



\*D-19481\*



T  
621.38  
SAL

# ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

## FACULTAD DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACION

### TRABAJO DE GRADUACION

“DISEÑO DE RADIO ENLACE SDH A  $21 \times 2$  Mb/s o STM-1  
EL CARMEN – QUEVEDO – MANTA”

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE  
INGENIERO EN ELECTRICIDAD  
ESPECIALIDAD ELECTRONICA

Presentado por:

ALEXANDRA SALAZAR ASTUDILLO

GINA TORRES GOMEZ

PEREGRINA WONG WONG

Guayaquil, 1999

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a todos los profesores que nos han acompañado durante los años de estudios y en especial al Ing, Luis Mariño, nuestro profesor de Tópico.

A la ESPOL, por habernos permitido cristalizar con éxito nuestro gran anhelo.

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis a mis padres, Pedro y Elina, y a mi tío Francisco, sin cuyo amor, apoyo y consejos no habría sido posible llegar a la culminación de ésta meta.

Alexandra Salazar

## DEDICATORIA

A mis queridos padres gracias a cuyo amor y apoyo han hecho de mí una persona de bien y me han permitido lograr la culminación de mi carrera.

Peregrina Wong W.

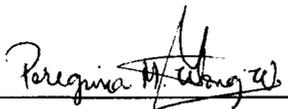
## DECLARACION EXPRESA

“LA RESPONSABILIDAD POR LOS HECHOS, IDEAS Y DOCTRINAS EXPUESTOS EN ESTA TESIS, NOS CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE; Y, EL PATRIMONIO INTELECTUAL DE LA MISMA, A LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Exámenes y Título Profesionales de la ESPOL).

  
ALEXANDRA SALAZAR A.

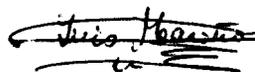
  
GINA TORRES GOMEZ

  
PEREGRINA WONG WONG



---

ING. ARMANDO ALTAMIRANO  
PRESIDENTE



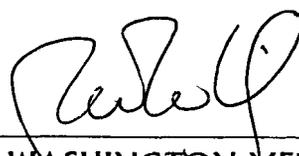
---

ING. LUIS MARIÑO  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



---

ING. BORIS RAMOS  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



---

ING. WASHINGTON MEDINA  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

## RESUMEN

El Carmen de Manabí geográficamente pertenece a PACIFICTEL, sin embargo las telecomunicaciones usan la red de ANDINATEL, esto produce problemas especialmente en la tarificación ya que así como esta Implementado, la Central de tránsito Nacional e Internacional asume como si fuera población de ANDINATEL.

El objetivo es que el Carmen (Manabí) se integre a la red de telecomunicaciones de PACIFICTEL y conmute con la central de Tránsito regional de Manta que maneja la provincia de Manabí.

En el capítulo 1 se presenta de manera específica cual es el objetivo principal de éste trabajo.

Se detalla la situación actual de la ruta El Carmen – Quevedo – Manta, la problemática que presenta la configuración actual de la red, y se plantea una solución que servirá para erradicar el problema, con la incorporación de dos nuevos enlaces digitales.

El capítulo 2 se encarga de recordar los conceptos de enlaces de microondas y propagación, tales como radio de Fresnel, pérdidas en el espacio libre, entre otros, también plantea fórmulas que serán de gran utilidad para realizar los cálculos necesarios para el diseño del radioenlace.

Otros conceptos teóricos son los relacionados a lo que significa una red SDH y sus componentes, así como la multiplexación usando ésta técnica.

En el capítulo 3 se presentan todos los cálculos que se requieren para realizar el radioenlace entre los puntos escogidos y sus resultados, tales como líneas de vista, diagramas de perfil, Zona de Fresnel, pérdidas y ganancias del sistema, entre otros.

En el capítulo 4 se muestran los equipos que se han seleccionado para llevar a cabo el diseño y sus principales características, entre ellos multiplexores, radios, etc.

En el capítulo 5 se detalla el proceso de instalación necesaria para llevar a cabo el ingreso a la red existente de la ruta estudiada, así como también de los equipos que nos ayudarán a cumplir el objetivo propuesto.

El capítulo 6 se refiere al mantenimiento que se debería realizar para mantener operando el sistema luego de ser instalado.

En el capítulo 7 se realiza el estudio de los Costos y Beneficios que se necesitan para poner a funcionar el proyecto.

Finalmente se tiene las conclusiones y recomendaciones en donde expresamos nuestro análisis final basándose en todo el estudio e investigación que fueron necesarios para el desarrollo del presente trabajo.

## INDICE GENERAL

RESUMEN	VIII
INDICE GENERAL	X
INDICE DE FIGURA	XIV
INDICE DE TABLAS	XVI
CAPITULO 1: ANTECEDENTES	1
1.1. SITUACION ACTUAL	1
1.1.1. Breve explicación de la situación actual de cada una de las estaciones	3
1.2. PROBLEMA QUE INVOLUCRA	7
1.3. SITUACION ACTUAL DE TARIFACION	7
1.4. SOLUCION AL PROBLEMA.	9
1.5. SITUACION PROPUESTA	10
1.5.1. Descripción de la nueva configuración	12
CAPITULO 2: TEORIA	20
2.1. DEFINICION Y USO	20
2.2. PROPAGACION DE LAS ONDAS ELECTROMAGNETICAS	21
2.3. ESPECTRO DE RADIOFRECUENCIAS	22
2.4. NATURALEZA DE LAS ONDAS DE RADIO	23
2.5. PROPAGACION DE LAS ONDAS DE RADIO	24
2.5.1. Propagación por onda terrestre	24
2.5.2. Propagación en línea recta (línea de vista)	25

2.6. PRINCIPIOS FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISION	25
2.6.1. Distancia al horizonte	26
2.6.2. Distancia de alcance visual	26
2.7. PROPAGACION POR ONDA ESPACIAL	28
2.7.1. Las capas ionosfericas	29
2.8. PERDIDAS DE TRANSMISION.	30
2.9. ATENUACION DEL ESPACIO LIBRE	31
2.10. EFECTO DE LA REFRACCION	32
2.11. EFECTOS DE LA DIFRACCION	33
2.12. CRITERIOS DE DESPEJAMIENTO	34
2.13. CALCULO DE LA ALTURA DE LAS ANTENAS	35
2.14. CALCULO DE DESVANECIMIENTO	36
2.15. DESVANECIMIENTO POR HIDROMETEOROS	37
2.16. INDISPONIBILIDAD POR FALLAS	38
2.17. ESTRUCTURA NUMÉRICA DE LAS SEÑALES EN LA RED SDH.	
EI STM-1	40
2.18. ESTRUCTURA DE LA TRAMA (STM-1)	40
2.19. LA UNIDAD ADMINISTRATIVA "AU-4"	41
2.20. LA MULTIPLEXACIÓN ETSI	44
CAPITULO 3: DISEÑO DEL ENLACE	45
3.1. TRAMOS DE LA RED	45
3.2. TRAMO TANQUES DE AGUA – GRAMALOTAL	50
3.2.1. Especificaciones del radioenlace	51
3.2.2. Datos de perfil, curvatura de la tierra y diagrama de perfil	52

3.2.3.	Cálculos del tramo y Diagrama de perfil con zona de Fresnel	55
3.2.4.	Perdidas y ganancias del enlace	57
3.3.	TRAMO GRAMALOTAL – CERRO DE HOJAS	58
3.3.1.	Especificaciones del radioenlace	58
3.3.2.	Datos de perfil, curvatura de la tierra y Diagrama de perfil	59
3.3.3.	Cálculos del tramo y Diagrama de perfil con zona de Fresnel	62
3.3.4.	Perdidas y ganancias del enlace	64
<b>CAPITULO 4: EQUIPOS UTILIZADOS</b>		<b>65</b>
4.1.	MULTIPLEXOR SINCRÓNICO STM-1 Y STM-4 DE INSERION	
	EXTRACCION 1641 SM/1641 SM-C2	65
4.1.1.	Introducción al equipo	66
4.1.2.	Subsistema Tributario	68
4.1.3.	Transmultiplexor 34/2 y Tibutarlo de 5x2 Mb/s	69
4.1.4.	Control y Monitoreo	75
4.1.5.	Especificaciones Técnicas	77
4.2.	SISTEMA DE RADIO SDH TRUNK, SRT 1S/7-8	78
4.2.1.	Estructura del equipo	80
4.2.2.	Administración del Equipo	85
4.2.3.	Datos Técnicos	87
4.3.	ANTENAS	89
4.4.	CABLES	90
<b>CAPITULO 5: INSTALACION DEL PROYECTO</b>		<b>93</b>
5.1.	ENLACES DE RADIO	93

5.2. INSTALACION DE LA ANTENA	94
5.3. INSTALACION DE LOS MULTIPLEXORES	95
5.4. QUÉ HACER CUANDO NO SE RECIBE UN NIVEL DE SEÑAL ADECUADO	96
CAPITULO 6: MANTENIMIENTO	97
6.1. MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS.	97
CAPITULO 7: ANALISIS DE COSTOS	100
7.1. ENLACE EL CARMEN (MANABI) - BIJAGUAL	100
7.2. ENLACE TANQUES DE AGUA - GRAMALOTAL	101
7.2.1. Opción a	101
7.2.2. Opción b	102
7.3. ENLACE GRAMALOTAL - CERRO DE HOJAS	102
7.3.1. Opción a	102
7.3.2. Opción b	103
7.4. ELECCION DE LAS OPCIONES	104
7.5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA OPCION SELECCIONADAS	104
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	107
GLOSARIO	110
BIBLIOGRAFIA	112

## **INDICE DE FIGURAS**

Figura 1.1. Configuración de la ruta actual de enlaces de microondas	2
Figura 1.2. Red actualizada de transmisión digital	6
Figura 1.3. Ruta de transmisión digital de interés	11
Figura 1.4. Enlace El Carmen (Manabí) – Bijagual	12
Figura 1.5. Enlace Bijagual - Quevedo	13
Figura 1.6. Enlace Quevedo – Tanques de Agua	13
Figura 1.7. Enlace Tanques de Agua – Gramalotal (opción a)	14
Figura 1.8. Enlace Tanques de Agua – Gramalotal (opción b)	15
Figura 1.9. Enlace Gramalotal – Cerro de Hojas (opción a)	16
Figura 1.10. Enlace Gramalotal – Cerro de Hojas (opción b)	17
Figura 1.11. Enlace Cerro de Hojas - Manta	17
Figura 1.12. Situación propuesta de la red de transmisión digital	19
Figura 2.1. Sistema de radiofrecuencias	20
Figura 2.2. Gráfica del espectro de Frecuencia	21
Figura 2.3. Distancia de alcance visual y distancia al horizonte	26
Figura 2.4. Cálculo geométrico de la distancia al horizonte de una antena de altura H	27
Figura 2.5. Efecto de la curvatura de las ondas electromagnéticas.	27
Figura 2.6. Refracción de las ondas de radio en la ionosfera.	29
Figura 2.7. Estructura de la ionosfera	30
Figura 2.8. Zona de Fresnel	33
Figura 2.9. Estructura del STM-1	43

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.	Bandas de frecuencias empleadas en las comunicaciones	22
Tabla 3.1.	Terminal con sus respectivas coordenadas y altitudes	48
Tabla 3.2.	Datos del radioenlace para el tramo Tanques de Agua – Gramalotal	51
Tabla 3.3.	Datos de las coordenadas y altitudes para el trazado de perfil del tramo Tanques de Agua – Gramalotal	52
Tabla 3.4.	Datos para el trazado de la curvatura de la tierra para el tramo Tanques de Agua – Gramalotal	53
Tabla 3.5.	Cálculos para la zona de Fresnel para el Tramo Tanques de Agua – Gramalotal	55
Tabla 3.6.	Perdidas y ganancias del sistema	57
Tabla 3.7.	Datos del radioenlace para el tramo Gramalotal – Cerro de Hojas	58
Tabla 3.8.	Datos de las coordenadas y altitudes para el trazado de perfil del tramo Gramalotal – Cerro de Hojas	59
Tabla 3.9.	Datos para el trazado de la curvatura de la tierra para el tramo Gramalotal – Cerro de Hojas	60
Tabla 3.10.	Cálculos para la zona de Fresnel para el tramo Gramalotal – Cerro de Hojas	62
Tabla 3.11.	Perdidas y ganancias para el tramo Gramalotal – Cerro de Hojas	64
Tabla 4.1.	Configuración de la Interfaz del Tibutario	68
Tabla 7.1.	Enlace El Carmen - Bijagual	101
Tabla 7.2.	Enlace Tanques de Agua- Gramalotal (opción a)	101
Tabla 7.3.	Enlace Tanques de Agua- Gramalotal (opción b)	102
Tabla 7.4.	Enlace Gramalotal – Cerro de Hojas (opción a)	103

<b>Tabla 7.5.</b>	<b>Enlace Gramalotal – Cerro de Hojas (opción b)</b>	<b>103</b>
<b>Tabla 7.6.</b>	<b>Total de Costos (opción a)</b>	<b>104</b>
<b>Tabla 7.7.</b>	<b>Total de Costos (opción b)</b>	<b>104</b>

# CAPITULO 1

## ANTECEDENTES

### 1.1. SITUACION ACTUAL

En la actualidad, nuestro país posee una red nacional de telecomunicaciones basada en un sistema de microondas digital con una gran capacidad de canales telefónicos, aproximadamente más de 1'300.000 abonados en todo el territorio nacional, desglosados así:

Andínatel:	583.000
Pacifictel:	641.000
Etapa:	70.000

Hasta la fecha, el trayecto de nuestro interés se encuentra formado por las siguientes rutas de microondas:

Quito – Atacazo  
Atacazo – Bombolí  
Bombolí – El Carmen (Manabí)  
El Carmen (Manabí) – Bijagual  
Bijagual – Quevedo  
Quevedo – Paylón  
Paylón – Babahoyo  
Babahoyo – Santa Ana  
Santa Ana – Corozo  
Corozo – Cerro de Hojas  
Cerro de Hojas – Manta

Estas rutas las podemos apreciar en la figura 1.1.

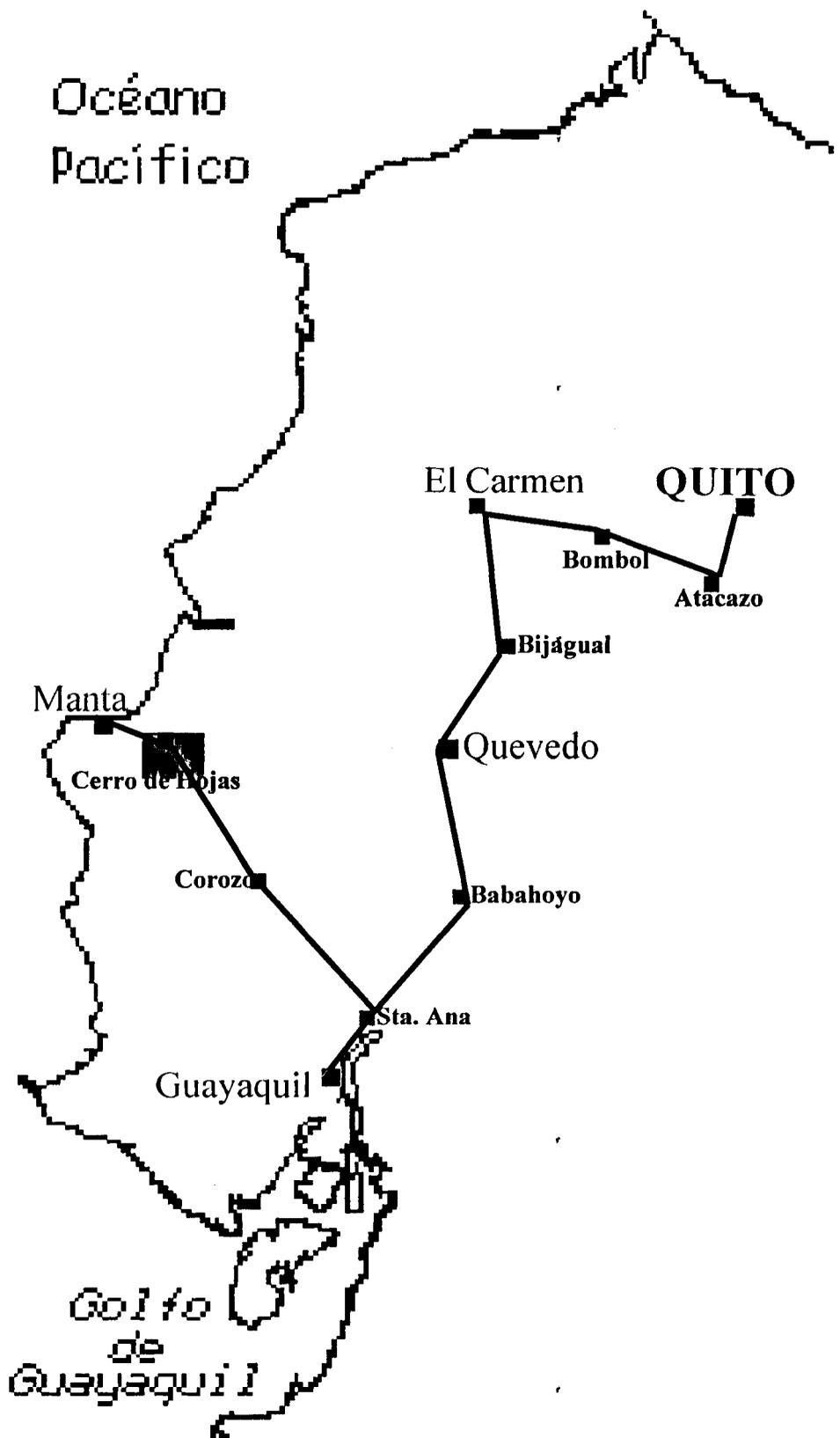


Figura 1.1. Configuración de la ruta actual de enlaces de microondas

### 1.1.1. Breve explicación de la situación actual de cada una de las estaciones.

La estación de El Carmen (Manabí) es un terminal doble que como toda estación terminal, posee equipos de radio que tienen las funciones de transmitir/recibir, modular/demodular la señal proveniente de otra estación, también tiene la función de bit insertion/extraction. En esta estación se emplean radios Ericsson de 120 canales.

La central de El Carmen (Manabí) tiene capacidad para 1200 abonados, es una central EQUITEL de tipo CPR-100, y utiliza un sistema analógico.

Esta estación se enlaza con la estación de Quito a través de las estaciones de Atacazo y Bombolí.

El enlace El Carmen (Manabí) – Bijagual es un sistema de 3+1 de 4×34 Mb/s, en proceso de implementación, de los cuales sólo dos canales están siendo ocupados.

La estación de Bijagual es un terminal doble, en la que se están utilizando equipos que anteriormente funcionaban en los enlaces de Quito – Atacazo, Sta. Ana – El Carmen (Guayaquil) y de la estación de Bombolí; así como también algunos equipos nuevos.

El enlace Bijagual – Quevedo es un sistema de 3+1 de 4×34 Mb/s; al igual que en el enlace anterior el tercer canal se encuentra desocupado.

La estación de Quevedo es un terminal doble, los equipos que funcionan aquí son los desmontados de los enlaces Quito – Atacazo, Sta. Ana – El Carmen (Guayaquil); así como también algunos equipos nuevos.

El enlace Quevedo – Tanques de Agua se conecta mediante un sistema de fibra óptica a 140 Mb/s. En la estación de Quevedo existe un acoplador eléctrico/óptico y en Tanques de Agua, en cambio se utiliza un acoplador óptico/eléctrico. Esta última estación tiene 4 tributarios de 34 Mb/s.

Actualmente, el enlace Tanques de Agua – Paylón es un sistema 3 + 1 de 4x34 Mb/s. La estación de Paylón es un terminal doble.

El enlace Paylón – Babahoyo es un sistema 3 + 1 de 4x34 Mb/s. La estación de Babahoyo es un terminal doble.

El enlace Babahoyo – Sta. Ana es un sistema 3 + 1 de 4x34 Mb/s. La estación de Sta. Ana es un terminal doble de 140 Mb/s y emplea diversidad de espacio para dirigirse hacia la estación de El Carmen (Guayaquil).

El enlace Sta. Ana – El Carmen (Guayaquil) es un sistema 6 + 1 de 2x140 Mb/s.

Además, en esta estación se envía la señal desde Guayaquil hacia Manta a 1x34 Mb/s.

El enlace Sta. Ana – Corozo es un sistema 1 + 1 de  $2 \times 34$  Mb/s. La estación de Corozo es un terminal doble.

El enlace Corozo – Cerro de Hojas es un sistema 1 + 1 de  $2 \times 34$  Mb/s. La estación de Cerro de Hojas es un terminal doble.

El enlace Cerro de Hojas – Manta es un sistema 3 + 1 de  $4 \times 34$  Mb/s. La estación de Manta es la Central de Tránsito Regional de Manta.

Cabe mencionar que en la actualidad se están implementando los sistemas 3 + 1 en las terminales que hemos mencionado en los párrafos anteriores; ya que antes eran sistemas 2 + 1. Esta red quedara completamente terminada aproximada en cuatro meses. En la figura 1.2 podemos apreciar un diagrama de bloques de la configuración de la red en actualización.

