

**PLANEACIÓN, ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS NUEVOS ENLACES  
PARA LA EMISORA RADIO UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
A NIVEL DEPARTAMENTAL**



**DIEGO ALEJANDRO COLLAZOS VELASCO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES  
POPAYÁN  
2.006**

**PLANEACIÓN, ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS NUEVOS ENLACES  
PARA LA EMISORA RADIO UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
A NIVEL DEPARTAMENTAL**



**DIEGO ALEJANDRO COLLAZOS VELASCO**

**Trabajo de Grado**

**Director**

**Ing. EDGAR ORTIZ LANDAZURI**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES  
POPAYÁN  
2.006**

*Tengo tantos sueños Señor,  
que para verlos realizados  
necesito de vida,  
salud, fe, disciplina  
y del amor y el aliento  
que me dan las personas  
maravillosas que siempre  
colocas en mi camino.  
No sé si todo lo que sueño  
se hará realidad, Señor...  
Pero si sé que mi vida  
está en tus manos,  
y eso es mejor  
que todas mis esperanzas juntas!*

¡A ti Señor, te doy gracias!

A mis padres por su inmenso amor, comprensión  
y apoyo incondicional en la consecución  
de todas mis metas.

A mis hermanos, por compartir conmigo la alegría  
de vivir, crecer y soñar en familia.

A mis abuelos, por todas sus oraciones y manifestaciones de cariño.

A mis amigos, por compartir sus sueños conmigo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones y su cuerpo de profesores por su labor académica y formativa.

A la Radio Universidad del Cauca 104.1 FM, a quien se debe este proyecto.

A quienes brindaron su colaboración en el desarrollo de este Trabajo de Grado:

Danilo Reinaldo Vivas, Rector Universidad del Cauca

Mauricio Vega Zafrane, Vice-rector Bienestar y Cultura

Ismenia Ardila, Jefe División de Comunicaciones

Álvaro Córdoba, Diego Torres, Directores Emisora Radio Universidad del Cauca

Ing. Edgar Ortiz Landazuri, Director del Trabajo de Grado

Esp. Víctor Manuel Quintero, Asesor

Ing. Claudia Milena Hernández, Asesor

Ing. Miguel Latorre, Jefe Área de Equipos

Esp. Guefry Leyder Agredo, Jurado del Trabajo de Grado

Ing. Felipe Cadena, Jurado del Trabajo de Grado

Milton López, Asesor Jurídico

Carlos Manuel Trujillo, Compañero

Al Programa de Comunicación Social

Al Centro de Educación Abierto y a Distancia (CEAD), programa Descentralización

Al Grupo de Estudios Ambientales (GEA)

A las emisoras Comunitarias Piendamó Stereo, Patía Stereo, Balboa Stereo y Coconuco Stereo, a las emisoras Indígenas Radio Pa'yumat y Renacer Stereo.

Y a las personas que de una u otra manera aportaron en la consecución de este proyecto.

## CONTENIDO

	pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1. PROYECTO: PLANEACIÓN ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS NUEVOS ENLACES PARA LA EMISORA RADIO UNIVERSIDAD DEL CAUCA A NIVEL DEPARTAMENTAL</b>	<b>3</b>
1.1. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	3
1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO	7
1.3. MARCO JURÍDICO Y JUSTIFICACIÓN	7
1.3.1. Artículo 20 de la Constitución Política de Colombia	7
1.3.2. Políticas Públicas	8
1.3.3. Normatividad Aplicable al Proyecto	17
1.3.4. Radio de Interés Público y Comunitarias de la Mano	19
1.3.5. Aplicaciones del Proyecto	20
<b>2. GENERALIDADES</b>	<b>21</b>
2.1. INGENIERIA DE RADIO ENLACES	21
2.1.1. Puntos de Ubicación	21
2.1.2. Bandas de Frecuencia	21
2.1.3. Realización de Perfiles	22
2.1.4. Cálculo de los Radio Enlaces	23
2.2. DEFINICIONES	27
2.2.1. ACTIVIDAD DE TELECOMUNICACIONES	27
2.2.2. ESTACIÓN BASE	27
2.2.3. ESTACIÓN REPETIDORA	27

2.2.4. CANAL DE RADIODIFUSIÓN	27
2.2.5. TIPOS DE ESTACIONES SEGÚN ÁREA DE COBERTURA Y POTENCIA	28
2.2.6. SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN	28
2.2.7. TIPOS DE TRANSMISIÓN	29
2.2.8. IDENTIFICACIÓN DE CANALES	29
2.2.9. FRECUENCIA DE ENLACE	29
2.2.10. IDENTIFICACIÓN DE CANALES PARA ENLACE ENTRE ESTUDIOS Y SISTEMA DE TRANSMISIÓN	30
2.2.11. PLAN TÉCNICO NACIONAL DE RADIODIFUSIÓN SONORA EN FRECUENCIA MODULADA	30
<b>3. ESTUDIO TÉCNICO</b>	<b>31</b>
3.1. ENLACE: CERRO MUNCHIQUE – POPAYÁN	31
3.1.1. Condiciones Técnicas de la Emisora Radio Universidad del Cauca	31
3.1.2. Condiciones Técnicas Cerro Munchique	32
3.1.3. Perfil de Trayecto Cerro Munchique – Popayán	32
3.1.4. Análisis del Perfil de Trayecto	34
3.1.5. Plan de Frecuencias del Trayecto	34
3.1.6. Cálculos del Radio Enlace	35
3.2. ENLACE: CERRO MUNCHIQUE – SANTANDER DE QUILICHAO (SEDE UNIVERSIDAD DEL CAUCA)	36
3.2.1. Condiciones Técnicas de la Sede de la Universidad del Cauca	36
3.2.2. Perfil de Trayecto Cerro Munchique – Santander de Quilichao (Sede Unicauca)	36
3.2.3. Análisis del Perfil de Trayecto	38
3.2.4. Plan de Frecuencias del Trayecto	38
3.2.5. Cálculos del Radio Enlace	39

