)



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1.1. Enlace Óptico.....	3
Figura. 1.2. Transmisión satelital.....	4
Figura. 1.3. Enlace microondas.....	4
Figura. 2.1. Enlace Guayaquil – Quito.....	10
Figura. 2.2. Enlace Guayaquil – Ambato.....	11
Figura. 2.3. Ubicación geográfica de los puntos de enlace.....	13
Figura 3.1. Pasos para la construcción de un perfil topográfico.....	16
Figura 3.2. Colocación de los puntos para obtener el perfil topográfico.....	17
Figura 3.3. Perfil topográfico obtenido.....	17
Figura. 3.4. Zonas de Fresnel.....	22
Figura. 3.5. Representación gráfica del factor K.....	23
Figura. 3.6. Perfil topográfico del enlace Guayaquil – Capadia.....	31
Figura. 3.7. Perfil topográfico del enlace Pilisurco – Capadia.....	33
Figura. 3.8. Perfil topográfico del enlace Pilisurco – Ambato.....	35
Figura. 3.9. Perfil topográfico del enlace Guayaquil – Capadia.....	37
Figura. 3.10. Perfil topográfico del enlace Capadia – Pilisurco.....	39
Figura. 3.11. Perfil topográfico del enlace Cruz Loma – Pilisurco.....	41
Figura. 3.12. Perfil topográfico del enlace Suc. Quito y Cruz Loma.....	43
Figura. 4.1 Ejemplo de un enlace microondas.....	44
Figura. 4.2 Radio Modem RAN 128/50.....	46
Figura. 4.3 Radio Modem RAN 64/25.....	47
Figura. 4.4 Antena parabólica.....	51
Figura. 4.5 Antena tipo lineal.....	51
Figura. 4.6 Antena tipo yagi.....	52

Figura 4.7 Antena yagi TY-900.....	54
Figura 4.8 Antena Parareflector PR-900.....	55
Figura 4.9 Polarización Horizontal de la antena yagi.....	56
Figura 4.10 Polarización Vertical de la antena yagi.....	57
Figura 4.11 Polarización Horizontal de la antena parareflector.....	57
Figura 4.12. Polarización Vertical de la antena parareflector.....	58
Figura 4.13. Torre atirantada.....	61
Figura 4.14. Torre autosoportada.....	62
Figura 4.15. Torre tipo monopolo y su cimentación.....	62
Figura 4.16. Pararrayos y su conexión a tierra.....	68
Figura 4. 17. Conexiones auxiliares RX y de antena del radio modem RAN 128/50 y RAN 64/25.....	74
Figura 4. 18. Conexiones del radio modem en una estación terminal.....	75
Figura 4. 19. Conexiones del radio modem en una estación intermedia.....	75
Figura 5.1 Simulador y analizador de datos RAD HBT.....	79
Figura 5.2 Botones seleccionadores de comandos de las radio modems.....	79
Figura 5.3 Especificación de la parte frontal del radio modem RAN 128/50 y RAN 64/25.....	81
Figura 5.4 Frecuencias de transmisión y recepción teóricas en la comunicación Guayaquil –Quito.....	84
Figura 5.5 Frecuencias de transmisión y recepción teóricas en la comunicación Guayaquil –Ambato.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 2.1. Coordenadas geográficas de los puntos de enlace.....	11
Tabla. 2.2 Distancias de los enlaces.....	12
Tabla. 2.3 Direcciones de cada punto de enlace.....	13
Tabla 3.1. Potencia umbral del receptor.....	24
Tabla 4.1. Especificaciones de los Radio Modems.....	48
Tabla 4.2. Velocidades de transmisión y ancho del canal de los Radio modems.....	49
Tabla 4.3. Ubicación de los radio modems en las estaciones.....	49
Tabla 4.4. Antenas que pueden ser usadas con el modem RAN 128/50.....	53
Tabla 4.5. Estaciones para los enlaces con su respectiva antena.....	55
Tabla 4.6. Antenas seleccionadas para cada enlace y su polarización.....	56
Tabla 4.7. Estaciones y sus torres implementadas.....	64
Tabla 4.8. Cables tipo coaxial para modem RAN 128/50.....	65
Tabla 4.9. Elementos básicos de un UPS.....	70
Tabla 4.10. Pines y funciones del conector V.35.....	75
Tabla 5.1 Plan de frecuencias para la comunicación Guayaquil – Quito.....	84
Tabla 5.2 Plan de frecuencias para la comunicación Guayaquil – Ambato.....	85
Tabla 5.3 Orden de los enlaces para ser evaluados.....	85
Tabla 5.4 Resultados obtenidos en el enlace Guayaquil – Capadia.....	86
Tabla 5.5 Resultados obtenidos en el enlace Capadia – Pilisurco.....	86
Tabla 5.6 Resultados obtenidos en el enlace Pilisurco – Ambato.....	87
Tabla 5.7 Resultados obtenidos luego de variar las frecuencias en el enlace Guayaquil – Capadia.....	87

Tabla 5.8 Resultados obtenidos luego de variar las frecuencias en el enlace Capadia – Pilisurco.....	87
Tabla 5.9 Resultados obtenidos luego de variar las frecuencias en el enlace Pilisurco– Ambato.....	88
Tabla 5.10 Resultados obtenidos en el enlace Guayaquil – Capadia.....	88
Tabla 5.11 Resultados obtenidos en el enlace Capadia – Pilisurco.....	89
Tabla 5.12 Resultados obtenidos en el enlace Pilisurco – Cruz Loma.....	89
Tabla 5.13 Resultados obtenidos en el enlace Cruz Loma – Quito.....	89
Tabla 5.14 Resultados obtenidos en el enlace Guayaquil – Capadia.....	90
Tabla 5.15 Resultados obtenidos en el enlace Capadia – Pilisurco.....	90
Tabla 5.16 Resultados obtenidos en el enlace Pilisurco – Cruz Loma.....	90
Tabla 5.17 Resultados obtenidos en el enlace Cruz Loma – Quito.....	90
Tabla 5.18 Frecuencias fijadas según la potencia de recepción en la comunicación Guayaquil – Quito.....	91
Tabla 5.19 Frecuencias fijadas según la potencia de recepción en la Comunicación Guayaquil – Ambato.....	91
Tabla 6.1. Costo por estación de acometida eléctrica y construcción de casetas.....	92
Tabla 6.2. Costo por estación de obtención de terreno.....	93
Tabla 6.3. Costo por estación de construcción e implementación de torres.....	93
Tabla 6.4. Costo de la obra civil del sistema de comunicación.....	94
Tabla 6.5. Costo de cada estación de las radios y antenas.....	94
Tabla 6.6. Costo de cada estación de UPS, baterías y cargador de baterías.....	95
Tabla 6.7. Costo de cada estación de pruebas.....	95
Tabla 6.8. Costo de los equipos usados en los enlaces.....	95
Tabla 6.9. Costo en cada estación por seguridad.....	96
Tabla 6.10. Gasto adicional.....	96
Tabla 6.11. Costo total del sistema de comunicación.....	97
Tabla 6.12. Costo mensual del alquiler de líneas particulares.....	97

Sangolquí, 15 de Abril del 2005

ELABORADO POR:

Srta. Ana Alexandra Maldonado

Srta. María Cristina Zambrano

AUTORIDADES:

Sr. Ing Marcelo Gómez Cobos
Tnt. Crnl. Estado Mayor
Decano de la Facultad de Ingeniería Electrónica

Sr. Dr. Jorge Carvajal
Secretario Académico de la Facultad de Ingeniería Electrónica