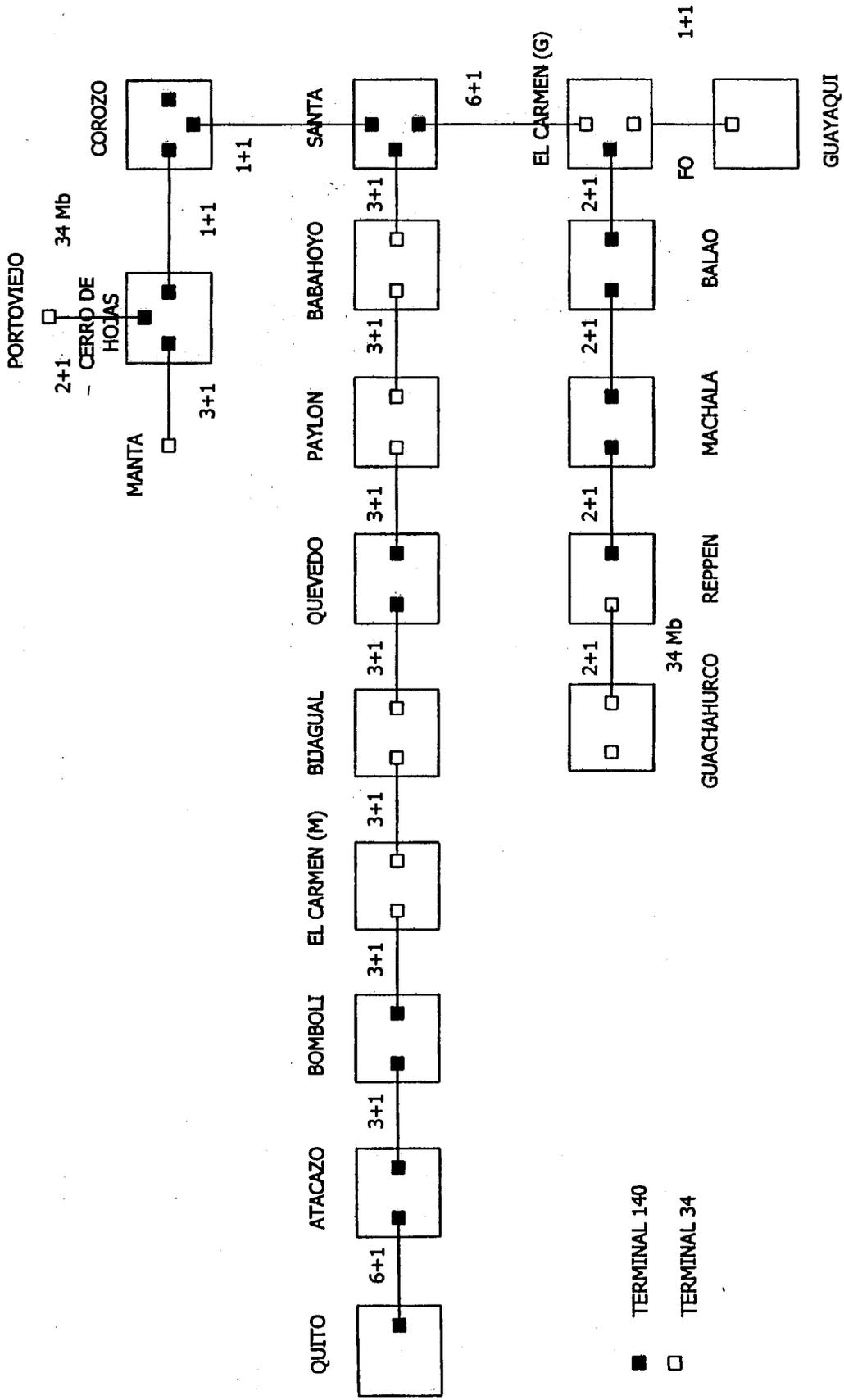


Figura 1.2. Red Actualizada de Transmisión Digital

## 1.2. PROBLEMA QUE INVOLUCRA

El principal problema es la tarificación de las llamadas telefónicas en la estación terminal de El Carmen (Manabí), puesto que geográficamente esta estación pertenece a la provincia de Manabí, por lo tanto se encuentra dentro de la jurisdicción de PACIFICTEL. Sin embargo debido a la configuración actual de la red de transmisión digital, la estación de El Carmen (Manabí) utiliza la red de ANDINATEL, esto ocasiona que la central de tránsito Nacional e Internacional considere a esta estación como población de ANDINATEL.

Lo que pretendemos con el presente estudio es la integración de la estación de El Carmen a la red de Telecomunicaciones de PACIFICTEL y que conmute con la Central de tránsito Regional de Manta que maneja toda la provincia de Manabí.

## 1.3. SITUACION ACTUAL DE TARIFACION

Al inicio de la operación de ANDINATEL y PACIFICTEL existirán situaciones transitorias por las cuales para que una de las partes pueda proveer el servicio a sus usuarios, deberá utilizar facilidades o infraestructura de la otra parte.

El caso de la central de El Carmen (Manabí) utiliza para su interconexión la red nacional de ANDINATEL.

El tráfico telefónico de la central de El Carmen, provincia de Manabí, de PACIFICTEL S.A., se enruta utilizando para su interconexión con la red nacional, la

Infraestructura de ANDINATEL S.A. la central telefónica de El Carmen pertenece a PACIFICTEL S.A. y utiliza la red de transmisión de ANDINATEL S.A. para conectarse a la central de tránsito de Guayaquil de PACIFICTEL S.A.

Así mismo existen algunas centrales que geográficamente pertenecen a ANDINATEL que sin embargo son servidas por PACIFICTEL, como por ejemplo es el caso de la central de Echeandía en la provincia de Bolívar que se enruta utilizando para su interconexión con la red nacional la infraestructura de PACIFICTEL.

El costo de las facilidades entre ANDINATEL y PACIFICTEL para los tipos de servicios transitorios, como el caso que nos ocupa de la central de El Carmen, habiendo hecho un análisis de los valores a liquidarse se ha establecido que existe una compensación mutua entre ambas empresas, PACIFICTEL y ANDINATEL, que no amerita establecer valores de liquidación, esto es, los valores que se recauden se quedan en cada empresa.

Esta situación sin embargo es transparente para el usuario, ya que la tarificación es la misma, Independientemente de como este diseñado el enrutamiento.

La central de El Carmen tiene código de área 05, perteneciente a la provincia de Manabí, sin embargo la serie numérica de la central es proporcionada por la central de tránsito de Quito, por lo tanto de esta forma esta central utiliza las facilidades de ANDINATEL.

En nuestro caso para el usuario el costo de una llamada hacia la ciudad de Manta o alguna población servida por la central de Manta es de tipo de llamada regional, es decir no importa que este servida por una central de ANDINATEL, el usuario paga el servicio como si fuera servido por PACIFICTEL.

Por consiguiente el principal beneficio de la implementación de esta ruta alternativa no sería tanto para el usuario como para la empresa (PACIFICTEL) pues de esta manera se integraría a esta central dentro de la red.

Al implementarse nuestra red alternativa, la central de El Carmen (Manabí) quedara como una central remota de la estación de Manta, siendo de esta forma servida por dicha estación. Los planes de numeración, así mismo corresponderán a esta estación, siendo por consiguiente la empresa PACIFICTEL la que provea del servicio telefónico a la central de El Carmen (Manabí) en lugar de ANDINATEL.

#### 1.4. SOLUCION AL PROBLEMA.

Como parte de la solución al problema descrito anteriormente, nuestro diseño incorpora un Multiplexor en la Terminal de El Carmen (Manabí), para poder insertar la señal de 34Mb/s usando el tercer canal de ésta estación e integrarnos con Quevedo y con Manta. Y a su vez utilizará otro Multiplexor en la Terminal de Quevedo para poder bajar la señal introducida y así enviarla hacia la estación siguiente, en éste caso Gramalotal.

Como podemos apreciar en el gráfico de la situación actual de la ruta, ésta no tiene un camino directo El Carmen – Quevedo – Manta, por lo cual otro de los aportes de nuestro estudio será el análisis del enlace digital de microondas que va desde Tanques de Agua hacia Gramalotal y desde Gramalotal hacia Cerro de Hojas, debido a que ésta ruta alternativa nos lleva directamente hacia Manta.

## 1.5. SITUACION PROPUESTA

La configuración que proponemos para la nueva ruta está conformada por las siguientes estaciones:

El Carmen (Manabí) – Bijagual

Bijagual – Quevedo

Quevedo – Tanques de Agua

Tanques de Agua – Gramalotal

Gramalotal – Cerro de Hojas

Cerro de Hojas - Manta

En la figura 1.3 se aprecia la ruta de transmisión digital del enlace de radio de nuestro interés.



Figura 1.3. Ruta de transmisión digital de interés

### 1.5.1. Descripción de la nueva configuración

La estación El Carmen (Manabí) tiene un sistema de canales 3+1; pero sólo se están utilizando por el momento dos canales. El canal libre (tercer canal) se utilizará para introducir una señal de 34 Mb/s a través de un multiplexor y conectarnos como una estación remota a la central de Manta. Como la estación de El Carmen (Manabí) es una estación con tecnología PDH, el multiplexor que emplearemos será lógicamente PDH.

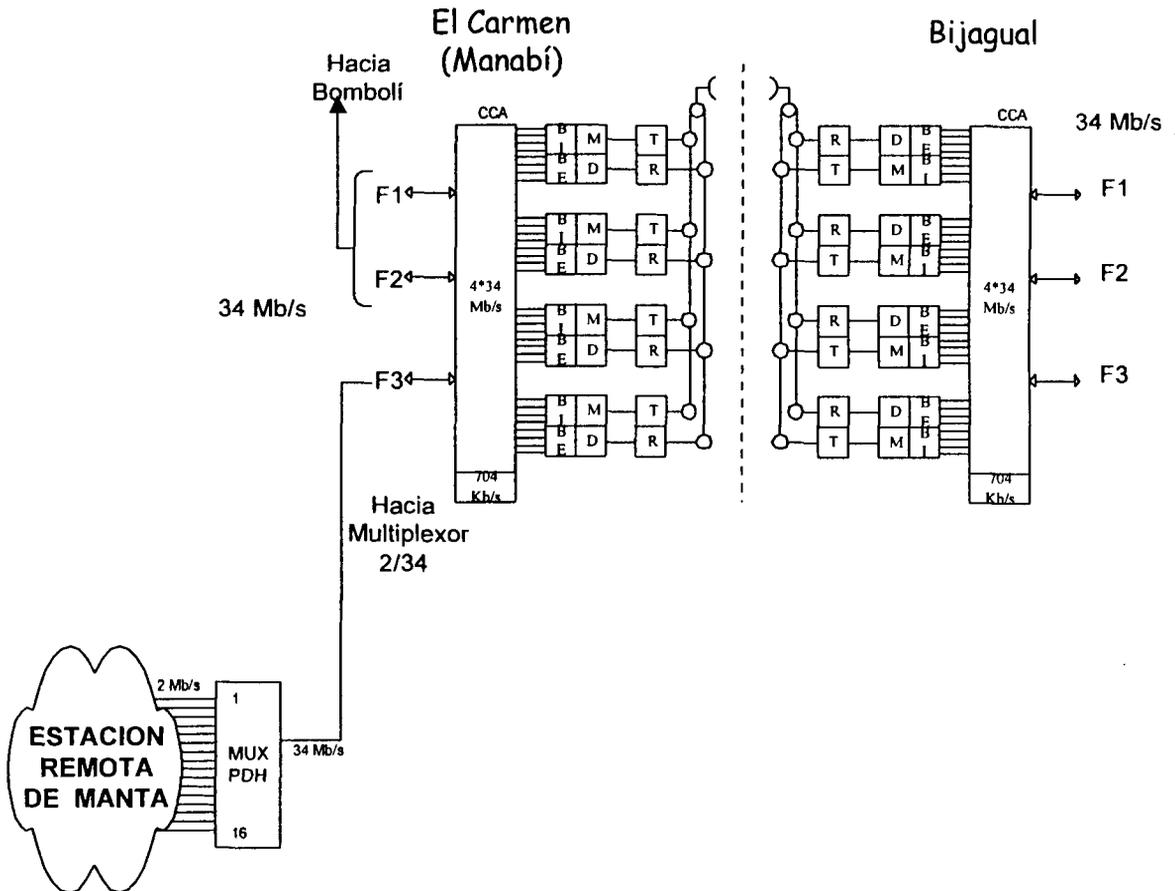


Figura 1.4. Enlace El Carmen (Manabí) – Bijagual

Luego la nueva señal continúa su recorrido por las estaciones Bijagual, Quevedo. En estas estaciones no hay la necesidad de colocar ningún equipo adicional, ya que la infraestructura actual soporta una nueva señal. Estas estaciones tiene una tecnología PDH.

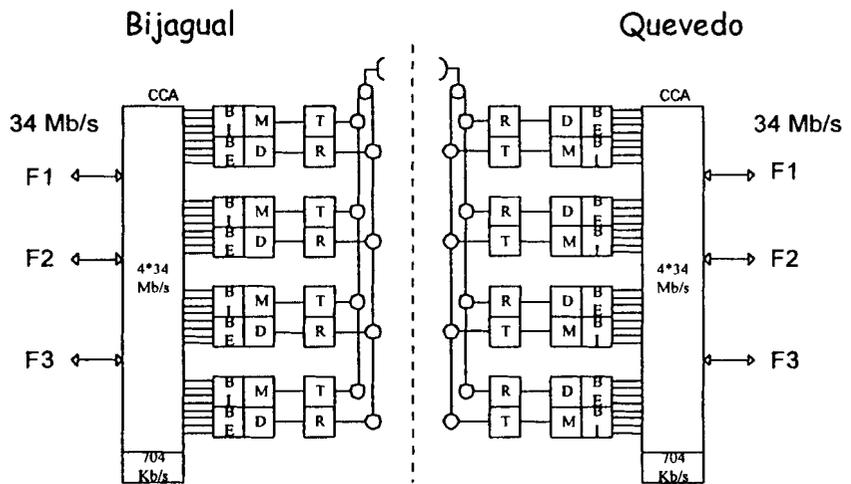


Figura 1.5. Enlace Bijagual – Quevedo

De la estación de Quevedo la señal viaja hasta Tanques de Agua por medio de fibra óptica. La estación de Tanques de Agua tiene 4 tributarios de 34Mb/s.

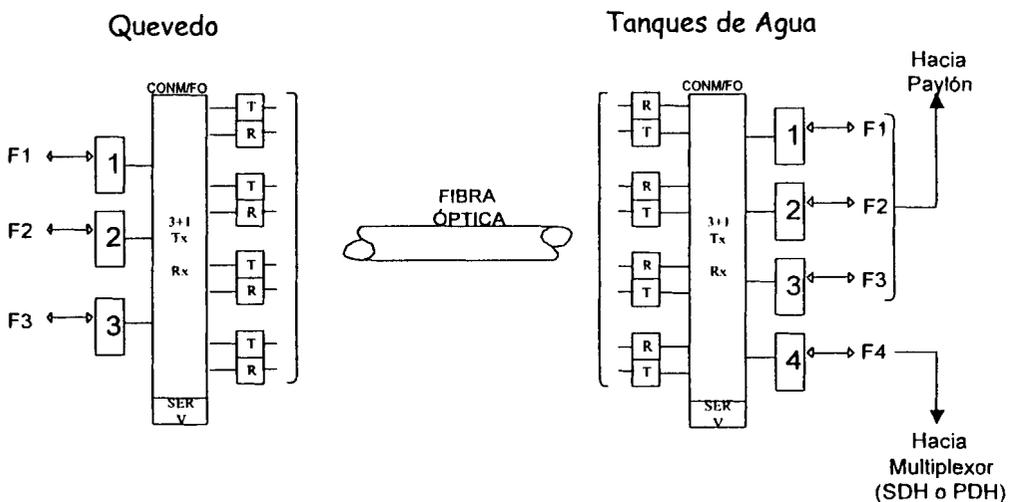


Figura 1.6. Enlace Quevedo – Tanques de Agua

En la estación de Tanques de Agua tenemos dos opciones de para conectarnos hacia la estación de Gramalotal, que son las siguientes:

- a. Del cuarto tributario de Tanques de Aguas de 34 Mb/s se conectará a un multiplexor para poder bajar la señal de 34M/s, que introducimos en El Carmen (Manabí), a  $16 \times 2$  Mb/s. Luego las señales  $16 \times 2$  Mb/s se conectarán al radio SDH de características  $21 \times 2$  Mb/s, quedando de esta manera  $5 \times 2$  Mb/s canales libres, que pueden ser utilizadas para dar servicio telefónico a los pueblos rurales de la zona aledaña al cerro de Tanques de Agua, brindándose este servicio mediante el uso de un radio Multilink. El radio emitirá la señal STM-1. El STM-1 viajarán hacia Gramalotal.

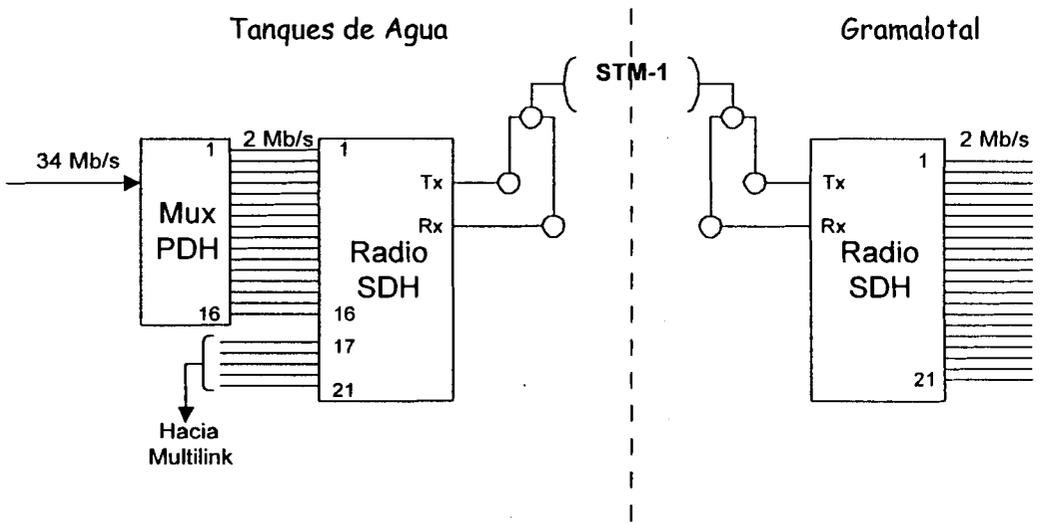


Figura 1.7. Enlace Tanques de Agua – Gramalotal (Opción a)

- b. Del cuarto tributario de Tanques de Aguas de 34 Mb/s se conectará a un multiplexor SDH con la característica de introducir directamente la señal de 34 Mb/s y de tener, adicionalmente,  $5 \times 2$  Mb/s canales,

pueden ser utilizadas para dar servicio telefónico a los pueblos rurales de la zona aledaña al cerro de Tanques de Agua, brindándose este servicio mediante el uso de un radio Multilink. Obteniendo a la salida del multiplexor la señal STM-1, que se conectarán al radio SDH. El radio emitirá la señal STM-1. El STM-1 viajarán hacia Gramalotal.

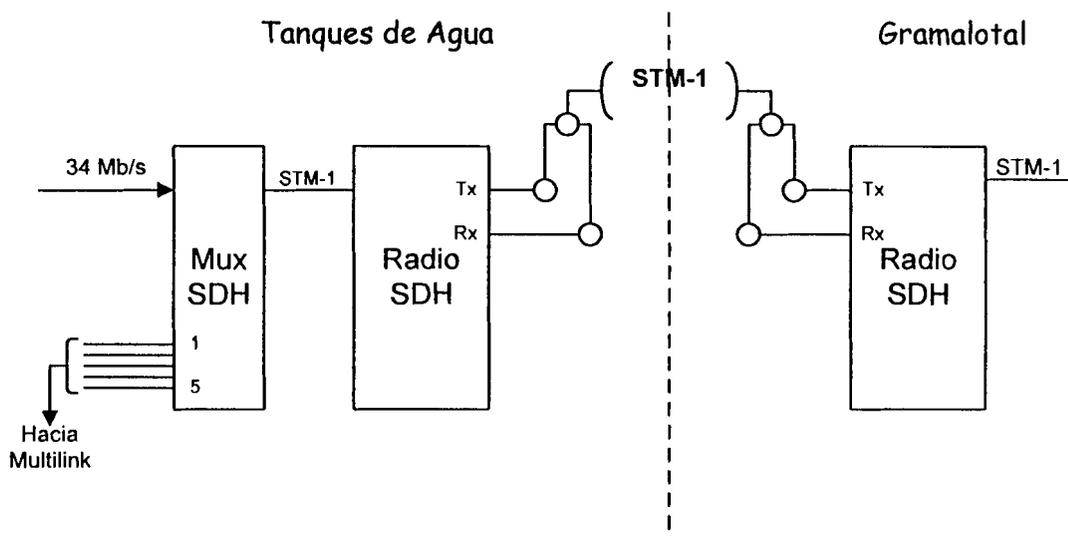


Figura 1.8. Enlace Tanques de Agua – Gramalotal (Opción b)

El enlace de Tanques de Agua – Gramalotal es un sistema 1 + 1 de  $2 \times 34$  Mb/s que utilizará tecnología SDH. Es un enlace totalmente nuevo.

En la estación de Gramalotal llegan las señales STM-1, de las cuales  $16 \times 2$  Mb/s vienen con la información desde El Carmen (Manabí) y las señales restantes de  $5 \times 2$  Mb/s que brindaran servicio telefónico a las poblaciones rurales aledañas al cerro Tanques de Agua, como El Cruce, La Cima, La China, La Esperanza, Valencia, El Belén, Dos Hermanos, entre otros recintos cuya población crece y por ende aumenta la demanda telefónica.

Esta estación es de tipo analógico, pero nosotros utilizaremos solamente la Infraestructura física para colocar los radios que emplearemos en nuestro enlace.