3.3. ENLACE: CERRO MUNCHIQUE – SANTANDER DE QUILICHAO (EMISORA RADIO PA'YUMAT)	40
3.3.1. Condiciones Técnicas de la Emisora Radio Pa'yumat	40
3.3.2. Perfil de Trayecto Cerro Munchique – Santander de Quilichao	40
3.3.3. Análisis del Perfil de Trayecto	42
3.3.4. Plan de Frecuencias del Trayecto	42
3.3.5. Cálculos del Radio Enlace	43
3.4. ENLACE: CERRO MUNCHIQUE – PIENDAMÓ	44
3.4.1. Condiciones Técnicas de la Emisora Piendamó Stereo	44
3.4.2. Perfil de Trayecto Cerro Munchique – Piendamó	44
3.4.3. Análisis del Perfil de Trayecto	46
3.4.4. Plan de Frecuencias del Trayecto	46
3.4.5. Cálculos del Radio Enlace	47
3.5. ENLACE: CERRO MUNCHIQUE – EL BORDO (PATÍA)	48
3.5.1. Condiciones Técnicas de la Emisora Patía Stereo	48
3.5.2. Perfil de Trayecto Cerro Munchique – Patía	48
3.5.3. Análisis del Perfil de Trayecto	50
3.5.4. Plan de Frecuencias del Trayecto	50
3.5.5. Cálculos del Radio Enlace	51
3.6. ENLACE: CERRO MUNCHIQUE – GUAPI	52
3.6.1. Condiciones Técnicas del sitio	52
3.6.2. Perfil de Trayecto Cerro Munchique – Guapi	52
3.6.3. Análisis del Perfil de Trayecto	54
3.7. TOPOGRAFÍA DE LOS ENLACES	55
<b>4. DISEÑO DE LA RED</b>	<b>56</b>
4.1. CONSIDERACIONES GENERALES DEL DISEÑO	57
4.2. ESTACIÓN REPETIDORA MUNCHIQUE	59
4.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTACIÓN REPETIDORA	62
4.2.2. DISEÑO DE LA ESTACIÓN REPETIDORA	63

4.3. ESTACIONES BASE DE RED	71
<b>5. PROTOTIPO DEL SISTEMA DE TELEMETRIA</b>	<b>74</b>
5.1. PLANTEAMIENTO DEL SISTEMA	74
5.1.1. Descripción general del Sistema	74
5.1.2. Ubicación del Sistema	75
5.1.3. Funciones	75
5.1.4. Características del Sistema	76
5.2. MODELO FUNDAMENTAL	77
5.2.1. Módulo 1: Servidor de Aplicación	78
5.2.2. Módulo 2: Radio Enlace	79
5.2.3. Módulo 3: Control del Sistema	79
5.2.4. Módulo 4: Sistema de Monitoreo	81
5.3. MONITOREO Y CONTROL	82
5.4. DISEÑO DETALLADO	84
5.4.1. DISEÑO DE LA APLICACIÓN	85
5.4.2. DISEÑO DEL RADIO ENLACE	92
5.4.3. DISEÑO CONTROL DEL SISTEMA	110
5.4.4. SISTEMA DE CONTROL TRANSMISOR FM MARCA IRADIO	115
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>120</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>123</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>124</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>127</b>



## LISTA DE TABLAS

		pág.
Tabla 1.	Políticas y Estrategias del Plan de Cultura Aplicables al Proyecto	10
Tabla 2.	Similitudes entre la Radio de Interés Pública y la Radio Comunitaria	19
Tabla 3.	Aplicaciones del Proyecto	20
Tabla 4.	Ubicación Geográfica del Estudio Emisora Radio Unicauca	31
Tabla 5.	Ubicación Geográfica de la Torre Cerro Munchique	32
Tabla 6.	Datos Generales Perfil Cerro Munchique – Popayán (Sector Tulcán)	32
Tabla 7.	Plan de Frecuencias Trayecto Munchique – Popayán	34
Tabla 8.	Cálculos del Radio Enlace Munchique - Popayán	35
Tabla 9.	Ubicación Geográfica de la Sede Unicauca – Santander de Quilichao	36
Tabla 10.	Datos Generales Perfil Cerro Munchique – Sede Universidad	36
Tabla 11.	Plan de Frecuencias Trayecto Munchique – Popayán	38
Tabla 12.	Cálculos del Radio Enlace Munchique – Santander de Quilichao	39
Tabla 13.	Ubicación Geográfica del Estudio Emisora Radio Pa'yumat	40
Tabla 14.	Datos Generales Perfil Cerro Munchique – Emisora Radio Pa'yumat	40