La señal STM-1 viajará hacia Cerro de Hojas formando el enlace Gramalotal – Cerro de Hojas, que es un sistema 1 + 1 de 2x34 Mb/s y también será de tecnología SDH. Este enlace también es nuevo.

En la estación de Cerro de Hojas se recibe la señal SDH y debemos transformarlas en señales PDH ya que esta estación trabaja con dicha tecnología. Para esto tenemos dos opciones que son las siguientes:

- a. Al llegar la señal STM-1 se receipta en el radio SDH y lo convierte en 21x2 Mb/s, estas señales se las introducirá en multiplexores PDH para subir la señal de 2 Mb/s a 34 Mb/s.

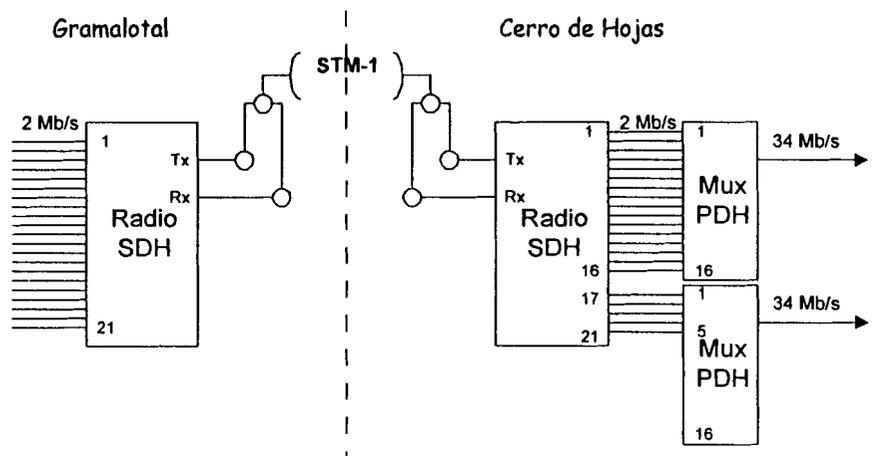


Figura 1.9. Enlace Gramalotal – Cerro de Hojas (Opción a)

- b. Al llegar la señal STM-1 se receipta en el radio SDH, esta señal se introducirá al multiplexor SDH obteniendo así las señales de 1x34

Mb/s y  $5 \times 2$  Mb/s. Aquí se deberá colocar un multiplexor para subir las señales de 2 Mb/s a 34 Mb/s.

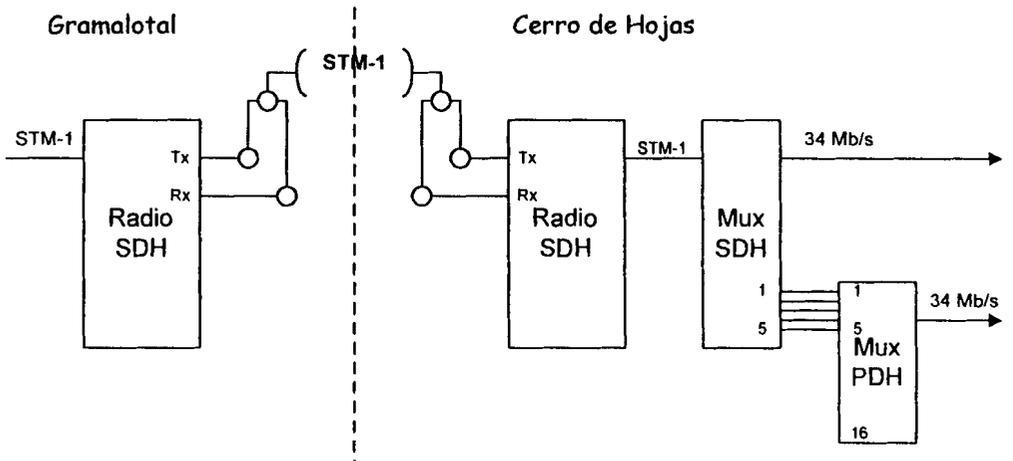


Figura 1.10. Enlace Gramalotal – Cerro de Hojas (Opción b)

Una vez obtenida la señal PDH en Cerro de Hoja, la señal continúa su recorrido hacia Manta. Para este enlace no hay la necesidad de colocar ningún equipo adicional, ya que la infraestructura actual soporta una nueva señal.

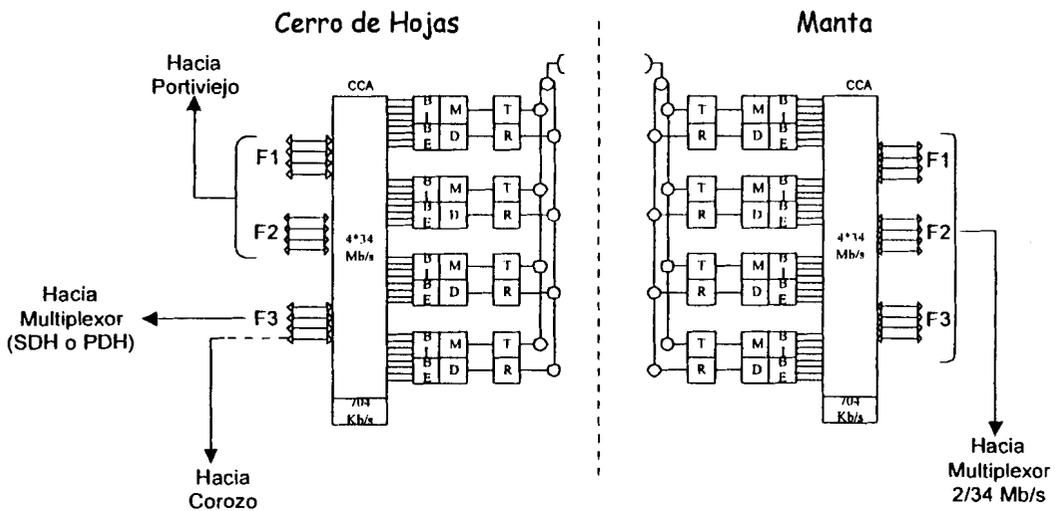
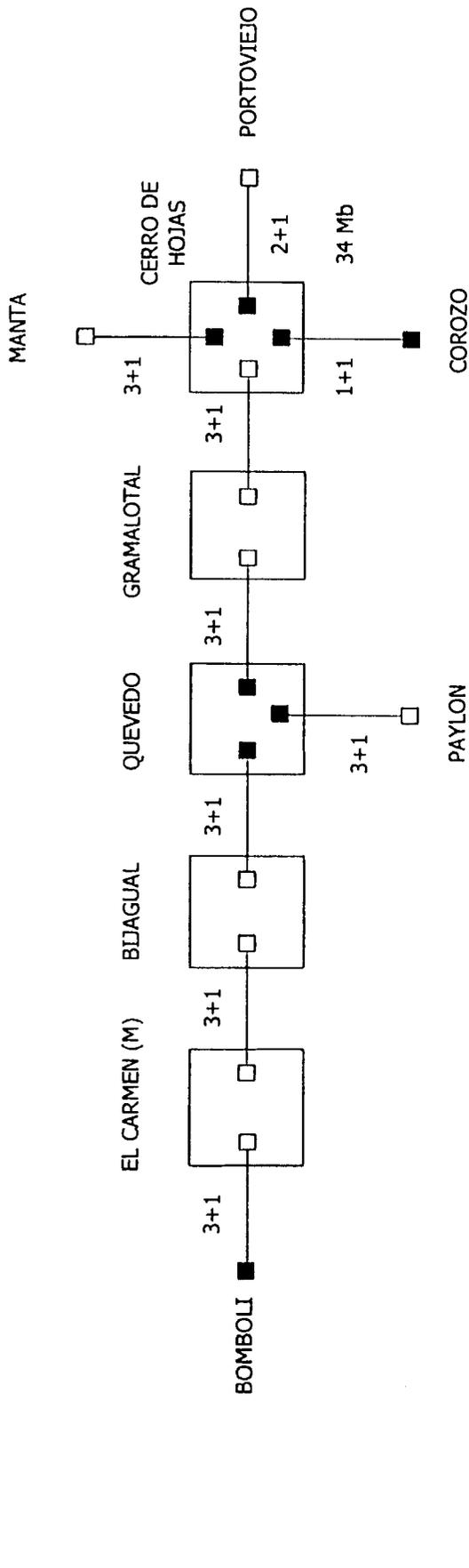


Figura 1.11. Enlace Cerro de Hojas – Manta

Manta es la central de Transito Regional que maneja la provincia de Manabí y es por eso que se desea que ésta tarife a la población El Carmen (Manabí).

En la figura siguiente se puede apreciar el diagrama en bloques de la nueva configuración para la red de radio enlace entre las ciudades principales El Carmen (Manabí) – Quevedo – Manta.



- TERMINAL 140
- TERMINAL 34

Figura 1.12. Situación propuesta de la red de Transmisión Digital

## CAPITULO 2

### TEORIA

#### 2.1. DEFINICION Y USO

El radioenlace es la técnica que permite el intercambio de información entre dos puntos geográficos, mediante la transmisión y recepción de ondas electromagnéticas.

Estas se propagan a la velocidad de la luz (aproximadamente 300.000 Km/seg), debido al fenómeno de radiación electromagnética.

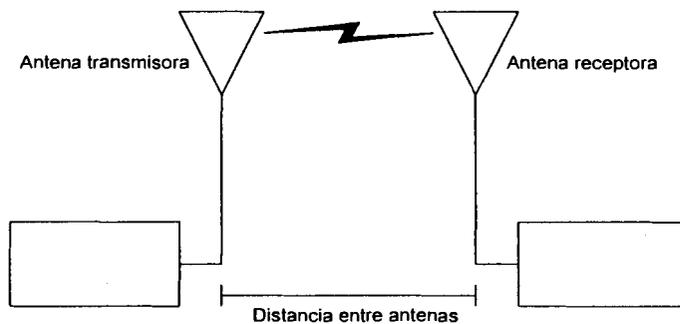


Figura 2.1. Sistema de Radiofrecuencias

En la figura 2.1, se puede observar el sistema conformado por un transmisor, que entrega su potencia de salida a una antena transmisora.

A una cierta distancia se encuentra la antena receptora que recibe dicha señal, para su posterior derivación a un equipo que procesa la misma para extraer la inteligencia transmitida.

Entre las antenas (transmisora y receptoras) se produce la propagación de ondas electromagnéticas.

Los sistemas de radioenlaces tienen diversos usos, que son función de la frecuencia de trabajo de los equipos transmisor y receptor.

Longitud de onda	10Km	1Km	100m	10m	1m	10cm	1cm	1mm	0.1mm
Frecuencia	30 KHz	300 KHz	3 MHz	30 MHz	300 MHz	3 GHz	30 GHz	300 GHz	3000 GHz
Designación	VLF	LF	MF	HF	VHF	UHF	SHF	EHF	SEHF
Banda	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Aplicaciones	Audio		Radio AM		Radio FM	TV	Microondas	Satélite	Infrarrojo

Figura 2.2. Gráfica del espectro de Frecuencia

## 2.2. PROPAGACION DE LAS ONDAS ELECTROMAGNETICAS

La existencia de ondas electromagnéticas, producidas por una corriente eléctrica oscilante de frecuencia alta, fue demostrada por primera vez por Heinrich Hertz en 1888.

Estas ondas electromagnéticas son conocidas como “ondas Hertzianas u ondas de radio”.

Las ondas Hertzianas son fundamentalmente similares a las de la luz, es decir precisamente como expresó, ambas son de características electromagnéticas.

### 2.3. ESPECTRO DE RADIOFRECUENCIAS

El espectro electromagnético se extiende sobre toda la gama de frecuencias utilizadas.

En la tabla 2.1, se detallan exclusivamente las bandas correspondientes al área de comunicaciones.

BANDA DE FRECUENCIAS	DESIGNACIÓN	LONGITUD DE ONDA	USO EN COMUNICACIÓN
300KHz – 3MHz	MF	1Km – 100m	Radiodifusión AM
3MHz – 30MHz	HF	100m – 10m	Onda corta (radioaficionados)
30MHz – 300MHz	VHF	10m – 1m	TV, Radio FM, etc.
300MHz – 3GHz	UHF	1m – 10cm	Microondas TV
3GHz – 30GHz	SHF	10cm – 1cm	Microondas Satélites

Tabla 2.1. Bandas de frecuencias empleadas en las comunicaciones

## 2.4. NATURALEZA DE LAS ONDAS DE RADIO

Cuando se aplica una potencia de radiofrecuencia a una antena, los electrones contenidos en el metal del cual son parte constituyente, comienza instantáneamente a oscilar.

Estos electrones en movimiento, constituyen una corriente eléctrica que produce la aparición de un campo magnético concéntrico al conductor (antena) y un campo electrostático cuyas líneas de fuerza son perpendiculares a las líneas de fuerza del campo magnético.

Cuando la onda senoidal fluye a través el conductor de la antena, los campos eléctricos y magnéticos resultantes varían de forma y valor siguiendo paso a paso las variaciones de la corriente que les da origen.

La velocidad de las ondas de radio que viajan en el espacio libre es igual a la velocidad de la luz, es decir aproximadamente 3000.000 km/seg.

$$C = \lambda f$$

La relación anterior permite determinar la longitud de onda de una onda cualquiera en el espacio libre cuando se conoce su frecuencia.

El conocimiento de la longitud de ondas es importantísimo dado que las dimensiones finales de las antenas están directamente relacionadas con la longitud de onda de la frecuencia que sobre ella se aplica.

## 2.5. PROPAGACION DE LAS ONDAS DE RADIO

Las ondas de radio se pueden propagar de acuerdo a los siguientes modos: propagación por onda terrestre, propagación en línea recta (línea de vista) y propagación por onda espacial.

### 2.5.1. Propagación por onda terrestre

En este tipo de propagación se observa que las ondas terrestres mantienen contacto permanente con la superficie de la tierra desde la antena transmisora hasta la receptora.

Como resultado de ello, su movimiento sobre el terreno provoca la aparición de corrientes eléctricas que debilitan la onda original a medida que la misma se aleja de la antena transmisora.

A una determinada distancia (desde la antena transmisora), que depende de la potencia emitida como así también de la frecuencia, la amplitud de la onda terrestre se anula.

En la mayoría de las bandas que utilizan los radioaficionados, las longitudes de onda que más se usan (en especial los novatos), son demasiado pequeñas para permitir este tipo de propagación.

A medida que la longitud de onda disminuye, las corrientes inducidas en el terreno debilitan tanto la onda terrestre que la pérdida total de energía provoca la desaparición de la onda.

#### 2.5.2. Propagación en línea recta (línea de vista)

La propagación en línea recta se caracteriza porque la onda emitida desde la antena transmisora, viaja en forma directa a la antena receptora sin tocar el terreno ni la ionósfera.

Este tipo de radiación, se utiliza principalmente en bandas de frecuencias muy elevadas (VHF) y ultra elevadas (UHF).

Un ejemplo práctico de esta forma de transmisión lo constituyen los servicios de televisión (TV) y radiodifusión de frecuencias moduladas (FM).

En este tipo de propagación, las alturas de las antenas y la distancia entre las mismas tienen una importancia fundamental en la comunicación.

### 2.6. PRINCIPIOS FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISION

Para comprender estos principios de funcionamiento de la transmisión, introduciremos los siguientes conceptos:

### 2.6.1. Distancia al horizonte

Es la distancia cubierta por una onda que se propaga en línea recta desde la antena transmisora hasta rozar tangencialmente la superficie de la tierra.

### 2.6.2. Distancia de alcance visual

Es la máxima distancia a la cual pueden instalarse dos antenas, de alturas determinadas, sobre la superficie de la tierra si se desea que se establezca entre ambas una comunicación en línea recta.

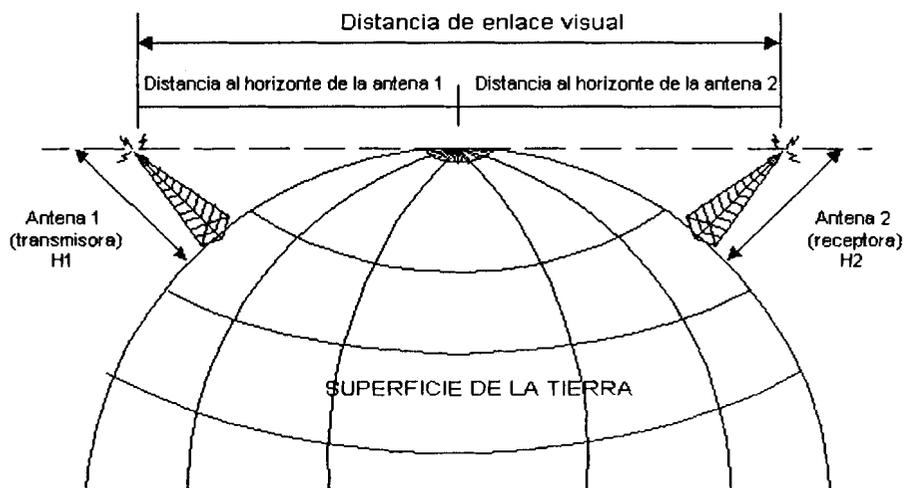


Figura 2.3. Distancia de Alcance visual y distancia al horizonte

En la figura 2.3, puede apreciarse la distancia de alcance visual y distancia al horizonte. A partir del análisis de dicha figura, se puede determinar la distancia al horizonte mediante la siguiente ecuación:

$$D = 3.61 \cdot \sqrt{H}$$

Sin embargo, se ha establecido prácticamente el valor real de la máxima distancia de alcance visual directo es mayor que el calculado por la fórmula anterior.

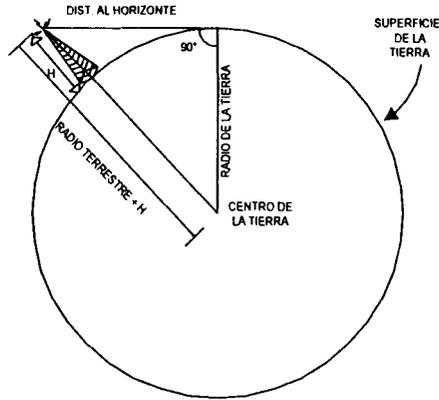


Figura 2.4. Cálculo geométrico de la distancia al horizonte de una antena de altura H

Este fenómeno se debe a la estructura de la atmósfera, en la zona cercana a la superficie de la tierra, que ocasiona la curvatura, ligeramente hacia debajo de las ondas, aumentando el alcance de acuerdo a la siguiente expresión:

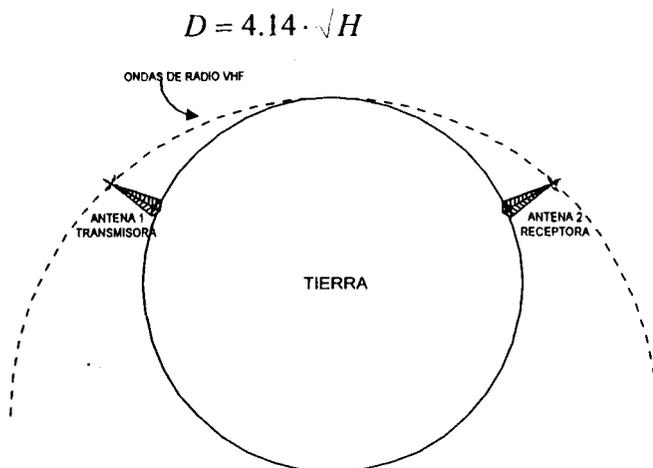


Figura 2.5. Efecto de la curvatura de las ondas electromagnéticas.

En la figura 2.5, se puede observar la extensión de la distancia visual por efecto de la curvatura de las ondas electromagnéticas.

## 2.7. PROPAGACION POR ONDA ESPACIAL

Excepto para lagunas comunicaciones locales, que pueden realizarse por onda terrestre, la mayoría de las comunicaciones comprendidas en la banda de frecuencias que comprenden de 3 a 30 MHz (HF), se efectúan por onda espacial.

Este tipo de onda de radio, emitida desde una antena transmisora, es refractada por la ionósfera y retorna a la tierra (figura 2.6).

Estas transmisiones son inestables pues dependen del comportamiento de la ionósfera.

El mismo se puede predecir con un determinado margen de error. La ionósfera es una zona de la atmósfera afectada por la radiación ultravioleta del sol, rayos cósmicos, materiales, etc.

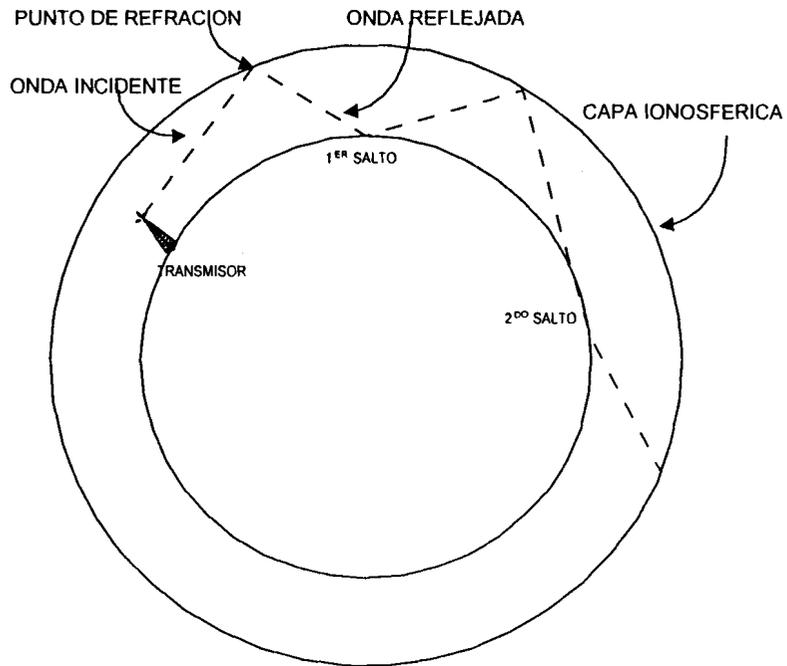


Figura 2.6. Refracción de las ondas de radio en la ionosfera.

### 2.7.1. Las capas ionosféricas

La ionósfera es una zona formada por las ondas electromagnéticas provenientes del sol y está conformada por las siguientes capas o regiones (figura 2.7):

Región D

Capa E

Capa F<sub>1</sub>

Capa F<sub>2</sub>

Cuando una onda electromagnética, de longitud de onda correspondiente al ultravioleta, choca contra un átomo en la atmósfera, el resultado más probable es que algunos o varios electrones del átomo salten de la órbita interior a otra órbita más alejada (exterior) absorbiendo energía de la onda incidente.

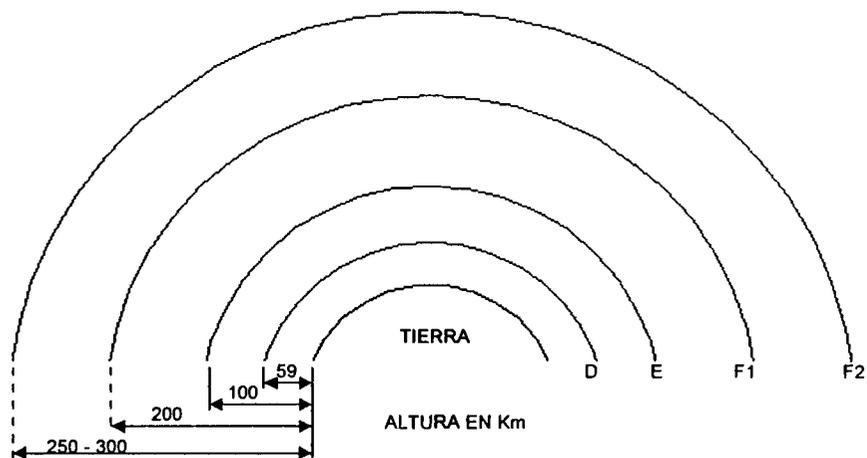


Figura 2.7. Estructura de las Ionosfera

## 2.8. PERDIDAS DE TRANSMISION.

La atenuación total entre los terminales de salida del transmisor y los terminales de entrada del receptor, se denomina pérdidas de transmisión. La atmósfera y la Tierra sobre las que viaja la señal de radio tienen un efecto modificador en las pérdidas en un trayecto de radio y existe una pérdida característica para una frecuencia y distancia dadas.

Las pérdidas de espacio libre son definidas como las pérdidas que se obtendrían entre dos antenas isotrópicas en el espacio libre donde no hay influencias de la

Tierra ni obstrucciones, en otras palabras donde no existe bloqueo, refracción, difracción y absorción.

Debido a los avances de la electrónica de los últimos tiempos las telecomunicaciones han alcanzado un elevado desarrollo puesto de manifiesto en la amplia gama de equipos con tecnologías sofisticadas que no tratan sino de brindar una alta calidad de servicio y una mejor confiabilidad a costos relativamente bajos.

Como se puede ver en éste proyecto las distancias que se tienen entre un enlace a otro no son tan altas, de manera que representa una ventaja en cuanto a que la calidad no se ve disminuida.

Ha sido necesario también tomar en cuenta la existencia de una completa línea de vista entre las dos estaciones, en cada tramo, para que de ésta manera la propagación de la onda electromagnética se vea libre de obstáculos.

## 2.9. ATENUACION DEL ESPACIO LIBRE

El modelo de propagación considera que el mismo se realiza en un medio que no es dispersivo (se tiene igual velocidad de fase en función de la frecuencia). Otra hipótesis que se considera es que solo el rayo directo o casi directo une las antenas (no hay reflexión ionosférica).

El modelo puede formalizarse considerando a las antenas como isotrópicas emitiendo igual densidad de energía en toda las direcciones. Existe una imposibilidad de captar toda la energía emitida. Si la transmisión se realiza en el espacio libre de obstáculo se tiene una atenuación de espacio libre:

$$A_0 = 32.5 + \log f + 20 \log d$$

Donde:

$A_0$  es la atenuación del espacio libre dB,

$f$  es la frecuencia del enlace en MHz y

$d$  es la longitud en Km.

Cuando la propagación se realiza en la atmósfera se tiene variantes. La atmósfera normal se caracteriza por tener una variación lineal decreciente del índice de refracción con el incremento de la altura. Esto se traduce en una curvatura de la onda hacia la tierra por refracción.

## 2.10. EFECTO DE LA REFRACCION

Según lo dicho la refracción en la atmósfera produce la curvatura del rayo, lo cual puede considerarse un proceso estadístico.

La denominada "atmósfera estándar" corresponde a una curvatura hacia la tierra. Por lo tanto se puede definir un radio aparente  $R_a$  (que permite graficar el rayo de unión en forma recta) en función del radio real de la Tierra 6378km ( $R_r$ ):

$$R_a = k * R_r$$

En regiones de clima tropical templado el valor de  $k$  es 1,33. En regiones árticas disminuye a 1,2 y aumenta en el trópico a 1,5.

De esta manera se puede graficar el perfil topográfico del terreno de tal forma que el rayo se curva hacia arriba en una Tierra plana (radio aparente infinito) o es recto en una Tierra de curvatura con radio  $R_a$  ( $k=1,33$ ) lo cual es válido como valor medio.

## 2.11. EFECTOS DE LA DIFRACCION

Una antena emite una onda en expansión. El principio de Huggens establece que cada elemento del frente de onda produce un frente de onda secundario. Por ello existen infinitos caminos que unen las antenas. Como los rayos difractados recorren un camino más largo llegan con un retardo que puede estar en fase produciendo una interferencia aditiva o sustractiva.

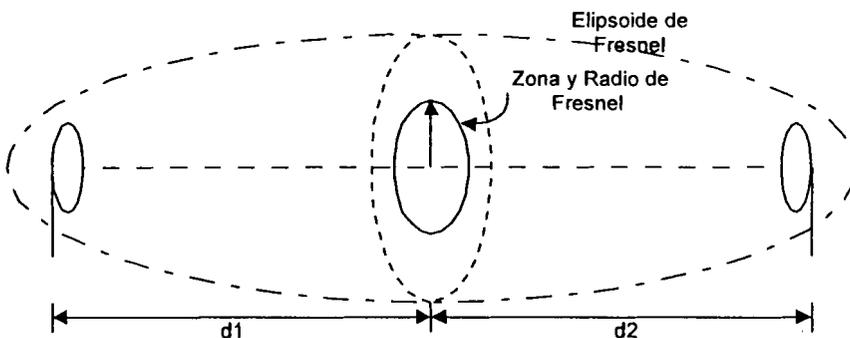


Figura 2.8. Zona de Fresnel

El efecto queda determinado en el elipsoide de Fresnel de la figura 2.8 se denominan zonas de Fresnel a las coronas circulares concéntricas que determinan los rayos difractados en fase y contrafase en forma alternativa. Dentro de este elipsoide de revolución la primera zona de Fresnel esta caracterizado por el radio  $r_f$  que se calcula mediante:

$$r_f = 17.3 \sqrt{\frac{d_1 \cdot d_2}{f(d_1 + d_2)}}$$

Donde:

$d_1$  y  $d_2$  son las distancias desde las antenas al punto de obstáculo en Km,

$f$  la frecuencia en GHz y

$r_f$  el radio de Fresnel de la primera zona en m.

Las zonas impares tienen una contribución aditiva y las pares sustractivas. La potencia de recepción es la suma de todas las contribuciones cuya amplitud disminuye con el aumento del orden.

Se define un despejamiento  $D$  como la separación entre el extremo del obstáculo y el rayo directo. Es natural que dicho valor  $D$  sea finito y que por ello produzca atenuación adicional al tapar la zona de Fresnel.

## 2.12. CRITERIOS DE DESPEJAMIENTO

Para enlaces de UHF con frecuencias menores a 1000MHz se procede a dejar un despejamiento  $D$ :

$D = 0,1 * rf$  y considerando un  $k = 0,66$

En cambio para enlaces entre 1500 y 2000 MHz los criterios pueden ser:

$D = 0,6 * rf$  y considerando un  $k = 1,33$

$D = 0,3 * rf$  y considerando un  $k = 0,66$

En frecuencias superiores a 2000MHz se determina un valor de despejamiento:

$D = 0,6 * rf$  y considerando un  $k = 0,66$

$D = rf$  y considerando un  $k = 1,33$

Para a casos de usar diversidad de espacio se toma un despejamiento  $D = 0,6*rf$  para  $k = 1,33$  en la antena inferior. Además un despejamiento  $D$  de  $0,6*rf$  permite obtener una potencia de recepción igual al espacio libre.

### 2.13. CALCULO DE LA ALTURA DE LAS ANTENAS

El último paso para realizar el cálculo de las alturas de las antenas es un problema trigonométrico. La relación entre toda las variables es:

$$D = \left[ \frac{((A + h_a) \cdot d_2 + (B + h_b) \cdot d_1)}{d_1 + d_2} \right] - H - \frac{0.0784(d_1 \cdot d_2)}{k}$$

Donde:

A y B son las alturas del terreno en las antenas sobre el nivel del mar en m,

$h_a$  y  $h_b$  son las alturas de las antenas sobre el terreno en m,

H es la altura del obstáculo en m,

$d_1$  y  $d_2$  son las distancias al obstáculo en km,

$D$  es el despejamiento en m para un coeficiente  $k$ .

Con el valor del despejamiento se calculan las alturas de antenas en  $h_b$  tomándose el valor más favorable y teniendo en cuenta si se tendrá diversidad de espacio.

$$h_b = \left[ \left( D + H + \frac{0.0784 \cdot (d_1 \cdot d_2)}{k} \right) \cdot (d_1 + d_2) \right] + [(A + h_a) \cdot d_2] - B$$

## 2.14. CALCULO DE DESVANECIMIENTO

El margen de desvanecimiento FM se interpreta como el valor diferencia entre la potencia nominal y la potencia umbral del receptor. La potencia nominal de recepción puede ser calculada y consiste en restar a la potencia del transmisor  $P_{tx}$  las atenuaciones del circuito de microondas, teniendo en cuenta la ganancia de las antenas y la atenuación del espacio libre.

La expresión que permite el cálculo será entonces para la potencia nominal de recepción:

$$P_{rx} = P_{tx} - A_{fc1} - A_{g1} + G_1 - A_{12} + G_2 - A_{g2} - A_{fc2}$$

Donde:

$A_{fc}$  es la atenuación de los filtros y circuladores

$A_g$  la atenuación de las guías de ondas

$G_1$  y  $G_2$  la ganancia de las antenas

$A_{12}$  la atenuación del espacio libre en dB.

El valor de la potencia es variable según el equipo. Esta expresión tiene en cuenta la atenuación de espacio libre solamente por lo cual supone un despejamiento. Se puede encontrar atenuaciones adicionales como es el caso de obstáculos mal despejados o por existencia de vegetación en el trayecto. Se pueden prever variaciones debido a la densidad de la vegetación, la frecuencia la humedad de las hojas, la presencia de nieve en las ramas.

Cuando la antena está cerca de la arboleda la señal se propaga dentro de ella y la pérdida adicional se puede contabilizar como:

$$A = 10.187 * f^{0.284} * d^{0.588}$$

Donde:

$f$  es la frecuencia en GHz ( $f$  válida hasta 10GHz)

$d$  la longitud de la arboleda en m ( $d$  válido hasta 400m).

Si en cambio se encuentra lejos de la antena la arboleda se comporta como una arista y produce difracción.

## 2.15. DESVANECIMIENTO POR HIDROMETEOROS

Los hidrometeoros (lluvia, niebla, nieve y granizo), gases y partículas sólida (polvo y arena) producen una atenuación que puede considerarse plana dentro de la banda del canal de microondas.

Los efectos de la lluvia se aprecian a frecuencias superiores a 5GHz. La lluvia produce atenuación por absorción, dispersión de la onda y despolarización de la onda.

Se puede observar que los gases y la niebla solo tiene importancia a frecuencias muy altas. También la nieve carece de influencia por debajo de los 50GHz. El granizo en cambio es importante por encima de los 2GHz pero el porcentaje del tiempo de ocurrencia es tan reducido que no se lo considera.

Menciones sobre tormentas de polvo y arena indican valores de atenuación reducidos.

## 2.16. INDISPONIBILIDAD POR FALLAS

La confiabilidad puede definirse como la capacidad de un componente, equipo o sistema de no fallar durante un período de tiempo. Existe una relación matemática entre la confiabilidad de las partes, componentes y el sistema.

La confiabilidad distingue tres tipos de fallas:

- a) Fallas que ocurren al iniciarse el periodo de vida operativo y que suceden generalmente por defecto de fabricación, control de calidad o instalación;
- b) Fallas debidas al desgaste y que depende del mantenimiento y

c) 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 conveniencia se utiliza la inversa de la tasa de fallas aleatorias denominada Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) expresado en horas.

La mantenibilidad puede definirse como la probabilidad de restituir o volver a poner en marcha un tiempo determinado a un sistema que ha sufrido fallas o Interrupción. El tiempo de Interrupción comprende el tiempo logístico de movilidad y el administrativo. Se expresa a través del Tiempo Medio de Reparación (MTTR) indicado en horas.

El valor de MTTR puede reducirse adoptando normas de mantenimiento como ser: diseño para requerir un mínimo de idoneidad técnica y herramienta; uso de módulos enchufables e Intercambiables; uso de alarmas claras y distribuidas; pruebas simples ON-OFF; rotulados de módulos y equipos; etc.

La disponibilidad se define como la probabilidad que el sistema se encuentre trabajando en forma satisfactoria y equivale a:

$$D = 1 - I; \quad I = \text{MTTR} / (\text{MTTR} + \text{MTBF})$$

La indisponibilidad I expresada como US% se aproxima por  $\text{MTTR}/\text{MTBF}$ .

Para el caso de un sistema 1 + 1 para tener una disponibilidad efectiva se la calcula:

$$US_N \% = (X_N + 0,5 * US_O * I_X + I_S) * 100\%$$

$$X_N \approx (N + 1) * US_O^2 / 2$$

Donde  $X_N$  tiene en cuenta la indisponibilidad de los sistemas principales y el Stand By de reserva en forma simultánea. La nomenclatura dice:

$I_X$  la indisponibilidad de las partes en paralelo del sistema de conmutación.

$I_S$  la indisponibilidad de las partes en serie del sistema de conmutación.

## 2.17. ESTRUCTURA NUMÉRICA DE LAS SEÑALES EN LA RED SDH. EL STM-1

La estructura numérica base en la SDH está constituida por la trama del así llamado módulo de transporte sincrónico del primer nivel jerárquico indicado con la sigla STM-1 (Synchronous Transport Module de 1er nivel) con el cual, a través de un proceso de multiplexación de intercalado de octetos se construyen los módulos de transporte sincrónico de nivel superior (STM-N) de la jerarquía SDH.

## 2.18. ESTRUCTURA DE LA TRAMA (STM-1)

La estructura de la trama de una señal STM-1 consiste en 9 hileras de 270 bytes cada una. Cada byte se compone de 8 bits.

La frecuencia de trama (8 KHz) es seleccionada de modo que 1 byte de la trama pueda corresponder a la capacidad de transición de un canal de 64 Kb/s.

Esencialmente cada trama se compone de:

1. Una trama de sección llamada "Section Overhead" indicada con la sigla SOH que utiliza los 9 primeros bytes de cada hilera, excepto la cuarta normalmente usada para la transmisión de la información de servicio.
2. Un campo de 261x9 bytes más los 9 primeros bytes de la cuarta hilera del STM-1 que constituye la "Unidad Administrativa" indicada con la sigla AU-4 en la que se coloca la carga útil a transportar.

## 2.19. LA UNIDAD ADMINISTRATIVA "AU-4"

La AU-4 se compone a su vez de dos partes:

Un campo formado por los primeros 9 bytes de la cuarta hilera que constituye el OVERHEAD de la Unidad Administrativa indicada con la sigla "AUOH".

El campo de los 261x9 bytes remanentes dividido en celdas temporales de 9 bytes cada una de dirección dada, en la que se insertará la así llamada carga útil (PAYLOAD).

Los 9 bytes del AUOH servirán para el envío por medio de los punteros de la dirección de la celda temporal de la parte PAYLOAD en la cual la señal a transportar tiene su inicio.

La estructura de dicha señal luego llamada "Contenedor Virtual" es indicada con la sigla VC-4 que a su vez se compone de dos partes:

- Un campo de 9x260 bytes llamado CONTENEDOR es indicado con la sigla C-4 en la que se carga la señal útil propiamente dicha.
- Una parte agregada de 9 bytes llamada PATH OVERHEAD es indicada con la sigla POH necesaria para la transmisión del servicio relativo al canal.

Como se puede notar entonces, la capacidad de transporte completo del "VC-4" coincide con la capacidad de transporte de la "AU-4" privada del AUH igual a:

$$C_{VC-4} = 8 \times (9 \times 261) \times 8 \times 10^3 = 150.336 \text{ Mb/s}$$

Mientras que la capacidad de transporte del contenedor propiamente dicho C-4 resulta ser igual a:

$$C_{C-4} = 8 \times (9 \times 260) \times 8 \times 10^3 = 149.760 \text{ Mb/s}$$

La situación puede resumirse en la figura de abajo.

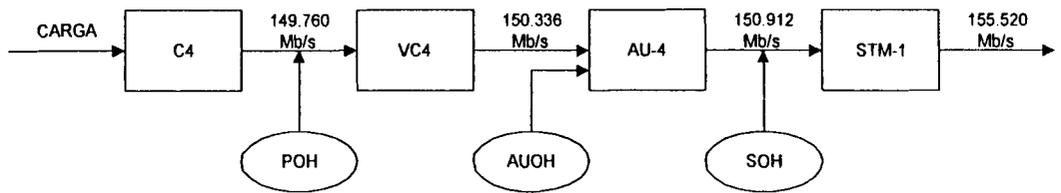


FIGURA 2.9. Estructura del STM-1

Se observa que el concepto de red y de multiplexación sincrónica presupone que los relojes de todos los elementos de la red estén enganchados a un reloj común de sincronización de la red.

Sin embargo la normativa SDH, previendo dicha estructura de trama, permite a la red operar correctamente incluso en presencia de flujos a transportar y/o de los elementos de red con relojes no enganchados al reloj de sincronización de red, esencialmenet por dos razones:

1. Permitir a la red SDH transportar los flujos de la actual jerarquía plesiócrona.
2. Poder hacer frente a posibles errores y/o disfunciones e inevitables disturbios en el sistema de distribución de la sincronización de la red.

En efecto, también en una red completamente sincrónica las fases de las diversas señales que llegan a un nodo pueden ser distintas entre sí por los diversos tiempos de propagación y variables en el tiempo a causa de las variaciones de los tiempos de propagación debidos a las variaciones de temperatura y/o al jitter introducido por los regeneradores de línea.

## 2.20. LA MULTIPLEXACIÓN ETSI

Para la formación de la señal a transportar con el módulo de transporte sincrónico del primer nivel jerárquico SDH, es decir el STM-1, el CCITT prevé la formación de estructuras numéricas, llamadas TUG (grupo de unidades tributarias) obtenidas con una técnica de multiplexación y de intercalado de octetos de las unidades tributarias TU, en consecuencia se pueden tener los siguientes casos:

- Un solo TU-2 o tres TU-12 en un TUG-2
- Un solo TU-3 o siete TUG-2 en un TUG-3
- Un solo C-4 o tres TUG-3 en un VC-4

Vale la pena observar que ésta modalidad de multiplexación prevé una distribución rígida de los últimos tributarios en el interior de la trama, es decir, permite una inserción/extracción inmediata de los tributarios, hecho que constituye uno de las principales ventajas de la SDH respecto de la jerarquía plesiócrona PDH.

## CAPITULO 3

# DISEÑO DEL ENLACE

### 3.1. TRAMOS DE LA RED

Los tramos que hemos empleado en el diseño de nuestra red han sido tomados considerando los recursos existentes proporcionados por las compañías de Telecomunicaciones del país.

El propósito es unir mediante estos tramos los puntos que geográficamente pertenecen a la región II.

El Carmen (Manabí):

Estación desarrollada en la zona urbana de El Carmen, provincia de Manabí, ubicada a 270 m. sobre el nivel del mar. Sus coordenadas geográficas son:

00° 16' 07" de latitud Sur y

79° 28' 22" de longitud Oeste

La estación de El Carmen (Manabí) es un terminal de 140 Mb/s.

Esta estación a pesar de estar ubicada geográficamente en la región II, utiliza la Infraestructura de telecomunicaciones de la región I (ANDINATEL).

### **Bijagual :**

La estación de Bijagual se encuentra ubicada en el cerro del mismo nombre en la provincia de Manabí, a 808 m. sobre el nivel del mar. Sus coordenadas geográficas son:

**00° 39 ' 15" de latitud Sur y**

**79° 17 ' 27" de longitud Oeste**

Esta estación es un terminal de 34 Mb/s.

### **Quevedo:**

La estación se encuentra en la ciudad de Quevedo provincia de Los Ríos. La altitud de Quevedo es de 68 m. sobre el nivel del mar. Sus coordenadas geográficas son:

**00° 00 ' 36" de latitud Sur y**

**79° 27 ' 58" de longitud Oeste**

La estación de Quevedo es un terminal de 140 Mb/s.

### **Tanques de Agua:**

La estación de Tanques de Agua se conecta con la estación de Quevedo por medio de fibra óptica.