Tabla 15.	Plan de Frecuencias Trayecto Munchique – Santander de –Quilichao (Emisora Pa'yumat)	42
Tabla 16.	Cálculos del Radio Enlace Munchique – Santander de Quilichao	43
Tabla 17.	Ubicación Geográfica del Estudio Emisora Piendamó Stereo	44
Tabla 18.	Datos Generales Perfil Cerro Munchique – Piendamó	44
Tabla 19.	Plan de Frecuencias Trayecto Munchique – Piendamó (Emisora Comunitaria Piendamó Stereo)	46
Tabla 20.	Cálculos del Radio Enlace Munchique – Piendamó	47
Tabla 21.	Ubicación Geográfica del Estudio Emisora Patía Stereo	48
Tabla 22.	Datos Generales Perfil Cerro Munchique – Patía	48
Tabla 23.	Plan de Frecuencias Trayecto Munchique – Patía (Emisora Comunitaria Patía Stereo)	50
Tabla 24.	Cálculos del Radio Enlace Munchique – Patía	51
Tabla 25.	Ubicación Geográfica del Sitio	52
Tabla 26.	Datos Generales Perfil Cerro Munchique – Guapi	52
Tabla 27.	Estaciones de la Red	56
Tabla 28.	Descripción de Señales de Control	82
Tabla 29.	Descripción de Señales de Monitoreo de Alarmas	83
Tabla 30.	Descripción de Señales de Monitoreo de Operación del Transmisor	84
Tabla 31.	Descripción del Panel Monitoreo Tx	86
Tabla 32.	Lista de elementos Tarjeta MODEM FSK – Parte 1	104
Tabla 33.	Lista de elementos Tarjeta MODEM FSK – Parte 2	105
Tabla 34.	Lista de elementos Tarjeta Control STTRU – Parte 1	113
Tabla 35.	Lista de elementos Tarjeta Control STTRU – Parte 2	114

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Configuración de Enlaces Bidireccionales de Emisoras	5
Figura 2. Ejemplo de un Perfil de Trayecto	22
Figura 3. Perfil de Trayecto Cerro Munchique - Popayán	33
Figura 4. Perfil de Trayecto Cerro Munchique – Santander de Quilichao (Sede Unicauca)	37
Figura 5. Perfil de Trayecto Cerro Munchique – Santander de Quilichao (Emisora Pa'yumat)	41
Figura 6. Perfil de Trayecto Cerro Munchique – Piendamó	45
Figura 7. Perfil de Trayecto Cerro Munchique – Patía	49
Figura 8. Perfil de Trayecto Cerro Munchique – Guapi	53
Figura 9. Entorno Topográfico de los Enlaces	55
Figura 10. Ubicación de los Sitios a Enlazar en el Departamento del Cauca	55
Figura 11. Enlaces de la Red con Configuración en Estrella	57
Figura 12. Señales Compuestas Típicas en Banda Base	58
Figura 13. Vista del Cerro Munchique desde Popayán	59
Figura 14. Caseta para la Ubicación de los Equipos	60
Figura 15. Tomas de Energía y Sistema de Tierra en la Caseta	60
Figura 16. Torre de Telecom en el Cerro Munchique	61
Figura 17. Estructura de Torre de 6 m	62
Figura 18. Estación Repetidora Munchique	63
Figura 19. Diseño de la Estación Repetidora Munchique	64
Figura 20. Antena Yagi, Patrón de Radiación Plano E y H	65

Figura 21.	Duplexor UHF	65
Figura 22.	Receptor STL	66
Figura 23.	Diagrama en Bloques de un Receptor STL	66
Figura 24.	Diagrama Esquemático del Switch Control	67
Figura 25.	Transmisor STL	68
Figura 26.	Diagrama en Bloques de un Transmisor STL	68
Figura 27.	Módulo Amplificador de RF	69
Figura 28.	Divisores de Potencia	69
Figura 29.	Radio MODEM	70
Figura 30.	Diseño de Estación Base	72
Figura 31.	Diseño Final de la Red	73
Figura 32.	Componentes del STTRU	76
Figura 33.	División Modular del Sistema	77
Figura 34.	Módulo Servidor de Aplicación	78
Figura 35.	División Modular Servidor de Aplicación	78
Figura 36.	Submódulo Manejo de Datos	78
Figura 37.	Módulo Radio Enlace	79
Figura 38.	Módulo Control Sistema	79
Figura 39.	Submódulo Control de Datos	79
Figura 40.	Submódulo Control Tx/Rx	80
Figura 41.	Submódulo Control de Actuadores	80
Figura 42.	Submódulo Sistema de Monitoreo	81
Figura 43.	Interfaz Gráfica STTRU	85
Figura 44.	Sondeo (Half Duplex)	89
Figura 45.	Monitoreo (Half Duplex)	90
Figura 46.	Control (Half Duplex)	90
Figura 47.	Monitoreo (Simplex)	91
Figura 48.	Diagrama en Bloques del Radio Enlace	92
Figura 49.	Elementos que pueden ser conectados al MODEM FSK	93

Figura 50.	Multicanal RS232 Driver/Receiver: Pin Configuration	94
Figura 51.	Esquema Interno del XR-2206	95
Figura 52.	Diagrama Circuital Modulador FSK	96
Figura 53.	Esquema Interno del XR-2211	98
Figura 54.	Diagrama Circuital Demodulador FSK	100
Figura 55.	Circuito PTT Switching	100
Figura 56.	Configuración Conector DB9 Hembra	101
Figura 57.	Configuración Conector para los Radios TX y RX de UHF	101
Figura 58.	Circuito Total Tarjeta MODEM FSK	102
Figura 59.	Vista de Componentes Tarjeta MODEM FSK	103
Figura 60.	Vista de Impreso Tarjeta MODEM FSK	103
Figura 61.	Tarjeta MODEM FSK	106
Figura 62.	Configuración del Cable de Poder	108
Figura 63.	Diagrama en Bloques del Receptor	109
Figura 64.	Diagrama en Bloques del Transmisor	109
Figura 65.	Circuito Total Tarjeta Control STTRU	111
Figura 66.	Tarjeta Control STTRU Vista de Componentes e Impreso	112
Figura 67.	Tarjeta Control STTRU	114
Figura 68.	Diagrama en Bloques Sistema de Control Microcontrolado	117

## LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A            1. PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES ESTACIONES DE  
                              RADIODIFUSION SONORA ENLACES ESTUDIOS -  
                              SISTEMAS DE TRANSMISIÓN BANDA DE 300 MHz.  
                              2. IDENTIFICACIÓN DE CANALES
- ANEXO B            1. DATOS DEL TRAYECTO CERRO MUNCHIQUE -  
                              POPAYÁN  
                              2. DATOS DEL TRAYECTO CERRO MUNCHIQUE -  
                              SANTANDER DE QUILICHAO (SEDE U)
- ANEXO C            INFORME SALIDA DE CAMPO
- ANEXO D            LISTADO Y COSTO DE EQUIPOS (APROXIMADO)
- ANEXO E            MANUAL DE USUARIO STTRU



## INTRODUCCIÓN

La radio juega un papel decisivo en la construcción de una Nación, une las voces regionales, estimula la imaginación, permite que el país se escuche a sí mismo y se reconozca en sus diferencias, difunde las diversas culturas, transmite los acontecimientos políticos, divulga los movimientos sociales, y puede crear diálogos nacionales acerca de los principales problemas y adelantos del país. En síntesis, es un medio para hacer historia como un agente clave en la generación de opinión pública y en la transmisión de los sucesos como un espectador de primera línea.

La Universidad del Cauca, a través de su emisora, tiene el compromiso entre otros, de difundir la cultura, la ciencia y la educación, y dar a conocer sus logros de investigación científica y tecnológica aplicada al desarrollo, apoyar el proyecto educativo nacional y, servir de canal para la generación de una sociedad mejor informada y educada.

Por tal motivo, la Radio Universidad del Cauca – 104.1 FM, es un recurso muy valioso con el cual cuenta esta Institución, para difundir el pensamiento y las expresiones de la Universidad en la región. El presente proyecto busca planear y diseñar una ampliación de la cobertura de la emisora dentro de las normas nacionales e internacionales, llevar su señal al mayor número de municipios del Departamento del Cauca y brindar una forma de comunicación bilateral, dando la posibilidad a dichos sitios, de poder transmitir sus programas hacia la emisora de la Universidad del Cauca y ésta difundirlos hacia los demás lugares, utilizando como soporte una estación repetidora ubicada en el Cerro Munchique, constituyendo con este sistema el primer paso para el desarrollo de nuevos



proyectos de comunicaciones, entre estos, una posible Red de Emisoras Regionales, o en el futuro una Red de Emisoras Universitarias, y así, poder alcanzar diferentes objetivos institucionales al generar espacios de expresión, información, educación, comunicación, promoción cultural, formación y concertación, entre los diferentes sitios del Departamento.

# **1. PROYECTO: Planeación, Análisis y Diseño de los Nuevos Enlaces para la Emisora Radio Universidad del Cauca a Nivel Departamental**

*El presente proyecto nace de la necesidad de mejorar la cobertura de la Emisora Radio Universidad del Cauca a nivel departamental e integrar a los municipios con el compromiso de servir de canal para la generación de una sociedad mejor informada y educada, difundiendo la Cultura, la Ciencia y la Educación.*

## **1.1. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO**

Con la idea de generar una posible solución a la problemática anteriormente planteada, mejorar el funcionamiento y aumentar la zona de influencia de la Universidad del Cauca, se quiere llegar a diferentes sitios del Departamento del Cauca y brindar un medio de comunicación bilateral.

El proyecto consiste en planificar, analizar y diseñar un sistema que permita transmitir la señal generada en el estudio de la emisora Radio Universidad del Cauca, ubicado en Popayán (sede Tulcán) hasta una estación repetidora situada en el Cerro Munchique, a través de un enlace directo y de baja potencia. El repetidor recibe esta señal, la modula en otra frecuencia portadora y la retransmite a los municipios a donde se quiera llegar. En los municipios se encontrará un

receptor para esta nueva frecuencia portadora; el cual se encargará de tomar la señal de audio para pasarla al sistema de radiodifusión local de cada municipio.

El diseño del sistema, se hará para interconectar los siguientes municipios del Departamento del Cauca:

- Cerro Munchique (municipio de El Tambo) – Popayán
- Cerro Munchique – Santander de Quilichao
- Cerro Munchique – Patía
- Cerro Munchique – Guapi
- Cerro Munchique – Piendamó