**Manta:**

Esta estación terminal se encuentra desarrollada en la población urbana de Manta a 3m. de altura sobre el nivel del mar. Sus coordenadas geográficas son:

00° 56 ' 37" de latitud Sur y

80° 43 ' 15" de longitud Oeste

Se encuentra en el edificio de 3 plantas de PACIFICTEL, donde funcionan los equipos para transmisión analógica y digital.

En la tabla 3.1 se encuentran sumarizadas las estaciones de la red digital con sus coordenadas, alturas y distancias de cada uno de los trayectos y la longitud total del enlace.

Tramo	Sitio	Latitud Sur	Longitud Oeste	Altitud (m)	Distancia del tramo (Km)
1	El Carmen (Manabí)	00° 16' 07"	79° 28' 22"	270	45.8
	Bijagual	00° 39' 15"	79° 17' 27"	808	
2	Quevedo	01° 00' 36"	79° 27' 58"	68	43.1
3	Tanques de Agua	01° 00' 30"	79° 27' 50"	88	1
4		Gramalotal	01° 02' 35"	80° 01' 14"	482.2
5	Cerro de Hojas	01° 02' 28"	80° 23' 29"	652.5	57.9
6	Manta	00° 56' 37"	80° 43' 15"	3	22.7
Longitud total de la ruta					233

**Tabla 3.1. Terminal con sus respectivas coordenadas y altitudes**

Como se puede ver en la figura 1.3, nuestro diseño queda constituido en 5 trayectos de radioenlace, con una longitud total de 233Km. divididos de la siguiente manera:

1. El Carmen (Manabí) – Bijagual
2. Bijagual – Quevedo
3. Quevedo – Tanques de Agua
4. Gramalotal – Gramalotal
5. Gramalotal – Cerro de Hojas
6. Cerro de Hojas – Manta

Como se puede notar las estaciones escogidas para el radioenlace digital se encuentran desarrolladas actualmente y esto constituye una gran ventaja desde el punto de vista económico, porque ya existe toda la infraestructura necesaria para realizar nuevas instalaciones.

El tramo Tanques de Agua – Gramalotal es el único radioenlace nuevo pero presenta todas las facilidades para su futuro desarrollo.

El tramo Gramalotal – Cerro de Hojas se encuentra implementado para un radioenlace analógico, nuestra tarea será habilitarlo para un radioenlace digital.

Para el diseño de estos radioenlaces no hemos considerado ninguna clase de diversidad como protección de estos, debido a que las distancias entre ellos son relativamente cortas además que el haz no atraviesa por lagos o lugares con grandes

concentraciones de agua que podrían representar pérdidas por trayectorias múltiples o desvanecimiento.

También se han tomado en cuenta otras consideraciones para el cálculo de las pérdidas, así, se han tomado como constantes las pérdidas por conectores, pérdidas por lluvias y por desalineamiento de antenas para todos los casos, y estos valores han sido tomados en relación a valores reales.

Para los cálculos hemos tomado las siguientes constantes:

factor de curvatura =  $4/3$

radio de la Tierra = 6370 Km

Además de que tomaremos en consideración sólo la primera zona de Fresnel.

### 3.2. TRAMO TANQUES DE AGUA – GRAMALOTAL

La red empieza desde El Carmen (Manabí), Bijagual, Quevedo, estos enlaces ya están diseñados y se encuentran en pleno funcionamiento, parte de nuestro aporte será el diseño del radioenlace entre Tanques de agua y Gramalotal.

Luego del tramo entre Bijagual y Quevedo, la señal viaja por medio de fibra óptica hacia la estación de Tanques de Agua ubicada cerca de la ciudad de Quevedo. Desde aquí tenemos que diseñar el radioenlace hacia la estación de Gramalotal.

### 3.2.1. Especificaciones del radioenlace

#### Tramo: Tanques de Agua - Gramalotal

##### Perfiles:

Descripción	Síglas	Unidad	Cantidad
Longitud del tramo	Li	Km	62.50
Altitud del Gráfico	hgraf	m	0
Factor de Curvatura	K		1.33333
Puntos de Muestreo	Pm		25
Radio de la Tierra	a	Km	6,370

##### Grafico de Zona de Fresnel:

Descripción	Síglas	Unidad	Cantidad
Frecuencia de Operación	Fo	GHz	7.80
Potencia del transmisor	Po	W	0.20
Zona de Fresnel Número	n		1

##### Altura de las Antenas

Descripción	Unidad	Cantidad
Altura de la Antena 1	m	40
Altura de la Antena 2	m	20

Tabla 3.2. Datos del radio enlace para el tramo Tanques de Agua - Gramalotal

3.2.2. Datos de perfil, curvatura de la tierra y diagrama de perfil

COORDENADAS Y ALTITUDES DE LOS PUNTOS  
PARA EL TRAZADO DEL PERFIL  
Tanques Agua - Gramalotal

Altitud Mínima (m)	10
Altitud Máxima (m)	482

Item	NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (m)
0	Tanques de Agua	1° 0' 30"	79° 27' 50"	88
1				60
2				65
3				50
4				10
5				10
6				10
7				40
8				10
9				10
10				10
11				10
12				10
13				40
14				10
15				10
16				10
17				80
18				70
19				100
20				100
21				100
22				200
23				200
24				300
25	Gramalotal	1° 2' 35"	80° 1' 14"	482

Tabla 3.2. Datos de Coordenadas y altitudes para el trazado de perfil del tramo Tanques de Agua - Gramalotal

## CURVATURA DE LA TIERRA

Tramo: Tanques Agua - Gramalotal

Descripción	Unidades	Canddad
Longitud Tramo	LI (Km)	62.50
Incremento	DX (km)	2.5000
Factor Curvatura	K	1.3333
Altitud	hgraf (m)	0

$$Y(x) = \frac{L^2 x(1-x)}{12,74K}$$

Nº Div	Lx (Km)	x Lx/LI	Y(x) (m)	Y(x)+Altitud (m)	Perfil (m)
0	0.00	0.0000	0.0000	0.00	88.00
1	2.50	0.0400	8.8305	8.83	68.83
2	5.00	0.0800	16.9251	16.93	81.93
3	7.50	0.1200	24.2838	24.28	74.28
4	10.00	0.1600	30.9067	30.91	40.91
5	12.50	0.2000	36.7937	36.79	46.79
6	15.00	0.2400	41.9448	41.94	51.94
7	17.50	0.2800	46.3600	46.36	86.36
8	20.00	0.3200	50.0394	50.04	60.04
9	22.50	0.3600	52.9829	52.98	62.98
10	25.00	0.4000	55.1905	55.19	65.19
11	27.50	0.4400	56.6622	56.66	66.66
12	30.00	0.4800	57.3981	57.40	67.40
13	32.50	0.5200	57.3981	57.40	97.40
14	35.00	0.5600	56.6622	56.66	66.66
15	37.50	0.6000	55.1905	55.19	65.19
16	40.00	0.6400	52.9829	52.98	62.98
17	42.50	0.6800	50.0394	50.04	130.04
18	45.00	0.7200	46.3600	46.36	116.36
19	47.50	0.7600	41.9448	41.94	141.94
20	50.00	0.8000	36.7937	36.79	136.79
21	52.50	0.8400	30.9067	30.91	130.91
22	55.00	0.8800	24.2838	24.28	224.28
23	57.50	0.9200	16.9251	16.93	216.93
24	60.00	0.9600	8.8305	8.83	308.83
25	62.50	1.0000	0.0000	0.00	482.20

Tabla 3.4. Datos para la curvatura de la tierra para el tramo Tanques de Agua - Gramalotal

Perfil del Terreno  
Tanques Agua - Gramalotal

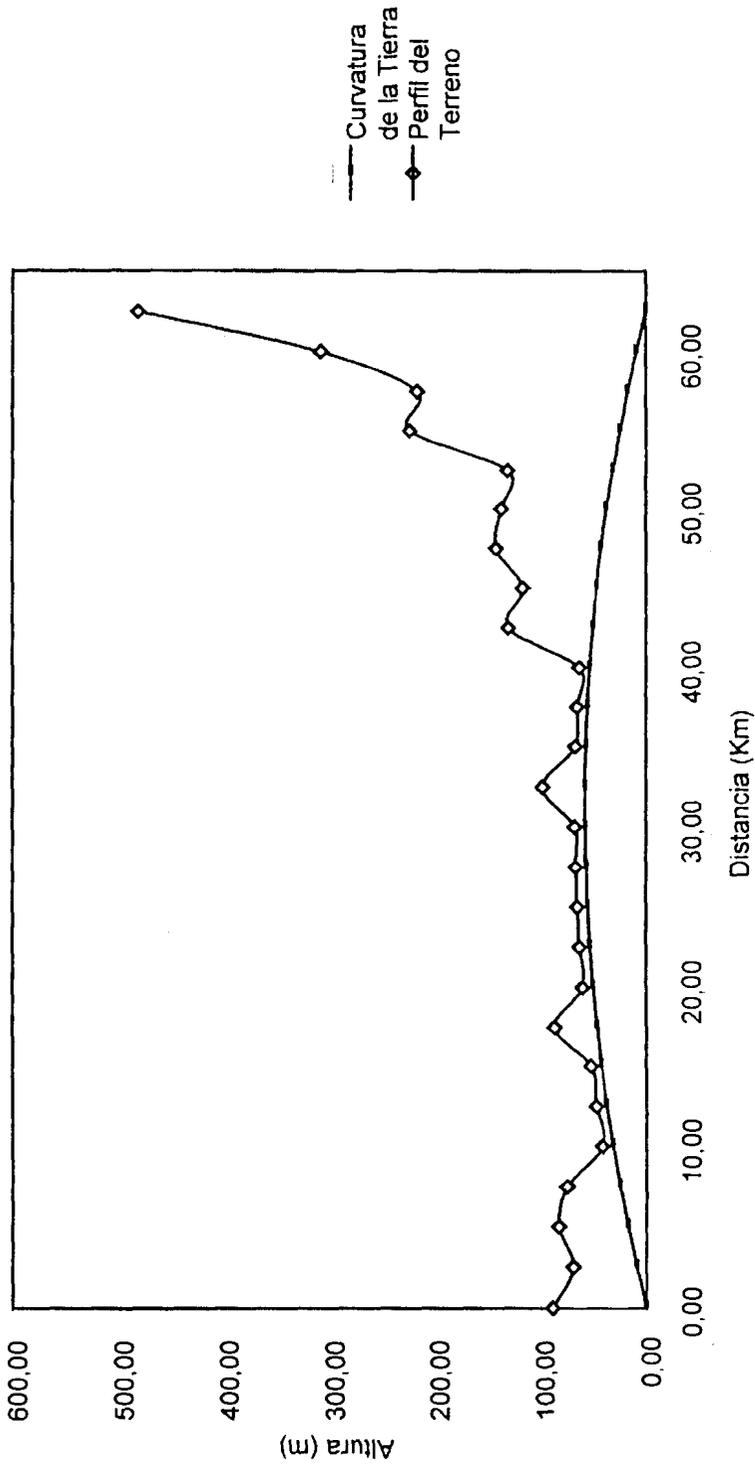


Figura 3.1. Diagrama de perfil del terreno. Tramo Tanques de Agua - Gramalotal

### 3.2.3. Cálculos del tramo y Diagrama de perfil con zona de Fresnel

#### ZONA DE FRESNEL

Zona de Fresnel No: 1

#### DATOS

Tramo:

Tanques Agua - Gramalotal

Frecuencia	GHz	7.80
Li	Km	62.50
n		1
Alt.Ant(h1)	m	40.00
Alt.Ant(h2)	m	20.00

Lamda (cm)	3.846153846
HA (m)	128
HB (m)	502
Dx (Km)	2.5000
Pendiente m	5.99

$$H(x) = \sqrt{n\lambda \cdot Lix(1-x)}$$

constant  
7.752

Nº Div	Lx (Km)	x Lx/Li	Hn(x) Radio	Línea de Vista	Lin. Vist+ H(x) (m)	Lin. Vist.-H(x) (m)	Margen de Apertura	Observ.
0	0.00	0.0000	0.00	128.00	128.00	128.00	40.00	Despeje
1	2.50	0.0400	3.04	142.97	146.01	139.93	71.10	Despeje
2	5.00	0.0800	4.21	157.94	162.14	153.73	71.80	Despeje
3	7.50	0.1200	5.04	172.90	177.94	167.87	93.58	Despeje
4	10.00	0.1600	5.68	187.87	193.56	182.19	141.28	Despeje
5	12.50	0.2000	6.20	202.84	209.04	196.64	149.84	Despeje
6	15.00	0.2400	6.62	217.81	224.43	211.19	159.24	Despeje
7	17.50	0.2800	6.96	232.78	239.74	225.81	139.45	Despeje
8	20.00	0.3200	7.23	247.74	254.98	240.51	180.47	Despeje
9	22.50	0.3600	7.44	262.71	270.15	255.27	192.29	Despeje
10	25.00	0.4000	7.60	277.68	285.28	270.08	204.89	Despeje
11	27.50	0.4400	7.70	292.65	300.34	284.95	218.29	Despeje
12	30.00	0.4800	7.75	307.62	315.36	299.87	232.47	Despeje
13	32.50	0.5200	7.75	322.58	330.33	314.84	217.44	Despeje
14	35.00	0.5600	7.70	337.55	345.25	329.86	263.19	Despeje
15	37.50	0.6000	7.60	352.52	360.12	344.92	279.73	Despeje
16	40.00	0.6400	7.44	367.49	374.93	360.05	297.06	Despeje
17	42.50	0.6800	7.23	382.46	389.69	375.22	245.18	Despeje
18	45.00	0.7200	6.96	397.42	404.39	390.46	274.10	Despeje
19	47.50	0.7600	6.62	412.39	419.01	405.77	263.83	Despeje
20	50.00	0.8000	6.20	427.36	433.56	421.16	284.36	Despeje
21	52.50	0.8400	5.68	442.33	448.01	436.64	305.74	Despeje
22	55.00	0.8800	5.04	457.30	462.33	452.26	227.97	Despeje
23	57.50	0.9200	4.21	472.26	476.47	468.06	251.13	Despeje
24	60.00	0.9600	3.04	487.23	490.27	484.19	175.36	Despeje
25	62.50	1.0000	0.00	502.20	502.20	502.20	20.00	Despeje

Tabla 3.5. Cálculos para la zona de Fresnel para el Tramo Tanques de Agua - Gramalotal

Zonas de Fresnel  
 Tanques Agua - Gramalotal

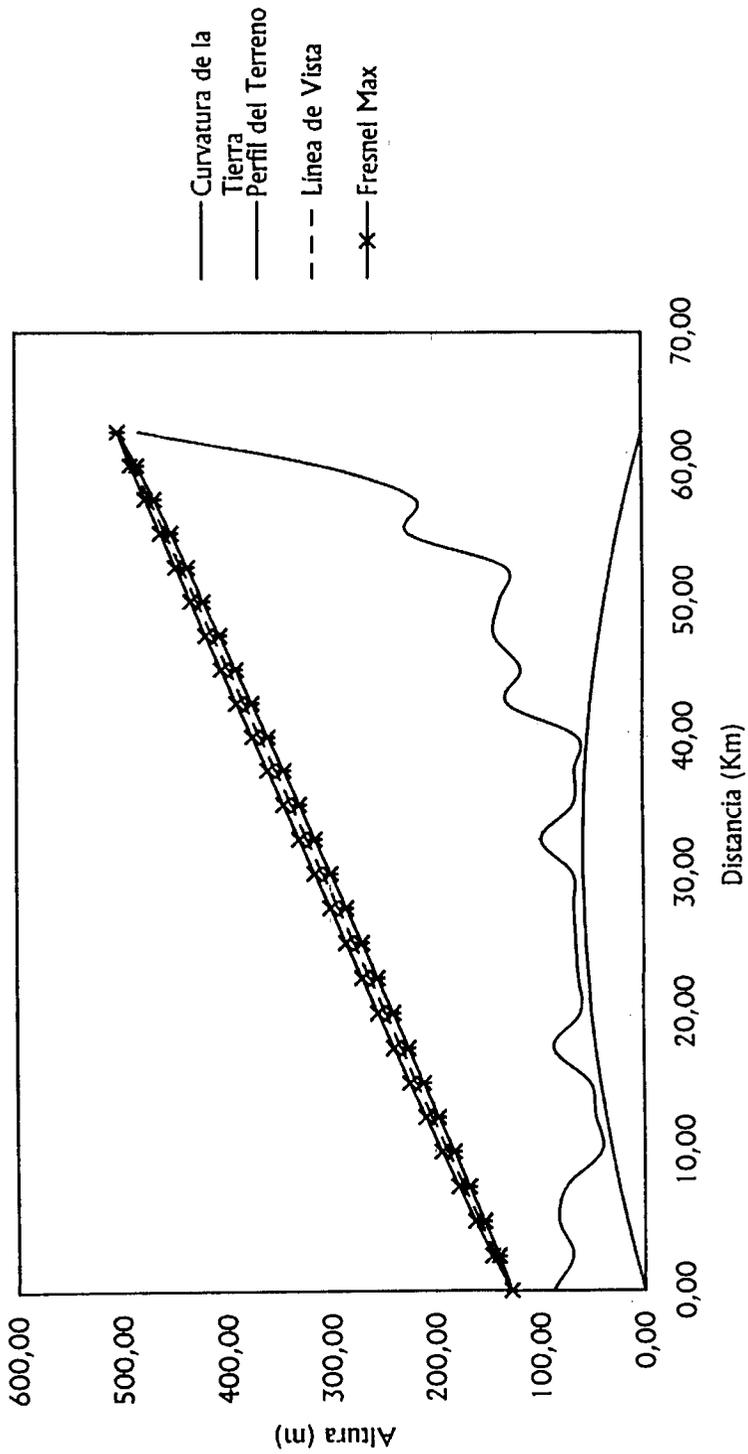


Figura 3.2. Diagrama de la zona de Fresnel . Tamo Tanques de Agua – Gramalotal

### 3.2.4. Pérdidas y ganancias del enlace

#### DATOS

DISTANCIA	Km	62.5
FRECUENCIA	GHz	7.8
METROS CABLE COAXIAL EN Tx	m	50
METROS CABLE COAXIAL EN Rx	m	30
ATENUACION CABLE COAXIAL	dB/100m	12
CONSTANTE DE TERRENO: a (SEMI-LISO)		1.00
CONSTANTE DE CLIMA: b (HUMEDO Y CALIDO)		2.00

#### GANANCIAS DEL SISTEMA

POTENCIA DE TRANSMISION	W	0.2
POTENCIA DE TRANSMISION	dBm	23.0
SENSIBILIDAD DE RECEPCION	dBm	-81.0
TOTAL	dBm	104.0

#### GANANCIAS DE LAS ANTENAS

GANANCIA DE LA ANTENA Tx	dB	41.0
GANANCIA DE LA ANTENA Rx	dB	41.0
TOTAL	dB	82.0

#### PERDIDAS DEL SISTEMA

PERDIDAS POR CABLE COAXIAL	dB	9.6
PERDIDAS EN CONECTORES	dB	0.2
PERDIDAS POR LLUVIA	dB	2
PERDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE	dB	146.16
PERDIDAS DESALINEAMIENTO	dB	2
TOTAL DE PERDIDAS	dB	159.96

POTENCIA RECIBIDA	dBm	-54.97
-------------------	-----	--------

MARGEN DE DESVANECIMIENTO	dB	26.03
---------------------------	----	-------

CONFIABILIDAD	%	99.43
---------------	---	-------

Tabla 3.6. Pérdidas y Ganancias del sistema

### 3.3. TRAMO GRAMALOTAL – CERRO DE HOJAS

#### 3.3.1. Especificaciones del radioenlace

Tramo: Gramalotal – Cerro de Hojas

##### Perfiles:

Descripción	Siglas	Unidad	Cantidad
Longitud del tramo	Li	Km	57.90
Altitud del Gráfico	hgraf	m	0
Factor de Curvatura	K		1.33333
Puntos de Muestreo	Pm		25
Radio de la Tierra	a	Km	6,370

##### Grafico de Zona de Fresnel:

Descripción	Siglas	Unidad	Cantidad
Frecuencia de Operación	Fo	GHz	7.80
Potencia del transmisor	Po	W	0.20
Zona de Fresnel Número	n		1

##### Altura de las Antenas

Descripción	Unidad	Cantidad
Altura de la Antena 1	m	20
Altura de la Antena 2	m	20

Tabla 3.7. Datos del radio enlace para el tramo Gramalotal – Cerro de Hojas

3.3.2. Datos de perfil, curvatura de la tierra y Diagrama de perfil

COORDENADAS Y ALTITUDES DE LOS PUNTOS  
PARA EL TRAZADO DEL PERFIL  
Gramalotal - Cerro de Hojas

Altitud Mínima (m)	90
Altitud Máxima (m)	653

Item	NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (m)
0	Gramalotal	1° 2' 35"	80° 1' 14"	482
1				400
2				400
3				300
4				300
5				200
6				200
7				200
8				300
9				150
10				200
11				300
12				200
13				150
14				100
15				100
16				90
17				90
18				100
19				100
20				100
21				150
22				200
23				300
24				400
25	Cerro de Hojas	1° 2' 28"	80° 23' 29"	653

Tabla 3.8. Datos de las coordenadas y altitudes para el trazado de perfil del tramo