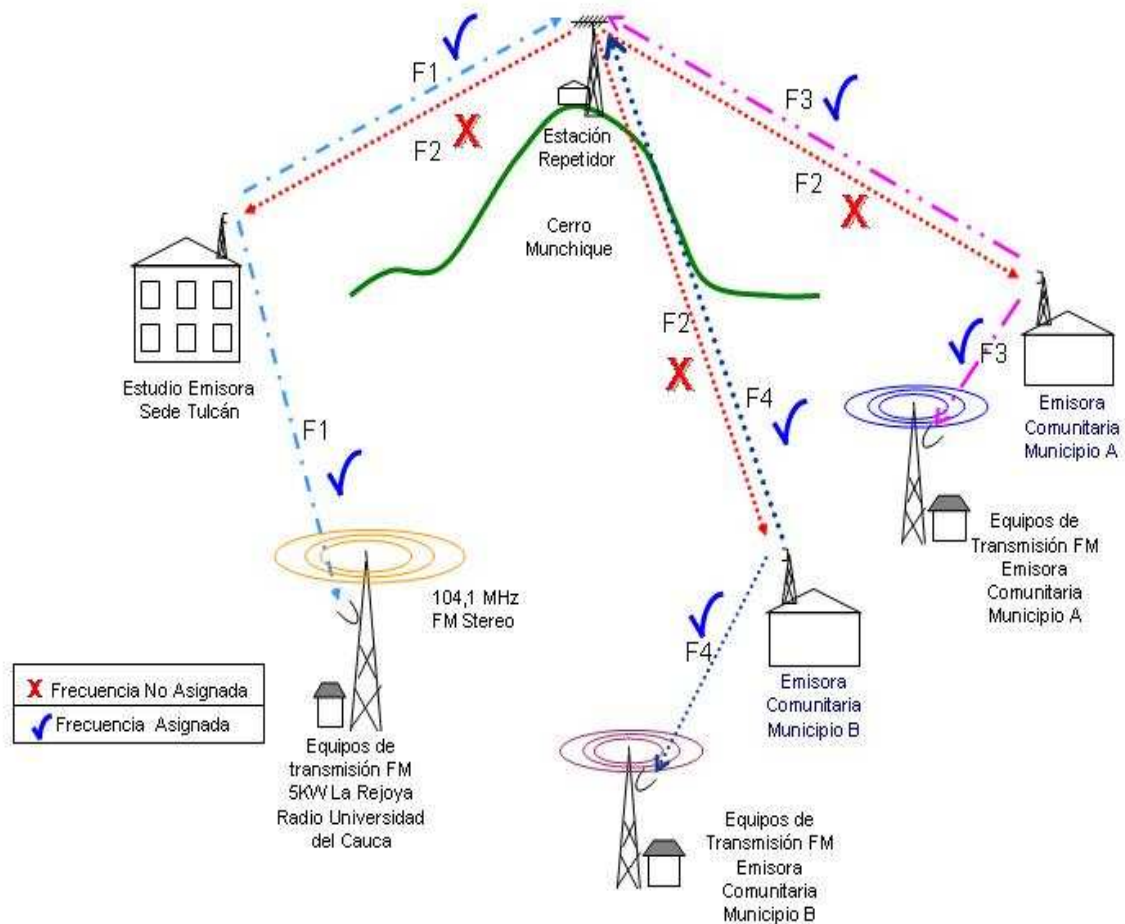
**Enlaces Bidireccionales (Estudio Popayán – Emisoras Comunitarias del Cauca):**

Con esta configuración se planea transmitir la señal de la emisora Radio Universidad del Cauca (104.1 FM), hacia algunos municipios del Departamento del Cauca, que cuenten con emisoras comunitarias o sitios de interés de la Universidad. Por medio de un enlace Popayán – Cerro Munchique, la señal de la emisora es transmitida hasta la estación repetidora, ubicada en el Cerro ya nombrado; la frecuencia de enlace es la ya asignada por el Ministerio de Comunicaciones para la emisora de la Universidad ( $F1 = 302.9$  MHz). Posteriormente el repetidor recibe dicha señal y la retransmite hacia cada uno de los municipios que cuente con una emisora comunitaria, en una frecuencia de enlace ( $F2$ ), que debe ser tramitada ante el Ministerio de Comunicaciones de Colombia. Dicha emisora comunitaria, se encargará de recibir la señal y difundirla por medio de sus equipos de radiodifusión local. Además, permite transmitir en dirección contraria la señal de la programación generada localmente por las emisoras comunitarias hasta el repetidor en Munchique y éste a su vez la retransmite a los estudios de las emisoras comunitarias y al estudio de la emisora de la Universidad del Cauca (Popayán), por medio de una frecuencia de enlace específica para cada emisora comunitaria ( $F3, F4...$ , ya asignadas por el Ministerio

de comunicaciones para cada municipio como frecuencia de enlace entre estudio y transmisor), conformándose así una red de emisoras en el Departamento del Cauca, que involucra, emisoras de Interés Público y emisoras Comunitarias. (ver Figura 1).

**Características:**

- Sistema bidireccional de enlaces
- Reutilización de frecuencias
- Enlaces directivos (baja potencia)
- Cerro Munchique, sitio estratégico del Cauca
- Utilización de caseta y torre (Cerro Munchique)
- Utilización de equipos ya existentes en las emisoras
- Comunica diferentes emisoras del Departamento del Cauca
- Integración de diferentes regiones del Departamento



**Figura 1. Configuración de Enlaces Bidireccionales de Emisoras**

- **Enlace Estudio (Popayán) – Repetidor (Munchique):**

Este es un enlace bidireccional directivo entre el estudio de la emisora (Sede Tulcán) y el repetidor ubicado en el Cerro Munchique. La frecuencia de enlace de subida (F1) entre el estudio y la estación repetidora es la frecuencia ya asignada por el Ministerio de Comunicaciones (302.9MHz). La frecuencia de enlace de bajada (F2) debe ser previamente tramitada ante el Ministerio de Comunicaciones. A través del enlace de subida se transmite la señal de la emisora de la Universidad del Cauca hacia los municipios, y por medio del enlace de bajada se trae la señal producida por las emisoras comunitarias hacia el estudio de la emisora de la Universidad en Popayán.

- **Enlace Repetidor – Equipo Receptor/Transmisor Estudio Emisoras Comunitarias en los Municipios:**

Es un enlace bidireccional cuya frecuencia de bajada (F2) es la misma para transmitir la señal desde el repetidor a todos los municipios deseados. Por otro lado la señal de audio generada por cada municipio se entrega por medio del transmisor de enlace de cada emisora comunitaria al repetidor ubicado en el Cerro Munchique a través de una frecuencia que ya ha sido asignada por el Ministerio de Comunicaciones para cada localidad (F3 y F4).

- **Sistema Multiplex:**

Dentro del diseño del proyecto se debe tener en cuenta una gran ventaja que genera la utilización de los equipos de radio enlace y es la presencia de canales auxiliares conocidos como MUX, por el cual se puede transmitir perfectamente una señal de audio, voz, o datos a velocidades bajas. Lo que se desea es hacer uso de este canal para enviar y recibir programas a nivel interno entre las emisoras, los cuales pueden ser de control, clases, o espacios radiales que no se deseen radio propagar en toda la zona de cobertura, sino en un solo punto determinado (salón de clase, auditorio, parque etc.). Esto genera una gran diversidad de aplicaciones extras con las que se pueden contar, lo que hace que el sistema sea más eficiente y benéfico para el Departamento del Cauca.

## **1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

- Presentar una solución a la problemática de cobertura y funcionamiento de la emisora Radio Universidad del Cauca (104.1 FM).
- Crear un medio de comunicación que permita la integración y el diálogo de las diferentes regiones del Departamento del Cauca.
- Hacer presencia de la Universidad del Cauca en las diferentes regiones del Departamento del Cauca.

## **1.3. MARCO JURÍDICO Y JUSTIFICACIÓN**

### **1.3.1. Artículo 20 de la Constitución Política de Colombia [1]**

“Se garantiza a toda persona la libertad de expresar y difundir su pensamiento y opiniones, la de informar y recibir la información veraz e imparcial, la de fundar medios masivos de comunicación.

Estos son libres tienen responsabilidad social. Se garantiza el derecho a la rectificación en condiciones de equidad. No habrá censura.”

El libre acceso a los medios de comunicación en nuestro Estado social y de Derecho se ha visto plasmado con el desarrollo de normas que propenden por la creación de medios de comunicación y concretamente de radiodifusoras dirigidas al servicio social. En este desarrollo el servicio público de la radiodifusión en cabeza del Estado, se presta mediante gestión indirecta a las comunidades por intermedio de las estaciones de Interés Público y Comunitarias.

No obstante, aunque desde la Carta Política se pregona un libre acceso, este tiene sus costos, sobre todo de índole económico (equipos, licencias, estudios técnicos, energía eléctrica, etc.). El proyecto busca integrar las estaciones Comunitarias existentes en algunos municipios del Departamento del Cauca, con la Radio

Universidad del Cauca de Interés Público, a fin de acercar más a las comunidades a través de la radio, el servicio educativo, de prevención, recreación, cultura, salud, entre otros.

### **1.3.2. Políticas Públicas**

Basados en los principales planes del gobierno Colombiano, y en las leyes concernientes a las Telecomunicaciones, se presenta a continuación una breve explicación sobre la importancia y los beneficios que este proyecto generaría para el país y principalmente para el Departamento del Cauca, destacando las principales estrategias y políticas a las cuales se adapta a cabalidad el presente proyecto:

#### **Plan Nacional De Cultura (2001–2010) [2]**

Se destacan de este plan los siguientes principios generales, que se aplican a cabalidad en el presente proyecto:

- La construcción de una ciudadanía de democracia cultural y plural con base en el reconocimiento de la dimensión cultural de los distintos agentes sociales.
- El Estado como garante del reconocimiento y respeto por la diversidad cultural de los distintos actores, sectores y pueblos en la creación de lo público.
- El reconocimiento de los procesos socioculturales como punto de partida para el apoyo y estímulo a la producción y el consumo cultural que elimine discriminaciones y exclusiones.

Para hacer realidad estos principios generales se hace necesario contar con un medio de amplia penetración y aceptación en la comunidad. Ya cada una de las comunidades integradas posee su estación de radio comunitaria, pero el manejo de las mismas no es el mejor en la búsqueda del cumplimiento de su objetivo

cultural. El sistema propuesto se convierte entonces en instrumento idóneo para canalizar los objetivos culturales acordes con las necesidades de la comunidad.

Además dicho plan contempla la necesidad de formación de públicos, para lo cual es preciso fortalecer programas de sensibilización como días del libro, cine, música y patrimonio que sean capaces de convocar a los colombianos para apropiarse creativamente de las múltiples posibilidades de conocimiento, goce y disfrute que la cultura puede dar.

En cuanto a las Comunicaciones, dicho plan afirma que es necesario fortalecer el proceso de formación de Nación; contribuir a la formación de grupos de producción de medios ciudadanos y comunitarios; y democratizar los medios de comunicación y las nuevas tecnologías.

En el aspecto de Medio Ambiente, consigna que se deben difundir y promover las relaciones entre el patrimonio cultural y el patrimonio natural, fomentar la valoración de los paisajes culturales, y salvaguardar los derechos colectivos de los pueblos indígenas y las comunidades negras sobre sus saberes tradicionales. Nada mejor que el posicionamiento y penetración de los medios de comunicación Comunitarios y de Interés Público, para la divulgación y acogida de campañas destinadas a la preservación de los recursos naturales, y las costumbres autóctonas de cada municipio.

Por último deben citarse algunas políticas del Plan de Cultura, en conjunto con las estrategias respectivas que debe seguir el Estado, para asegurar el cumplimiento de los principios de dicho plan, que para el Cauca contarán con la integración de varios entes comunitarios por medio de la radio, que facilitan su ejecución. En la Tabla 1, se observan las políticas y estrategias del Plan de Cultura aplicables al proyecto.