Gramalotal – Cerro de Hojas

## CURVATURA DE LA TIERRA

Tramo: Gramalotal - Cerro de Hojas

Descripción	Unidades	Cantidad
Longitud Tramo	LI (Km)	57.90
Incremento	DX (km)	2.3160
Factor Curvatura	K	1.3333
Altitud	hgraf (m)	0

$$Y(x) = L^2 x(1-x) / 12,74K$$

Nº Div	Lx (Km)	x Lx/LI	Y(x) (m)	Y(x) + Altitud (m)	Perfil (m)
0	0.00	0.0000	0.0000	0.00	482.20
1	2.32	0.0400	7.5785	7.58	407.58
2	4.63	0.0800	14.5254	14.53	414.53
3	6.95	0.1200	20.8408	20.84	320.84
4	9.26	0.1600	26.5246	26.52	326.52
5	11.58	0.2000	31.5769	31.58	231.58
6	13.90	0.2400	35.9977	36.00	236.00
7	16.21	0.2800	39.7869	39.79	239.79
8	18.53	0.3200	42.9446	42.94	342.94
9	20.84	0.3600	45.4708	45.47	195.47
10	23.16	0.4000	47.3654	47.37	247.37
11	25.48	0.4400	48.6285	48.63	348.63
12	27.79	0.4800	49.2600	49.26	249.26
13	30.11	0.5200	49.2600	49.26	199.26
14	32.42	0.5600	48.6285	48.63	148.63
15	34.74	0.6000	47.3654	47.37	147.37
16	37.06	0.6400	45.4708	45.47	135.47
17	39.37	0.6800	42.9446	42.94	132.94
18	41.69	0.7200	39.7869	39.79	139.79
19	44.00	0.7600	35.9977	36.00	136.00
20	46.32	0.8000	31.5769	31.58	131.58
21	48.64	0.8400	26.5246	26.52	176.52
22	50.95	0.8800	20.8408	20.84	220.84
23	53.27	0.9200	14.5254	14.53	314.53
24	55.58	0.9600	7.5785	7.58	407.58
25	57.90	1.0000	0.0000	0.00	652.50

Tabla 3.9. Datos para la curvatura de la tierra para el tramo Gramalotal – Cerro de Hojas

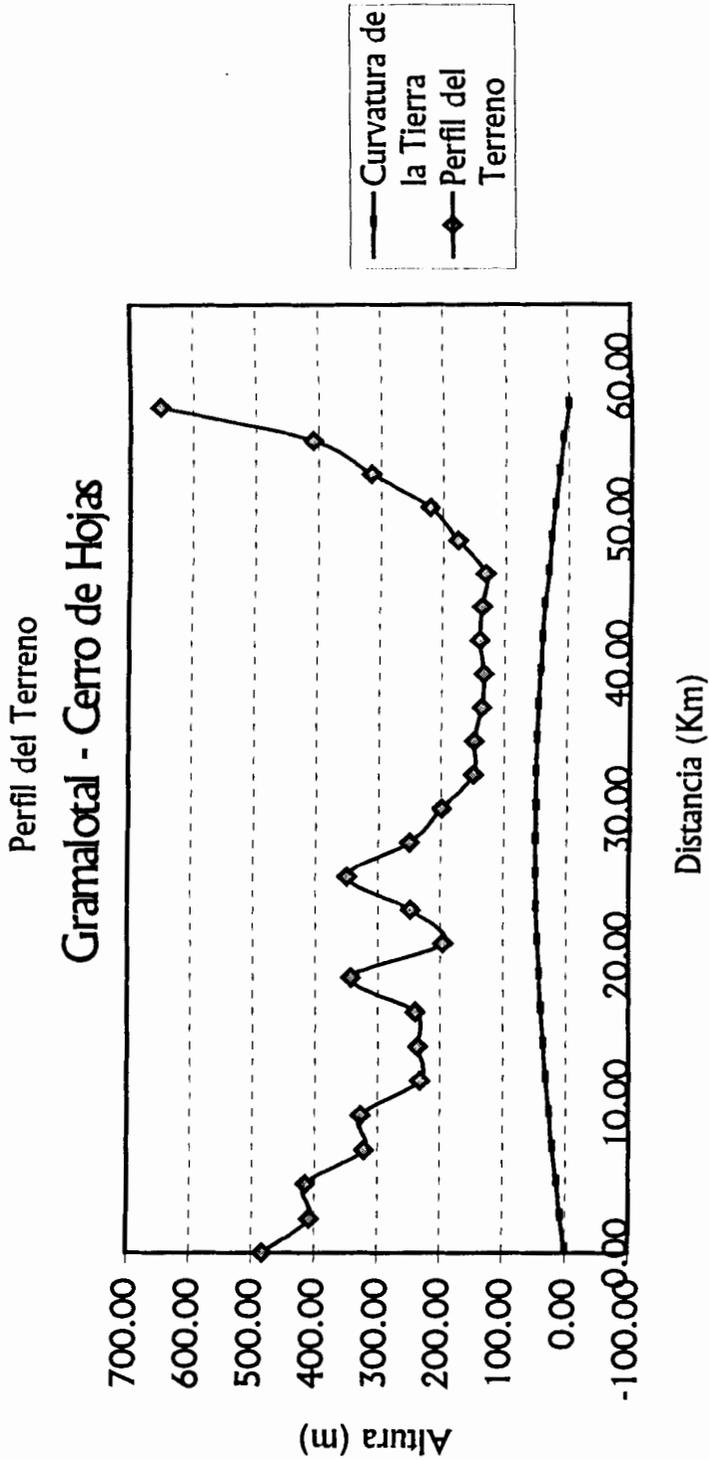


Figura 3.3. Diagrama de Perfil. Tramo Gramalotal – Cerro de Hojas

### 3.3.3. Cálculos del tramo y Diagrama de perfil con zona de Fresnel

#### ZONA DE FRESNEL

Zona de Fresnel No: 1

#### DATOS

Tramo:

Gramalotal - Cerro de Hojas

Frecuencia	GHz	7.80
Li	Km	57.90
n		1
Alt. Ant(h1)	m	20.00
Alt. Ant(h2)	m	20.00

Lamda (cm)	3.846153846
HA (m)	502
HB (m)	673
Dx (Km)	2.3160
Pendiente m	2.94

$$H(x) = \sqrt{n\lambda Lx(1-x)}$$

constante  
7.461

Nº Div	Lx (Km)	x Lx/Li	Hn(x) Radio	Línea de Vista	Lin. Vis t +H(x) (m)	Lin. Vis t -H(x) (m)	Margen de Apertura	Observ.
0	0.00	0.0000	0.00	502.20	502.20	502.20	20.00	Despeje
1	2.32	0.0400	2.92	509.01	511.94	506.09	98.51	Despeje
2	4.63	0.0800	4.05	515.82	519.87	511.78	97.25	Despeje
3	6.95	0.1200	4.85	522.64	527.49	517.79	196.95	Despeje
4	9.26	0.1600	5.47	529.45	534.92	523.98	197.45	Despeje
5	11.58	0.2000	5.97	536.26	542.23	530.29	298.71	Despeje
6	13.90	0.2400	6.37	543.07	549.45	536.70	300.70	Despeje
7	16.21	0.2800	6.70	549.88	556.58	543.18	303.40	Despeje
8	18.53	0.3200	6.96	556.70	563.66	549.73	206.79	Despeje
9	20.84	0.3600	7.16	563.51	570.67	556.35	360.87	Despeje
10	23.16	0.4000	7.31	570.32	577.63	563.01	315.64	Despeje
11	25.48	0.4400	7.41	577.13	584.54	569.72	221.10	Despeje
12	27.79	0.4800	7.46	583.94	591.40	576.49	327.23	Despeje
13	30.11	0.5200	7.46	590.76	598.21	583.30	384.04	Despeje
14	32.42	0.5600	7.41	597.57	604.98	590.16	441.53	Despeje
15	34.74	0.6000	7.31	604.38	611.69	597.07	449.70	Despeje
16	37.06	0.6400	7.16	611.19	618.35	604.03	468.56	Despeje
17	39.37	0.6800	6.96	618.00	624.97	611.04	478.10	Despeje
18	41.69	0.7200	6.70	624.82	631.52	618.12	478.33	Despeje
19	44.00	0.7600	6.37	631.63	638.00	625.25	489.26	Despeje
20	46.32	0.8000	5.97	638.44	644.41	632.47	500.89	Despeje
21	48.64	0.8400	5.47	645.25	650.72	639.78	463.26	Despeje
22	50.95	0.8800	4.85	652.06	656.91	647.21	426.37	Despeje
23	53.27	0.9200	4.05	658.88	662.92	654.83	340.30	Despeje
24	55.58	0.9600	2.92	665.69	668.61	662.76	255.19	Despeje
25	57.90	1.0000	0.00	672.50	672.50	672.50	20.00	Despeje

Tabla 3.10. Cálculos para la zona de Fresnel para el tramo Gramalotal - Cerro de

Hojas

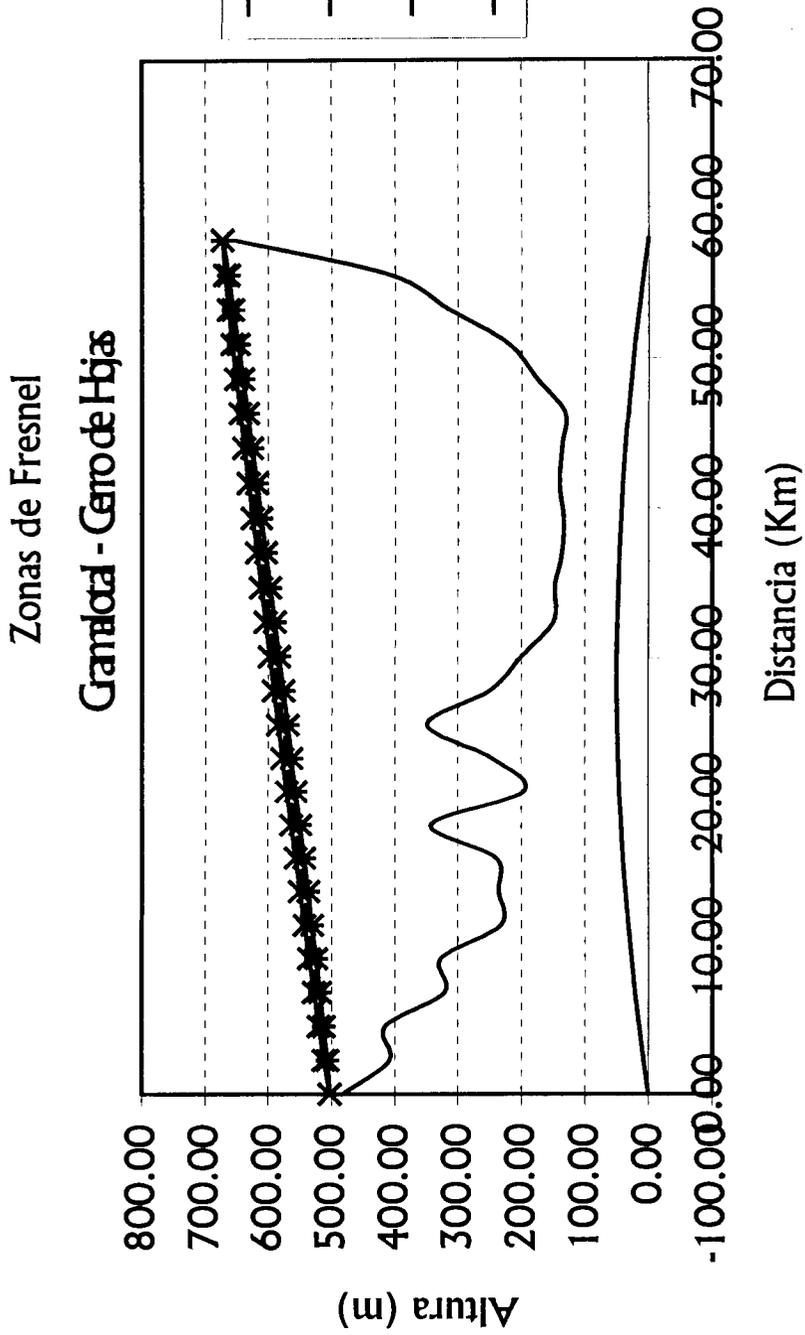


Figura 3.4. Diagrama de la zona de Fresnel. Tramo Gramalotal – Cerro de Hojas

### 3.3.4. Perldas y ganancias del enlace

#### DATOS

DISTANCIA	Km	57.9
FRECUENCIA	GHz	7.8
METROS CABLE COAXIAL ENTx	m	30
METROS CABLE COAXIAL ENRx	m	30
ATENUACION CABLE COAXIAL	dB/100m	12
CONSTANTE DE TERRENO: a (SEMI-LISO)		1.00
CONSTANTE DE CLIMA: b (HUMEDO Y CALIDO)		2.00

#### GANANCIAS DEL SISTEMA

POTENCIA DE TRANSMISION	W	0.2
POTENCIA DE TRANSMISION	dBm	23.0
SENSIBILIDAD DE RECEPCION	dBm	-81.0
TOTAL	dBm	104.0

#### GANANCIAS DE LAS ANTENAS

GANANCIA DE LA ANTENA Tx	dBi	41.0
GANANCIA DE LA ANTENA Rx	dBi	41.0
TOTAL	dBi	82.0

#### PERDIDAS DEL SISTEMA

PERDIDAS POR CABLE COAXIAL	dB	7.2
PERDIDAS EN CONECTORES	dB	0.2
PERDIDAS POR LLUVIA	dB	2
PERDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE	dB	145.50
PERDIDAS DESALINEAMIENTO	dB	2
TOTAL DE PERDIDAS	dB	156.90

POTENCIA RECIBIDA	dBm	-51.91
-------------------	-----	--------

MARGEN DE DESVANECIMIENTO	dB	29.09
---------------------------	----	-------

CONFIABILIDAD	%	99.43
---------------	---	-------

Tabla 3.11. Perldas y Ganancias para el tramo Gramalotal – Cerro de Hojas

# EQUIPOS UTILIZADOS

### 4.1. MULTIPLEXOR SINCRÓNICO STM-1 Y STM-4 DE INSERCIÓN EXTRACCIÓN, 1641 SM/1641 SM-C.

Como hemos explicado anteriormente, se requiere del uso de 2 multiplexores de tecnología SDH: uno en la estación Tanques de Agua y otro en la estación de Cerro de Hojas.

El multiplexor que hemos seleccionado es un multiplexor sincrónico STM-1 y STM-4 de la marca ALCATEL, debido a que éste trabaja como multiplexor terminal en una Red de Jerarquía Digital sincrónica (SDH) o de Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH), con velocidades apropiadas para nuestro diseño.

La red existente efectivamente es PDH, pero debido a que actualmente la mayoría de las redes de transmisión de señales digitales están cambiando sus esquemas a redes SDH, éste equipo nos sirve debido a que nuestro proyecto usamos ésta tecnología y en caso de que en un futuro se decida hacer el resto de ésta manera, ahorrando gastos Innecesarios.

El multiplexor sincrónico puede ser programado para señales de líneas STM-1 (155 Mb/s) y para señales de líneas STM-4 (622 Mb/s).

Podremos apreciar más adelante que las velocidades de las Interfaces tributarias que éste equipo maneja son compatibles con las velocidades que requerimos en las estaciones terminales señaladas antes.

Estos multiplexores poseen diseño modular, por lo tanto se puede añadir o remover módulos de una forma sencilla lo que nos permite adaptarlo para otras aplicaciones como por ejemplo un multiplexor add/drop o como en nuestro caso como multiplexores terminales con Interfaces ópticas o eléctricas.

#### 4.1.1. Introducción al equipo.

Se describen dos equipos distintos:

1. El equipo 1641 SM es un multiplexor de inserción/extracción definido como un módulo de transporte síncronico, nivel 1 STM-1.
2. El multiplexor síncronico de Inserción/extracción 1651SM-C, definido como un módulo de transporte, nivel 4 (STM-4) y compacto ( C ) puesto que la misma estructura mecánica del equipo STM-1 puede contener un equipo STM-4 con Inserción/extracción hasta el nivel de 2 Mb/s.

El equipo 1641 SM establece un sistema de transmisión de 155/622 Mb/s cuya elevada flexibilidad permite establecer diversas configuraciones,

principalmente: Terminal de línea multiplexor de extracción/Inserción con diversas protecciones que incluyen funcionamiento de redes en anillo.

Los tributarios del equipo pueden ser tanto plesiócronicos (a 2,34,45 y 140 Mb/s), como sincrónicos (51 y 155 Mb/s) y en el último caso eléctricos y ópticos. Las unidades tributarias se pueden suministrar con la protección 1 + 1, N + 1 independientemente de las unidades utilizadas.

El equipo proporciona acceso a una amplia gama de servicios mediante los bytes indicados de la estructura SVH facilitando por lo tanto el mantenimiento del enlace. El equipo 1641 SM interconecta:

- Computadora personal (Interfaz Craft local/remota F)
- Sistema de administración de red (interfaz Q)

Esto permite analizar la situación de alarma, configurar el software del equipo y realizar las operaciones de administración.

El estado de alarma del equipo está indicado en los LEDs de la cubierta frontal.

La telecarga del software sigue la evolución del producto.

La estructura mecánica del sub-bastidor del 1641 SM cumple con la norma ETSI.

#### 4.1.2. Subsistema tributario.

Los tipos de tributarios soportados en el 1641SM son de 2,34,45,51,140 y 155 Mb/s. Cada tablero de tributario maneja un ancho de banda de 155,52 Mb/s/1651 SM-C (máximo) hacia los buses internos.

Frecuencia de la señal Del Tributario	Cantidad de Tributarios por Unidad	Cantidad Máxima de Unidades en Servicio	Protección
2 Mb/s	21	3	3 + 1 (EPS)
34 Mb/s	3	2	1 + 1 (EPS)
Transmultiplexor 34/2 y 5 x 2 Mb/s	1 (34Mb/s) + 5(2 Mb/s)	3	3 + 1 (EPS)
45 Mb/s	3	2	1 + 1 (EPS)
51 Mb/s óptico	3	3	-
140 Mb/s eléctrico (*)	1	2	-
155 Mb/s eléctrico (*)	1	2	1 + 1 (APS)
155 Mb/s eléctrico y óptico	1	3	1 + 1 (APS)

Tabla 4.1. Configuración de la Interfaz del tributario

(\*) El tributario obtenido se puede seleccionar mediante software en la unidad tributario 140 STM-1.

Los conmutadores de protección de tributario y la conexión de tributario no protegida, interconectan ambas las señales de tributario de 2,34 y 45 Mb/s con la fuente externa. La primera se usa para la configuración del tributario protegido (EPS) y la segunda para la configuración no protegida.

Puesto que la estructura STM-1 puede transportar un máximo de 63 flujos tributarios de 2 Mb/s, los flujos digitales que dejan la unidad involucrada resultan estar equipados con solamente un tercio de la capacidad total de la trama STM-1.

Las operaciones recíprocas son realizadas en el lado de recepción. Los flujos tributarios de 2 Mb/s son extraídos de las tramas STM-1 recibidas y los cinco flujos de 2 Mb/s y el flujo de 34 Mb/s se obtienen multiplexando las dieciséis señales restantes de 2 Mb/s y transmitiéndolas hacia equipo jerárquico interior externo.

El funcionamiento normal de la unidad es controlado mediante detectores de alarma que señalan cualquier defecto de funcionamiento a la subunidad "Controlador de Tarjeta". Esta última transmite la información a la unidad "Controlador de Equipo" a través del LED y otras indicaciones.

La descripción se divide en:

- Transmisión
- Recepción
- Controlador de Tarjeta
- Alimentación, Inventarlo remoto.

Transmisión.

La unidad interconecta el tributario pliesícrono de 34 Mb/s, los cinco tributarios de 2 Mb/s y la estructura digital síncronica STM-1. Esta última

Puesto que la estructura STM-1 puede transportar un máximo de 63 flujos tributarios de 2 Mb/s, los flujos digitales que dejan la unidad involucrada resultan estar equipados con solamente un tercio de la capacidad total de la trama STM-1.

Las operaciones recíprocas son realizadas en el lado de recepción. Los flujos tributarios de 2 Mb/s son extraídos de las tramas STM-1 recibidas y los cinco flujos de 2 Mb/s y el flujo de 34 Mb/s se obtienen multiplexando las dieciséis señales restantes de 2 Mb/s y transmitiéndolas hacia equipo jerárquico interior externo.

El funcionamiento normal de la unidad es controlado mediante detectores de alarma que señalan cualquier defecto de funcionamiento a la subunidad "Controlador de Tarjeta". Esta última transmite la información a la unidad "Controlador de Equipo" a través del LED y otras indicaciones.

La descripción se divide en:

- Transmisión
- Recepción
- Controlador de Tarjeta
- Alimentación, Inventarlo remoto.

Transmisión.

La unidad interconecta el tributario plesiócrono de 34 Mb/s, los cinco tributarios de 2 Mb/s y la estructura digital sincrónica STM-1. Esta última

es luego transmitida en formato de 4 flujos paralelos de 38.88 Mb/s a las unidades que procesan el flujo de agregado.

Dos relojes de 38.88 Mhz (CKA y CKB) y las señales de sincronización correspondientes de 2 KHz (SYNCA y SYNCB) son recibidos de la unidad de referencia de reloj "CRU" del equipo.

La selección de una de las dos fuentes de sincronización, utilizada para generar las señales horarias generales de la unidad, se basa en el estado operativo de las dos CRU.

El Tributario plesiócrono de 34.368 Mb/s es recibido en formato HDB3 con una impedancia simétrica/asimétrica de 75/120 ohmios.

A continuación la señal ingresa a la interfaz física (P.I) que consta de la interfaz G.703 y el decodificador. El decodificador:

- Decodifica el código HDB3 (HDB3→datos + reloj NRZ)
- Detecta la pérdida de la señal y por lo tanto genera la alarma LOS.
- Cierra el bucle según los comandos del controlador de tarjeta.