**Tabla 1. Políticas y Estrategias del Plan de Cultura Aplicables al Proyecto**

<b>Política:</b>	Promover la participación desde las especificidades culturales.
<b>Estrategia:</b>	Sensibilización de los medios masivos de comunicación en el reconocimiento y respeto de las especificidades culturales.
<b>Política:</b>	Reconocer las propuestas de los agentes no formales en los procesos de construcción de políticas culturales.
<b>Estrategia:</b>	Atención a las propuestas que surgen en los medios de comunicación ciudadanos y comunitarios.
<b>Política:</b>	Garantizar el derecho a la creación en condiciones de libertad, equidad y dignidad.
<b>Estrategias:</b>	Dotación de los medios necesarios para crear. Asignación de los recursos que fomenten la creación con base en el criterio de equidad dentro del carácter multicultural de la nación. Promoción de las expresiones culturales de los jóvenes como expresión autónoma y motor de transformación cultural.
<b>Política:</b>	Recrear y proteger la pluralidad de las memorias.
<b>Estrategia:</b>	Fomento del uso de las nuevas tecnologías para el registro, la digitalización y la disseminación de las memorias.
<b>Política:</b>	Promover el diálogo, el intercambio y la cooperación entre las culturas.
<b>Estrategia:</b>	Fomento de la producción radial local que ponga en diálogo la diversidad como garantía para la participación equitativa de las culturas en el espectro radial. Elaboración de planes y programas de alfabetización mediática y de apropiación de los medios, las tecnologías y los lenguajes audiovisuales. Estímulo a los medios de comunicación para que circulen las identidades y fomenten la pluralidad de voces e informaciones.

### **Plan de Desarrollo Educativo del Departamento del Cauca [3]**

El Cauca que se caracteriza por su diversidad étnica, cultural y ambiental: con la presencia de siete pueblos indígenas, de los cuales cinco de ellos conservan sus propias lenguas, comunidades Afro-colombianas ubicadas en diferentes zonas y municipios, con sus propias particularidades culturales y organizativas, comunidades campesinas y urbanas con formas específicas de organización y expresión de su Cultura. De igual manera la diversidad ambiental nos muestra formas particulares de apropiación, concepción y relación con el territorio.

Estrategias:

- Difusión, socialización y convivencia de experiencias culturales en el ámbito local, regional, nacional e internacional que nos permita cimentar la identidad cultural y territorial para la apropiación de nuestro sentido de pertenencia.
- Impulso a actividades complementarias que contribuyan a la formación integral de los estudiantes.
- Aprovechar y ponerse en contacto con medios de comunicación, hablados, escritos, visuales, con espacios educativo- culturales de Popayán y locales, para la difusión de las experiencias educativas.
- Modernizar el sistema organizacional y de gestión de la Secretaría de Educación Departamental, en el ámbito administrativo y técnico pedagógico de tal manera que garanticen los procesos de participación comunitaria.
- Apoyo a los procesos de investigación encaminados a la recuperación de las memorias colectivas que permitan el reconocer la importancia de la tradición oral y en general la cultura en el proceso de conocimiento y por ende en la construcción de currículos más acordes con la diversidad cultural del Departamento.
- Capacitación permanente del docente dentro de su contexto sociocultural a nivel municipal y mediante un diagnóstico previo de necesidades.
- Promover acciones para que las instituciones formadoras de docentes modifiquen los currículos acordes a los contextos y necesidades socioculturales del Departamento.
- Conformación de un equipo interinstitucional que trabaje en las políticas educativas adecuadas para los diferentes sectores sociales.
- Cooperar directamente con otras instancias gubernamentales departamentales y municipales para desarrollar programas de educación y prevención, en salud y auto cuidado, a nivel institucional, familiar y comunitario, a si mismo como gestionar con dichos organismos los controles periódicos de salud general y nutricional de la comunidad educativa y suscribir convenios con estos para garantizar el cumplimiento de las acciones en las escuelas.

Como se puede notar se hace necesaria la creación en el Departamento del Cauca de un medio de comunicación que permitan difundir, socializar, impulsar y afianzar la enseñanza en dicho Departamento. Cabe recordar que el Cauca es un Departamento con muchas dificultades en cuanto a transporte, comunicación y seguridad, lo que lo hace una zona de difícil acceso para los educadores y entes encargados de asegurar una buena educación y la evolución de la misma. Por tanto se quiere generar ese medio propicio para llevar a cabo los propósitos de la educación en el Departamento, y más aún cuando ninguna emisora de su capital tiene cobertura total en las subregiones.

La Universidad del Cauca se encargaría entonces entre otras funciones de coordinar y gestionar el proyecto de forma tal, que se asegure un correcto funcionamiento orientado hacia la educación de la población y la capacitación continua de los docentes, cumpliendo así con los principales propósitos de este plan de educación.

#### **Plan Nacional de Desarrollo (2002-2006): Hacia un Estado Comunitario [4]**

- Promover la democracia local y la vinculación de la sociedad civil a la gestión pública mediante el diseño de mecanismos de participación comunitaria en el marco de la profundización de los procesos de descentralización. Se pretende, además, recuperar la confianza de la comunidad en las instituciones públicas, así como incentivar su participación en los procesos de toma de decisiones en los niveles regional y local.

El proyecto es un medio propicio para garantizar la participación comunitaria del Departamento del Cauca, y garantiza la participación de los ciudadanos en la toma de decisiones que les concierne, pues genera los espacios adecuados para que las comunidades caucanas expresen sus pensamientos y necesidades.