Recepción.

En el lado de recepción, la unidad recibe los cuatro flujos de 38.88 Mb/s de cada unidad agregado ESTE ½ y OESTE ½ con protección 1+1 (corresponde al equipo 1641 SM únicamente).

El circuito de protección MSP selecciona los agregados por analizar procedentes de los cuatro recibidos mediante los comandos PROT WEST, PROT EAST recibidos de la unidad "Controlador de Tarjeta".

Los 21 TU-12 son escogidas y extraídas de los tributarios seleccionados mediante la matriz de conexión dinámica, según las indicaciones recibidas del "Controlador de Tarjeta".

Los 21 flujos de 2 Mb/s son divididos en dos bloques (uno de 16 flujos y otro de 5 flujos) y son enviados a dos vías distintas.

Las dieciséis señales de 2 Mb/s del flujo de 34 Mb/s (que puede ser conectado en bucle nuevamente mediante el controlador de tarjeta) son enviadas al circuito "Mux" para ser multiplexados dentro del flujo estructurado de 34 Mb/s.

Controlador de tarjeta.

Esta Interfaz selecciona la CRU de la cual se extraen las señales de sincronismo y horaria que se usarán como referencia para la unidad. Para suministrar los criterios de selección, ésta interfaz procesa las alarmas recibidas de las dos CRU, a saber:

- ISWCAN: alarma interna recibida del CRU A
- ISWCBN: alarma interna recibida del CRU B.

**Esta tarjeta realiza las siguientes tareas:**

- **Diálogo local para alarma, configuración y rendimiento**
- **Conexión en bucle y procesamiento de AIS**
- **Diálogo con la unidad controlador de equipo**
- **Acuse de recibo de la posición física**
- **Protección MSP**
- **Administración de la EPS del tributario**
- **Acuse de recibo de la unidad principal**

**Alimentación, inventario remoto.**

**Las tensiones de alimentación presentes en la entrada de la unidad de vigilancia mejorada del tributario de 21 X2 Mb/s son:**

**+ 5.3V ± 3%**

**-5.5V ± 3%**

**+ 12.1V ± 3%**

**Se genera la alarma PWALM en caso de defecto del funcionamiento o falla de la tensión. La tierra eléctrica y la masa están conectadas mediante una barra de unión.**

La unidad está equipada con una E2PROM (protocolo serial) para almacenar los datos de inventario de la unidad (códigos, series, fecha de fabricación).

Esta memoria es alimentada por una tensión de servicio y está conectada a la unidad controlador de equipo la cual la utiliza para el inventario remoto.

La señal CAREM indica la presencia del tablero (contacto de tierra) y está conectada directamente al controlador de equipo.

A continuación se muestran los principales circuitos funcionales bidireccionales:

**PPI** (Interfaz física plesiócrona). Interconecta la señal de 34 Mb/s (2Mb/s) con la fuente externa extrayendo Temporización (en el lado transmisor).

**Mux/Demux** (para la señal de Mb/s únicamente). Demultiplexa (en la transmisión) la señal de 34 Mb/s en dieciséis señales de 2 Mb/s. Multiplexa (en la recepción) los dieciséis flujos de 2 Mb/s en una señal de 34 Mb/s.

**LPT** (Terminación de vía de orden inferior). Administra el byte de control (POH) estructurando por lo tanto el contenedor virtual (VC-12).

- LPA** (Adaptación de vía de orden inferior). Extrae/Inserta la señal plesiócrona de 2 Mb/s de/en el contenedor sincrónico C12.
- HPA** (Adaptación de vía de orden superior). Procesa el indicador de la TU12.
- LPC** (Conexión de vía de orden inferior). Interconecta cualquier posición de la trama STM-1 que interconecta los agregados.
- MSP** (Protección de sección multiplex y protección de conexión de subred Inherente).
- SNCP/I** Escoge entre las unidades principal/de reserva (MSP) y el lado Este/Oeste (SNCP/I) de las señales recibidas de los agregados.

#### 4.1.4. Control y Monitoreo.

El diseño orientado a objeto del software maximiza la confiabilidad y hace el servicio más amigable.

El flexible control del software basado en el concepto del monitoreo empleado en los multiplexores sincrónicos puede ser adaptado fácilmente

a las necesidades específicas del usuario y además permite una base óptima para futuras modificaciones.

El Sistema Administrador de la Red local y/o con terminal de operación remota se comunica con el multiplexor mediante la Unidad de Control del Sistema (SCU). La SCU es conectada mediante un sistema de comunicación Interna hacia la Unidad de Control Periférica (PCU) de cada módulo en el sub-rack.

En el corazón de cada PCU se encuentra un microcontrolador el cual procesa la alarma, el status y el control de la información del módulo.

La SCU consiste de unidades UCU-C (controlador) y LAD (Señalización de alarma y disco duro)

La SCU no sólo establece la conexión de los equipos de control remoto y local (funciones MCF) sino que además monitorea todas las funciones Internas del multiplexor sincrónico (funciones SEMF).

A continuación se presenta un listado de las principales alarmas y reportes de falla que se generan:

- Reportes visuales a través de LEDs (módulo y sub-rack).
- Reportes de alarmas Bw7R.
- Reportes externos vía Interfaces F y Q.
- Reportes Internos vía Interface ECC.

Los multiplexores sincrónicos realizan las siguientes funciones de administrativas de acuerdo a las recomendaciones ITU-T y a los estándares ETSI:

- Administrador de fallas
- Administrador de configuración
- Administrador de Operación
- Administrador de Seguridad

Específicamente involucra las siguientes funciones:

- Procesamiento de alarma (ej. AIS) para localizar equipos con fallas en la red de transmisión.
- Diagnóstico de fallas en los niveles de módulos (ej.: Localización de un módulo con falla)
- Control y respaldo de los datos de configuración; éstos datos pueden ser ingresados en el Sistema de Administración de la Red.
- Determinación de los parámetros de la calidad tales como los de la recomendación ITU-T G.826.
- Manejo de la autorización de acceso en el LCT para diferentes clases de usuarios con password.

#### 4.1.5. Especificaciones Técnicas

##### Interfaces Eléctricas

Según las recomendaciones del ITU-T G.703.

- Interface HDB3 de 2 Mb/s 21 por módulo.
- Interface HDB3 de 34 Mb/s 3 por módulo.
- Interface CMI de 140 Mb/s 1 por módulo.

- Interface CMI de 155 Mb/s 1 por módulo.

#### Suministro de Poder

- Valores nominales para generación de voltaje VC. 48 V y 60 V

#### Rango

36V a 75V

- Consumo de potencia a 60V.

Para configuración de sub-rack simple 70 W a 160 W

Para configuración de sub-rack doble 125 W a 330W

#### Interface de reloj.

- Interfaces para sincronización de red

T3 y T4 (G.703) 2048 KHz

## 4.2. SISTEMA DE RADIO SDH TRUNK, SRT 1S/7-8.

Para poder desarrollar nuestro enlace digital de Microondas, necesitaremos hacer uso de 4 radios SDH, dos para el enlace entre el Cerro Tanques de Agua con Gramalotal, y dos más para el enlace entre Gramalotal y el Cerro de Hojas (Recepción y transmisión en cada enlace).

Para ésta parte del diseño se han elegido los radios SDH trunk, SRT 1S/7-8 de la marca ITALTEL, los cuales poseen características que se acoplan a las necesidades de nuestro diseño, que son las que se detallan a continuación.

Los sistemas de radio SRT 1S/7-8 son diseñados para aplicaciones en la distribución y acceso a redes con absoluta cobertura de frecuencias, cuyo rango de valores va desde los 7 a 8 GHz y con una capacidad de Sub-STM-1 (21 x 2 Mb/s, o 34Mb/s) o STM-1 (155.52 Mb/s, con llenado parcial).

Los sistemas SRT tienen como principal objetivo la compatibilidad con la Jerarquía Digital Síncrona. La alta eficiencia de su espectro hace que el sistema sea atractivo para aquellos nuevos operadores que desean aprovechar de manera eficiente el ancho de banda.

Además hemos seleccionado éste equipo de radio porque es compatible con los multiplexores SDH Add Drop, similares a los que usamos en nuestro diseño.

Entre sus principales características podemos señalar:

- Fácil actualización de Densidad Normal a Alta Densidad a través del simple reemplazo del módem.
- Incremento de la capacidad y de la eficiencia del espectro para ser compatible con SDH.
- Reducción de costos y mejoras del rendimiento por poseer tecnología de punta.
- Compacto y de fácil instalación: el Transceiver se acopla fácilmente a la antena y se puede actualizar de cuatro sistemas en adelante en un rack ETSI.
- Fácil administración de cada uno de sus componentes:
  - Unidad Interna (Indoor) de frecuencia independiente.

- Unidad externa (outdoor) de capacidad independiente.
- Muy alto rango de sintonización.
- Compatibilidad con en tráfico plesiócrono existente de 34/140 Mb/s.
- Alto rendimiento a través de Modulación codificada.
- Control automático de Potencia de Transmisión (ATPC).
- Intercambiabilidad de interfaces tributarias:
  - 21 x 2, 34 Mb/s,
  - STM-1 eléctrico/óptico (llenado total y parcial)
- Configuración N + 1 para sistemas STM-1.
- Su tecnología utiliza dispositivos de estado sólido, FETs, con amplificadores de alta potencia con linealización de microondas y preamplificadores de muy bajo ruido.

#### 4.2.1. Estructura del equipo.

La Ingeniería del Sistema Digital de Radio SRT 1S/7-8 está caracterizada por su alta frecuencia de operación. Por ésta razón, en orden de minimizar las pérdidas de alimentación, se ha elegido una configuración interna/externa (indoor/outdoor).

La parte interna consiste de la unidades de bandabase y módem y están conectadas por medio de un cable coaxial simple IF a un transceiver muy compacto (externo/outdoor) localizado cerca de la antena.

Para las operaciones de sistemas de radio operando a frecuencias sobre los 10 GHz, el principal problema que tiene que enfrentar es la atenuación por lluvia y sólo en caso de que los enlaces sean mayores a 10 Km, el fenómeno de multitrayectoria puede tener efectos moderados.

Tomando en cuenta las aplicaciones previstas para el equipo en la red, los problemas típicos de enlaces multilíneas asociados con repetidores y configuraciones con diversidad de espacio no se encuentran presentes, debido a que para nuestro enlace no se necesitan frecuencias mayores a 8 GHz.

Un Ecuilibrador con Dominio del Tiempo de 5 taps es usado para contrarrestar la actividad de desvanecimiento (fading) cuando la longitud es mayor a 18 Km, como se menciona arriba.

Un Control Automático de Potencia de Transmisión ha sido implementado para incrementar el rendimiento del sistema, durante las condiciones de propagación normal el transmisor opera con un nivel de potencia de salida cercana a 10 dB por debajo del valor máximo, alcanzado solamente durante actividades no favorables de desvanecimiento.

De ésta manera, en estaciones nodales congestionadas, es posible reducir la Interferencia causada por los canales convergentes dentro del mismo nodo. Cuando el BER excede los  $10^{-4}$ , la potencia de salida se incrementa (reduciendo el back-off del amplificador).

Parte Interna (IDU).

En la llamada parte interna (indoor), se pueden identificar las siguientes partes:

- Tarjeta de tributario, para diferentes interfaces (óptica y eléctrica) con switch de protección de línea 1 + 1, Es posible duplicar la tarjeta tributaria para propósitos de redundancia.
- Mo-demodulador BCM o TCM, el cual incluye además de los procesos de modulación y de demodulación, las funciones drop/insert del SOH y las Interfaces IF con relación a las tarjetas de servicio del transceiver digital (outdoor), de acuerdo a la actual estrategia ITU-T adoptada para compatibilidad con radios SDH y con sistemas de Fibra Optica.
- Controlador (SEMF), alarma y unidades MCF para la supervisión del equipo y administración de las funciones; ambas interfaces, F(local) y Q(remota), se encuentran disponibles para propósitos TMN.

16 BCM Mo-demodulador.

El Mo-demodulador BCM y el bloque de procesamiento de banda base constan de:

El módem puede ser dividido en 4 sub-unidades funcionales:

- Sección de drop/insert de Cabecera (Overhead).
- Procesamiento de Modulación.

- Sección de procesamiento de demodulación IF con módem FSK
- Proceso de alarma interno/externo (Indoor/outdoor)

En la primera sub-unidad, bajo la administración de un microprocesador, los bytes SOH son empujados e insertados (drop/insert) para ser manejados por las tarjetas de servicio respectivas.

Además se han implementado los circuitos de Control de la Demodulación (AGC, portadora y recuperación del reloj) y los de Control Automático de Frecuencia (AFC).

Switch de Protección e Interfaces BB.

En el mismo sub-rack donde se encuentra la unidad Mo-Demodulador, se hallan las tarjetas de bandabase de jerarquía (1 x STM-1, 21 x 2 Mb/s, 34 Mb/s), las tarjetas de servicio para la administración del SOH (Sección de cabecera) tanto para las líneas como tributarios y el controlador.

De ésta manera el equipo facilita Interfaces flexibles para las jerarquías plesiócronas y sincrónicas.

Las tarjetas tributarias no sólo brindan Interfaces ópticas o eléctricas con total compatibilidad con SDH, sino que además tienen switches de protección de línea 1 + 1.

Cabe mencionar que se permite la inserción de otra tarjeta tributaria para propósitos de test o de redundancia. En el último caso la protección de las unidades tributarias incrementa generosamente la confiabilidad de todo el sistema.

#### Parte Externa (ODU).

##### Transceiver.

- Sección IF
- Sección de Generador de Poder
- Sección de alarma
- Secciones de transmisión y recepción

Por encontrarse el transceiver conectado a una unidad terminal interna por medio de un cable coaxial, es necesario tener un circuito de protección de sobrevoltaje y un diplexor IF para separar las portadoras moduladas Transmisión y Recepción.

El cable de conexión de entrada/salida es también usado para proporcionar el voltaje DC de las baterías (48V) hacia el transceiver y para servicio de transmisión de subportadoras para mensajes de comunicaciones (alarmas, campo recibido, etc) entre las unidades internas y externas.

En el lado de transmisión se presenta un amplificador de bajo ruido con funciones de control de pendiente adaptativa para compensar las pérdidas del cable superior a 40 dB.

Gracias a la alta frecuencia intermedia de transmisión de 350 Mhz, es posible integrar el convertidor superior (up-converter) con el amplificador de potencia, sin usar un filtro intermedio dando como resultado funciones de control mezcladas IF/RF como RF AGC y linealización.

El grupo del oscilador local que se aprecia en la figura de arriba, consiste en dos VCOs independientes ligados en fase y frecuencia a un sintetizador común UHF. La arquitectura tipo multilazo escogido para el sintetizador UHF brinda al sistema bajo ruido de fase. Gracias a la solución adoptada del sistema se tiene una gran flexibilidad en lo concerniente a la sintonización de las frecuencias.

#### 4.2.2. Administración del Equipo.

Se cuenta con una Unidad Controladora (SEMF) que tiene la tarea de recibir y transmitir desde/hacia las unidades controladas, toda la información requerida para la administración del sistema.

Un bus Interno (S-Bus) permite la comunicación entre el controlador y las unidades que equipan el sistema con una estructura maestro-esclavo; durante la operación normal el controlador (maestro) cíclicamente consulta las unidades (esclavas) que pueden estar habilitadas para enviar mensajes.

La información almacenada y procesada por el controlador (configuración, eventos, monitoreo de rendimiento) se encuentra disponible externamente de diferentes formas de manera que permita al radio ser supervisado por un sistema tradicional o ser considerado como elemento de la Red.

Todos los bloques y unidades que componen el sistema de radio proveen indicación visual de las condiciones de operación mediante LEDs.

Además de que el sistema posee una unidad de alarma se cuenta con una Interface F (RS232C), físicamente localizada en frente de la unidad de alarma y que proporciona un enlace de datos serial para la conexión a un terminal.

El programa de control corre en un ambiente MS-DOS y provee una poderosa y fácil Interface para que el operador verifique y realice pruebas del comportamiento del equipo de radio y lo pueda operar. No se necesita ningún conocimiento de programación específica.

La comunicación entre el radio y su administrador se logra a través de la unidad MCF conectada al controlador por una interface V. La aplicación muestra mensajes que son enviados y recibidos por la unidad MCF y luego ruteados por medio de los canales de comunicación de SDH o la interface Q hacia el Administrador.

### 4.2.3. Datos Técnicos

#### Transceiver

Capacidad de tráfico	Sub-STM-1, STM-1 (llenado parcial)
Banda de Frecuencia	7.1-7.7/7.7-8.5
Espaciamiento entre canales	28 MHz
Configuraciones	Diversidad de polarización 1 + 1/2 + 0 Diversidad de frecuencia (sólo para STM-1) 4 + 0/N + 1 (N ≤ 3)
Estabilidad de frecuencia	± 20 ppm.
Potencia de salida	23 dBm
Figura de ruido	4 dB
BER	10 <sup>-3</sup> (-81 dBm) 10 <sup>-6</sup> (-77 dBm)

#### Modemodulador

Modemodulación	Modulación de Bloque codificada (BCM) de 16 asociada con decodificación Viterbi TCM-4D de 64 asociada con decodificación Viterbi
Información de bit de Símbolo	3.75 (16 BCM con redundancia 15/16) 4.5 (64 TCM con redundancia 0.5)

#### Capacidades auxiliares y de Servicio Digital

Desde la tarjeta EOW	2 x 64 Kb/s (E1, E2)
Desde el módem	192 Kb/s hacia la tarjeta MCF 2 x 64 Kb/s (S22, S32) para uso del

sistema.

Desde la línea de la 576 Kb/s (DCCM hacia la tarjeta MCF)

Tarjeta SOH (Programación Standard)

#### Interfaces Bandabase

1 x STM-1 (155.52 Mb/s) con llenado parcial para aplicaciones de Sub-STM-1

- Óptico ITU-T Rec. G957 S-1.1/L-1.1
- Eléctrico ITU-T Rec. G703
- 34 Mb/s ITU-T Rec. G703
- 21 x 2 Mb/s ITU-T Rec. G703

#### Suministro de Poder

Voltaje nominal -48 VDC / -60 VDC

Tolerancia  $\pm 20\%$

#### Consumo de Potencia (desde la batería)

1 + 1 equipado totalmente 150 W

(IDU +ODU)

#### Condiciones Ambientales de Operación.

##### Equipo interior (Indoor) Clase 3.1e

- Condiciones Normales 5 a 40° C
- Condiciones excepcionales -5 a 45° C

Dimensiones del rack 2200 mm (H) x 600mm (W) x 300mm

(D).

### Equipo Exterior(Outdoor):

- Rango de Temperatura -33 a +50° C
- Humedad Relativa 100

Como podemos darnos cuenta, con las características descritas arriba y con todas las facilidades que el equipo me brinda, se puede hacer uso de éste radio para realizar los radioenlaces que requiere nuestro trabajo sin ningún problema.

Una de las razones principales para elegir éste equipo es el hecho de que lo puedo utilizar tanto en redes PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona) o en redes SDH (Jerarquía Digital Sincrónica), puesto que lo que queremos es precisamente ésta compatibilidad, para realizar mejoras en la red en un futuro sin tener que cambiar los equipos.

Otra ventaja es que el equipo es muy compacto, de dimensiones pequeñas, y de fácil instalación.

### 4.3. ANTENAS

Para la implementación de nuestro proyecto utilizaremos antenas Andrew tipo UHX, Ultra High Performance Antennas, para las frecuencias de 7.725 - 8.275 GHz.

Estas antenas ofrecen alta ganancia, bajo VSWR, y excelentes características de radiación. Estas antenas son ideales para aplicaciones en las cuales existan problemas de congestión de frecuencia.

Estas características de radiación permiten el uso de frecuencias idénticas en las direcciones de repetidores y branching de un sitio de radio. Los alimentadores de bajo VSWR minimizan la contribución de ruido de los sistemas de antena.

Las características de esta antena se presentan a continuación:

Presurizaron: los alimentadores son presurizables a 70 kPa

Polarización: tienen una continua orientación de polarización para facilidad de alineamiento en el campo.

Diámetro: 1.8 m (6 Pies)

Frecuencias de operación: 7.725 – 8.5 GHz

Ganancias: (en dBi)

Banda Baja: 40.5

Banda Media: 41

Banda alta: 41.2

Ancho del haz: 1.5 grados

VSWR Máximo: 1.06

#### 4.4. CABLES

Los cables que utilizamos para la implementación de este proyecto son Heliax de tipo LDF4-75 de ½" con dieléctrico de espuma.

Este cable provee una combinación de fuerza, flexibilidad y eficiencia no disponible en otros cables.

Un conductor exterior angularmente corrugado en conjunción con los sellos "O" provee protección contra la humedad.

La expansión diferencial es eliminada protegiendo mecánicamente el coinductor exterior y soldando el conector interior al dieléctrico.

Las características son las siguientes:

**Descripción:**

Tamaño nominal:	½ pulgada
Conductor exterior:	Cobre
Conductor interior:	Cobre con revestimiento de aluminio
Impedancia (ohmios):	75
Número de Tipo:	LDF4-75

**Características:**

Frecuencia máxima (GHz):	10
Velocidad, porcentaje:	88
Potencia Pico(KW):	13
Diámetro de chaqueta de	
Resistencia Recubrimiento (mm):	16

Mínimo radio en doblamiento (mm): 125

Peso del cable (Kg/m): 0.21

La atenuación de este cable coaxial es 12 dB/100m en la frecuencia de 7.8 GHZ.

# INSTALACION DEL PROYECTO

Para poder tratar mejor este tema dividiremos los pasos de instalación en las siguientes partes:

### 5.1. ENLACES DE RADIO

Los pasos que se deben tomar en cuenta para poder realizar correctamente un enlace de radio sin inconvenientes son los que enumeramos a continuación:

- 1 Obtención de las cartas topográficas de escala 1:50000 preparadas por el Instituto Geográfico Militar (IGM) de los sitios en donde se requiere realizar el enlace.
- 2 Seleccionar la ubicación de torres y equipos, esto implica determinar la condición de existencia de línea de vista entre antenas.
- 3 Determinar los perfiles de los enlaces, esto es calcular alturas requeridas para las antenas. Si en el cálculo se obtienen valores muy altos, se debe reconsiderar la ubicación o pensar en un repetidor.
- 4 Realizar otros cálculos de vital importancia para el diseño, tales como: Nivel de la señal en el receptor, nivel de potencia en el receptor, pérdidas en las guías de onda y conectores, ganancia de las antenas de recepción y transmisión, pérdidas de propagación en el espacio libre, desvanecimiento de la señal bajo condiciones climáticas.

- 5 Utilizando un equipo apropiado (anallizador de espectro) se procede a comprobar si la frecuencia de operación del enlace se encuentra libre o no.
- 6 Se elevan las antenas hasta las torres a la altura deseada, con la ayuda de poleas, y se las aseguran con abrazaderas.
- 7 Se procura tener suficiente cantidad de cable coaxial o gulas de onda para que pueda llegar desde el equipo de radio hasta la antena, sin embargo no se debe cortar este.
- 8 Se coloca un conector al extremo Inicial del conductor y se lo sube hasta la antena y se conecta.
- 9 Se corta el otro extremo del conductor, calculando la distancia faltante para llegar al equipo de radio y dejando un margen que considere la distancia producida por la canalización.
- 10 Se hace pasar el conductor por la canalización asignada para llegar al equipo de radio.

## 5.2. INSTALACION DE LA ANTENA

Luego de seguir los pasos anteriores para la instalación de los radios en ambos extremos y verificando que no existe interferencia, a continuación se explica la manera practica para allinear las antenas:

- 1 Se fija la antena en uno de los extremos del enlace, se debe observar la medición del nivel de receplón del otro equipo remoto.

- 2 En el equipo remoto, se debe mover la antena con un movimiento horizontal en ambos sentidos, limitando su movimiento hasta la pérdida total del nivel de señal en la recepción. Se debe ubicar la antena en la posición donde alcanzó el mayor nivel de señal.
- 3 Se procede a la alineación vertical, para lo cual la antena se debe mover en sentido vertical hacia arriba y hacia abajo, limitado hasta la pérdida total del nivel de señal en la recepción. Así mismo, la antena se debe ubicar en la posición donde se alcanzó mayor nivel de señal de recepción. Con esto la antena quedará alineada.
- 4 Se repiten los pasos anteriores pero con la otra antena.

Para detectar la señal de interferencia en la frecuencia del enlace apagar la radio de un extremo del enlace, con esto el nivel de recepción del otro extremo debería estar por debajo del umbral (nulo), de lo contrario existe una señal de interferencia en el enlace. Si una situación de esta se produjera, se debe correr la frecuencia de operación de los equipos de radio hasta encontrar una frecuencia sin interferencia.

### 5.3. INSTALACION DE LOS MULTIPLEXORES

Antes de proceder a la instalación de cualquiera de estos equipos se debe tomar en consideración que la instalación eléctrica este en perfecto estado, proporcione el voltaje adecuado y sobre todo sea seguro tanto para los equipos que se conecten como para el personal que trabaje con ellos. También es importante contar con un generador auxiliar de suministro de energía en el caso que fallara la red pública.

Los bastidores de los multiplexores vienen provistos de ductos a los costados para acomodar tanto cables de cobre como de fibra óptica.

Las conexiones de los cables eléctricos van junto al panel terminal que es accesible desde el frente y está localizado en la sección superior de los sub-bastidores. Las conexiones ópticas se encuentran en el frente de las interfaces ópticas.

La conexión y desconexión de los conectores ópticos, en caso de requerirlo, son facilitadas por mecanismos giratorios. Esto elimina cualquier necesidad de ajustar el cable de fibra óptica.

#### **5.4. QUE HACER CUANDO NO SE RECIBE UN NIVEL DE SEÑAL ADECUADO**

1. Generalmente no se puede o no se debe elevar la potencia del transmisor
2. Si los problemas vienen por la presencia de obstáculos parciales, se puede variar la altura de las torres.
3. Se puede incrementar las ganancias de la antenas.
4. Si todo esto no es suficiente, entonces colocar repetidores.

# MANTENIMIENTO

### 6.1. MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS

El mantenimiento de los equipos que utilizaremos en éste proyecto se enfoca principalmente en las siguientes áreas:

1. Enlace de Microondas
2. Multiplexores

En lo que respecta a los enlaces de microondas hemos estimado el tiempo de mantenimiento cada 6 meses, siempre y cuando no surja ninguna situación de emergencia.

Este mantenimiento básicamente consiste en la verificación de las frecuencias de cada uno de los enlaces de microondas y comprobar que no sufran ningún tipo de interferencia que puede ser causada por señales clandestinas. Para realizar ésta verificación contaremos con la ayuda de un analizador de espectros.

En segunda instancia se procederá a realizar una medición de la tasa de bits con error (BER), para medir la degeneración de la calidad del enlace durante el periodo que transcurra desde el último mantenimiento.

Luego, como consecuencia de la medición del BER se realizará una inspección del estado de los conectores, tramas de cable y tramas de guía de onda para luego proceder al reemplazo de los conectores y tramas de conductor deteriorados.

Una vez concluida ésta parte se realizará nuevamente la medición del BER.

Si los resultados continúan siendo insatisfactorios, se deberá realizar una nueva alineación de las antenas involucradas.

Como paso adicional se debe realizar la limpieza de las antenas y a su vez un mantenimiento al banco de baterías que se tenga en las estaciones.

Como complemento del mantenimiento expuesto, se cuenta ventajosamente con las alarmas que cada equipo de radio provee las mismas que se deben monitorear para tomar las medidas correctivas a tiempo.

El Mantenimiento de los Multiplexores consiste principalmente en la verificación de que los parámetros que se configuran sean los correctos, tales como la velocidad de transmisión, los canales elegidos, entre otros.

Los cables de conexión deben encontrarse en buen estado, se realizará una verificación visual cada 6 meses. Habrá que comprobar físicamente que éstos no se encuentren deteriorados (doblados, roídos, pelados) y en caso de que así sea, hay que reemplazarlos.

Como se ha mencionado en el capítulo 4 el Multiplexor sincrónico consta de señales de alarma y monitoreo que me indican si existe alguna falla o problema durante el Intercambio de información de los datos, o si existe problema en alguno de los equipos conectados a la red o en los módulos, por lo tanto consideramos que esto es de gran ayuda para el control del mantenimiento del mismo y por consiguiente la presencia de un operador que realice visitas esporádicas al lugar donde se halla el multiplexor será suficiente.

Además éste equipo tiene la ventaja de que su software es muy amigable y de fácil manejo y si existiera algún Inconveniente el operador podrá reconfigurar el equipo si fuese necesario.

El software para realizar el boot se encuentra guardado en un controlador UCU-C, mientras que el software de operación se encuentra en el módulo LAD.

El software del PCU se encuentra en una memoria no volátil FEPRM

Otro punto importante es verificar que la alimentación esté llegando a los equipos correctamente y en particular, si se llegaran a producir cortes de energía en la red pública, se debe contar con una instalación auxiliar de alimentación, para que los equipos sigan funcionando normalmente.

# ANALISIS DE COSTOS

A continuación se detallan los costos de cada uno de los tramos señalados anteriormente, considerando algunas opciones, teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de las mismas.

Para los equipos multiplexores tanto PDH como SDH, hemos considerado como un solo valor la tarjeta principal de multiplexor, la unidad de batería de alimentación, el bastidor y el cableado Interno de la unidad.

En los equipos de radio tomamos en cuenta la fuente de alimentación de batería, el equipo transreceptor y el bastidor.

Para las antenas, consideramos la antena y el soporte de la misma.

### 7.1. ENLACE EL CARMEN (MANABÍ) – BIJAGUAL

Como hemos mencionado, en la Estación del Carmen necesitaremos un Multiplexor PDH para podernos introducir en la red con la nueva señal, a través del canal desocupado.

Podemos ver en la siguiente tabla los valores del equipo e instalación para éste tramo:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO USD\$	COSTO TOTAL USD\$
1	Multiplexor PDH	4627	4627
	Instalación	150	150
Sub-total			4777

Tabla 7.1. Enlace El Carmen –Bijagual

## 7.2. ENLACE TANQUES DE AGUA-GRAMALOTAL

Consideraremos dos opciones cuyas ventajas y desventajas serán detalladas más adelante.

### 7.2.1. Opción a

Para implementar ésta opción se necesitará un Mux PDH y dos radios SDH y otros elementos que se detallan en la siguiente tabla:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO USD\$	COSTO TOTAL USD\$
1	Multiplexor PDH	4627	4627
2	Radios SDH	20694	41388
2	Antenas	4578	9156
80	Cables de la antena (metros)	40	3200
1	Conectores de la antena (juego)	50	50
42	Cables de los equipos (metros)	5	210
84	Conectores de los equipos	5	420
	Instalación		5000
Sub-total			64051

Tabla 7.2. Enlace Tanques de Agua – Gramalotal opción (a)

### 7.2.2. Opción b

Se utilizará un Multiplexor SDH y de igual forma que en la anterior los siguientes equipos:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO USD\$	COSTO TOTAL USD\$
1	Multiplexor SDH	8850	8850
2	Radios SDH	20694	41388
2	Antenas	4578	9156
80	Cables de la antena (metros)	40	3200
1	Conectores de la antena (juego)	50	50
10	Cables de los equipos (metros)	5	50
20	Conectores de los equipos	5	100
	Instalacion		4000
Sub-total			66794

Tabla 7.3. Enlace Tanques de Agua – Gramalotal opcion (b)

## 7.3. ENLACE GRAMALOTAL – CERRO DE HOJAS

También se analizarán dos opciones.

### 7.3.1. Opción a

Utilizaremos los equipos que se detallan a continuación:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO	
		UNITARIO USD\$	TOTAL USD\$
2	Multiplexor PDH	4627	9254
2	Radios SDH	20694	41388
2	Antenas	4578	9156
60	Cables de la antena (metros)	40	2400
1	Conectores de la antena (juego)	50	50
42	Cables de los equipos (metros)	5	210
84	Conectores de los equipos	5	420
	Instalacion		5500
<b>Sub-total</b>			<b>68378</b>

Tabla 7.4. Enlace Gramalotal – Cerro de Hojas opción (a)

### 7.3.2. Opción b

Utilizaremos los equipos que se detallan a continuación:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO	
		UNITARIO USD\$	TOTAL USD\$
1	Multiplexor SDH	8850	8850
1	Multiplexor PDH	4627	4627
2	Radios SDH	20694	41388
2	Antenas	4578	9156
60	Cables de la antena (metros)	40	2400
1	Conectores de la antena (juego)	50	50
10	Cables de los equipos (metros)	5	50
20	Conectores de los equipos	5	100
	Instalacion		4500
<b>Sub-total</b>			<b>71121</b>

Tabla 7.5. Enlace Gramalotal – Cerro de Hojas opción (b)

## 7.4. ELECCION DE LAS OPCIONES

Tomando en cuenta sólo las opciones (a) que constan de equipos PDH en su mayor parte, a excepción del radio obtenemos el siguiente total:

Enlace	Sub-total
El Carmen-Bijagual	4777
Tanques de Agua-Gramalotal (opcion a)	64051
Gramalotal-Cerro de Hojas (opcion a)	62878
Total	131706

Tabla 7.6. Total de costos opción (a)

Si consideramos las opciones (b) que trabajan con equipos SDH obtenemos el siguiente total:

Enlace	Sub-total
El Carmen-Bijagual	4777
Tanques de Agua-Gramalotal (opcion b)	66794
Gramalotal-Cerro de Hojas (opcion b)	71121
Total	142692

Tabla 7.7. Total de costos opción (b)

La opción que hemos seleccionado y sugerimos se considere para su posterior implementación es la b, tanto para el tramo Tanques de Agua – Gramalotal como para el tramo Gramalotal – Cerro de Hojas.

## 7.5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA OPCIÓN SELECCIONADA

Como podemos darnos cuenta, con los valores que reflejan las diferentes tablas, haciendo un análisis de los costos de las diferentes opciones, hemos escogido para el

tramo Tanques de Agua – Gramalotal la opción b, puesto que aunque representa mayor Inversión inicial, si bien la diferencia entre ambas no es muy elevada como para no optar por esta opción considerando las ventajas que nos brinda.

A pesar de que la opción seleccionada (b) emplea equipos más costosos es una opción más confiable y presenta una mayor facilidad de implementación puesto que debido a lo laborioso de la interconexión de cables en opción a, la instalación es más susceptible a presentar fallas entre las conexiones y en caso de necesitar repararse en algún momento, es más dificultoso y representa pérdidas de tiempo. Así mismo, la opción escogida tiene un menor costo de mano de obra en la implementación de la Interconexión de equipos.

En cambio en la opción b, si bien el costo del Multiplexor SDH que usamos en ésta es superior al costo del equipo que utilizamos en la opción a, éste nos brinda una mayor rentabilidad y confiabilidad, debido a que actualmente las redes telefónicas de la mayor parte del mundo se han actualizado utilizando la tecnología SDH, representa múltiples ventajas tanto en capacidad y velocidad.

Así el equipo nos permitirá ampliar los servicios actuales, con tecnología de punta, y en un futuro estaríamos ahorrando costos.

En lo respecta al tramo Gramalotal – Cerro de hojas, la alternativa que hemos seleccionado es la b debido a las mismas razones expuestas antes, es decir, el Multiplexor SDH es más costoso, pero emplea una tecnología más actual y que representa mayores capacidades de expansión en un futuro. Aunque no se puede

descartar totalmente la otra opción debido a que no siempre se cuenta con el capital deseado y hay que tomar ciertas restricciones.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Por medio del presente estudio hemos querido proponer una alternativa viable para poder solucionar los problemas existentes actualmente en la red digital de transmisiones para satisfacer el tráfico telefónico entre las estaciones de El Carmen (Manabí) y la central de Manta.

El problema surgió inicialmente ante la duda que teníamos de quiénes realizaban y quienes deberían realizar la tarificación de las llamadas producidas en El Carmen de Manabí, si ANDINATEL o PACIFICTEL.

Mediante las investigaciones que realizamos en la Vicepresidencia de Negocios de PACIFICTEL pudimos conocer que entre ambas entidades existen convenios y acuerdos con los cuales ninguna de las compañías pierden al momento de hacer las liquidaciones puesto que éstas se compensan debido a que éste no es el único caso en que otra Central presta su Infraestructura y equipos para dar servicio a un lugar que se encuentra en otra jurisdicción, una situación análoga a la de nuestro estudio, por ejemplo, es el caso de Muisne. Pero por otro lado, en esos mismos convenios, se detalla que en un futuro no muy lejano, éste tipo de casos deberán remediarse integrando éstos lugares a sus respectivas redes.

Para nuestro estudio, en vista de las actuales tendencias de las telecomunicaciones de mejorar la Infraestructura y los equipos utilizados hemos escogido el uso de la red digital de microondas debido a que en la actualidad la mayoría de las redes que se implementan

son de tipo digital ya que gracias a su precisión y mayor capacidad y confiabilidad proporcionan un mejor rendimiento.

En cuanto a la ubicación geográfica de las estaciones se concluyó que la que proponemos es la mejor alternativa, debido a que en primer lugar, los lugares escogidos para la ubicación de las estaciones son todos sitios que ya cuentan con la Infraestructura necesaria, a excepción de la estación de Gramalotal, que sin embargo presenta suficientes facilidades geográficas y climáticas para la creación de una estación en dicha zona.

Esta gran ventaja que presenta nuestra ruta traerá como consecuencia una alta reducción de costos, en lo que a Infraestructura se refiere, además hemos escogido que todos los tramos tengan distancias recomendadas para que el enlace tenga la calidad indicada por el CCITT. Además de los beneficios mencionados, con esta ruta se podrá brindar servicio telefónico a recintos rurales que actualmente no lo poseen o a otras poblaciones cuya demanda se incrementa continuamente.

Hemos escogido la frecuencia de 7.8 GHz para que no exista ningún inconveniente de obstrucciones causado por otras rutas cercanas o interferir con la banda de operación satelital.

Como ya contamos con la red de transmisión digital implantada, la inversión en equipos nuevos no es muy onerosa.

Con el uso de los equipos seleccionados se puede hacer fácilmente una actualización y mejora de la red puesto que permiten el paso de PDH a SDH sin necesidad de hacer

ninguna nueva inversión. De esta manera nuestra red puede funcionar por mucho tiempo aun cuando las necesidades de los usuarios crezcan.

Nuestra recomendación es por ende utilizar la tecnología SDH, que aunque es más costosa, la inversión se justifica con las facilidades y grandes beneficios que la red SDH nos brinda, aunque como se puede apreciar en nuestro proyecto, se dan otras alternativas.

Como se mencionó al Inicio, en un futuro se espera que las poblaciones que se encuentran en situaciones como la de El Carmen, se Integren a sus respectivas redes y esperamos que el estudio que hemos realizado sea de gran ayuda, puesto que se lo elaboró, realizando el mejor estudio y análisis que se pudo.

# GLOSARIO

<b>AIS</b>	<b>Alarm Indication Signal</b>
<b>AFC</b>	<b>Automatic Frequency Control</b>
<b>AU</b>	<b>Administration Unit</b>
<b>BB</b>	<b>Base Band</b>
<b>BER</b>	<b>Bit Error Rate, cantidad de bits errados que se mide en recepción para los bits transmitidos dentro de un intervalo de tiempo.</b>
<b>CCA:</b>	<b>Circuito de conmutación analógica</b>
<b>DBi:</b>	<b>Decibelios medidos sobre un radiador isotrópico. Es una medida de la ganancia de las antenas.</b>
<b>EW</b>	<b>Engineering Order Wire</b>
<b>ETSI</b>	<b>European Telecommunication Standard Institute</b>
<b>FET</b>	<b>Field Effect Transistor</b>
<b>IDU</b>	<b>Indoor Unit</b>
<b>IF</b>	<b>Intermediate Frequency</b>
<b>ITU</b>	<b>International Telecommunication Union</b>
<b>ITU-R</b>	<b>ITU Radiocommunication Sector</b>
<b>ITU-T</b>	<b>ITU Standardization sector</b>
<b>MCF</b>	<b>Message Communication Functions</b>
<b>MSOH</b>	<b>Multiplexer Section Overhead</b>
<b>ODU</b>	<b>Outdoor Unit</b>
<b>OHA:</b>	<b>Overhead Access</b>
<b>PBX</b>	<b>Private Branch Exchange</b>
<b>PDH</b>	<b>Plesiochronous Digital Hierarchy</b>
<b>POH:</b>	<b>Path Overhead</b>

<b>RF</b>	<b>Radio Frequency</b>
<b>SDH:</b>	<b>Synchronous Digital Hierarchy</b>
<b>SEMF</b>	<b>Synchronous Equipment Management Function</b>
<b>SOH:</b>	<b>Section Overhead</b>
<b>TMN</b>	<b>Telecommunication Management Network</b>
<b>TU</b>	<b>Unity Tributary</b>
<b>VC</b>	<b>Virtual Container</b>
<b>VSWR:</b>	<b>Pico de voltaje de la razón de onda estacionaria dentro de la banda de operación</b>
<b>WS</b>	<b>Way Side</b>
<b>XPI</b>	<b>Cross Polarization Interference</b>
<b>XPIC</b>	<b>Cross Polarization Interference Canceller</b>

<b>RF</b>	<b>Radio Frequency</b>
<b>SDH:</b>	<b>Synchronous Digital Hierarchy</b>
<b>SEMF</b>	<b>Synchronous Equipment Management Function</b>
<b>SOH:</b>	<b>Section Overhead</b>
<b>TMN</b>	<b>Telecommunication Management Network</b>
<b>TU</b>	<b>Unlty Tributary</b>
<b>VC</b>	<b>Virtual Container</b>
<b>VSWR:</b>	<b>Pico de voltaje de la razón de onda estacionaria dentro de la banda de operación</b>
<b>WS</b>	<b>Way Side</b>
<b>XPI</b>	<b>Cross Polarization Interference</b>
<b>XPIC</b>	<b>Cross Polarization Interference Canceller</b>

## BIBLIOGRAFIA

1. ANDREW, Antenna Systems/Catalog 31. International edition
2. ITALTEL, SRT 1S/7-8 Trunk SDH Radio System.
3. ITALTEL, SRA 1/1S Access SDH Radio System.
4. SIEMENS, Synchronuous Multiplexers SMA-1 and SMA-4 Catalog.
5. SIEMENS y ALCATEL, Documento de Ofertas 18-0019-100/S.
6. ALCATEL, Multiplexor SDH sincrónico STM-1 Y STM-4 de Inserción extracción, 1641 SM/1641 SM-C.
7. ARES, Ing. Robeto, Sistemas de radioenlaces digitales, SIEMENS, 1989.
8. CASTRO Antonio, FUSARIO Rubén. Teleinformática Aplicada, Mc Graw Hill, 1994.
9. ROJAS, SALAS, SILVA. Transmisión de televsión ocasional utilizando el canal de reserva de PACIFICTEL - ANDINATEL para las ciudades Guayaquil, Quito y Cuenca, 1998.
10. Apuntes de clases del Tópico de Transmisión Digital, 1998-1999.
11. Entrevista con la Vicepresidencia de Negoclos de PACIFICTEL