- Construcción de Escenarios de Convivencia: Se apoyaran acciones y proyectos que desarrollen mecanismos de participación social. Igualmente se promoverán iniciativas a favor de la descentralización bajo esquemas de alianzas para la mejor gestión y el logro de objetivos colectivos concretos.
- Dado que la cultura es fundamento de la nacionalidad, se requiere implementar programas nacionales y regionales que valoren y promuevan los diversos procesos y manifestaciones culturales que identifican al país, así como fomentar iniciativas culturales orientadas al afianzamiento de la democracia, del sentido de pertenencia y la cohesión social.
- Los Ministerios de Educación Nacional y de Cultura y la Oficina del Alto Comisionado para la paz son responsables de integrar infraestructuras, redes e iniciativas locales, regionales y nacionales que contribuyan al reconocimiento y a la formación de valores, que generen sentido de pertenencia al país y que fomenten apropiación de los procesos de desarrollo.
- La Agenda de Conectividad es una política del Estado que busca masificar el uso de las Tecnologías de Información y Telecomunicaciones, con el propósito de lograr que el país aproveche las tecnologías para su desarrollo económico, social y político.
- El gobierno dará continuidad a la Agenda de Conectividad bajo los siguientes principios: mejorar la calidad de vida de los colombianos mediante el desarrollo de tecnologías de la Información y Telecomunicaciones que contribuyan a construir equidad social, garantizar la revolución educativa, impulsar y promover la generación de contenidos, el aprendizaje, la participación ciudadana, apoyar a localidades y regiones del país ante eventualidades de orden público y desastres naturales.
- Modernización y mejora de la gestión de las Universidades públicas bajo los siguientes principios: (a.) mejorar la gestión y aumentar la oferta educativa mediante el ofrecimiento de programas pertinentes en las regiones, (b.) favorecer la adopción de nuevas metodologías en los programas presenciales,

a distancia y virtuales, (c.) asegurar la óptima utilización de la infraestructura existente.

- La televisión y radio educativas. En coordinación con los Ministerios de Comunicaciones y Cultura se trabajara en la creación de un canal y una programación educativa y cultural. Se promoverán proyectos que utilicen la Radio, la Televisión e Internet como medios para desarrollar programas de educación formal y no formal. En forma complementaria, se impulsaran programas de alfabetización a través de la radio educativa.

Este proyecto nos garantiza un medio para que la Universidad del Cauca dinamice la cobertura de la educación, al aumentar la oferta educativa formal y no formal mediante programas radiales, dirigidos tanto a alumnos como a capacitación de docentes.

#### **Políticas de Descentralización de la Universidad del Cauca [5]**

- Cumplir la Misión Social de la Universidad Pública vinculándose al país, la región y su comunidad, dado su carácter multiétnico y pluricultural, a través de la investigación, sistematización, aplicación y socialización del conocimiento científico, para propiciar cambios profundos en la estructura económica, social, política y cultural de la Nación.
- Contribuir en el desarrollo de un Plan Universitario en donde la política de descentralización y apertura de la Universidad, incorpore modalidades, tecnologías y metodologías educativas flexibles que propicien la creación y mejoramiento de acciones académicas en las regiones del Departamento del Cauca y del país.
- Estimular el uso de recursos tecnológicos acorde con las nuevas estrategias educativas en concordancia con las características económicas y socioculturales de las regiones.

- Fortalecimiento de las relaciones con los entes territoriales e interinstitucionales, empresariales y comunitarios del Departamento del Cauca que propicien alianzas estratégicas, en articulación a los planes de desarrollo municipales para el avance científico y tecnológico en las regiones.
- Formación de docentes y tutores en aspectos metodológicos, pedagógicos, de producción de materiales y utilización de tecnologías virtuales, multimedia y medios audiovisuales, para el desarrollo de programas en las regiones.

### **Políticas de la Radio Universidad del Cauca [6]**

Radio Universidad del Cauca (104.1 FM) como emisora de Interés Público (Proyecto de Decreto Reglamentario RSIP-DDS-V6-02/12/2004), orienta principalmente su programación a satisfacer necesidades de comunicación de interés nacional y tiene como fines, contribuir al fortalecimiento del patrimonio cultural y natural de la Nación; difundir la Cultura y la Ciencia y fomentar la productividad del país; promover los valores cívicos, la solidaridad, la seguridad, el ejercicio ciudadano y la cultura democrática; preservar la pluralidad, identidad e idiosincrasia nacional; servir de canal para la integración del pueblo colombiano y la generación de una sociedad mejor informada y educada; difundir los valores y símbolos patrios; contribuir a la defensa de la soberanía de las instituciones democráticas y asegurar la convivencia pacífica.

Radio Universidad del Cauca es un medio de comunicación institucional, adscrito a la Universidad del Cauca, de alcance regional, de carácter educativo y cultural, orientado a informar y formar, regido por los principios constitucionales, legales y democráticos de la República de Colombia.

La programación de una Radio Universitaria de Interés Público, está orientada principalmente a elevar el nivel educativo y cultural de los habitantes del territorio colombiano, y a difundir los valores cívicos de la comunidad. En este sentido, la

radio universitaria tiene una pertinencia social y académica, donde la comunidad universitaria y los actores sociales del área de cobertura de la Radiodifusora son los principales beneficiados. Se busca interpelar públicos olvidados por las emisoras comerciales (infantil, adultos mayores, agricultores, etc.).

Las Políticas Editoriales de Radio Universidad del Cauca (HJC20 104.1 FM) se inscriben dentro de los fundamentos conceptuales y axiológicos del Sistema de Cultura y Bienestar (Acuerdo 024 de 2001) y en general del Subsistema de Comunicaciones, en desarrollo de la estrategia del cuarto objetivo, que compromete el “Diseño, la formulación e implementación de políticas editoriales y reglamentos de operación para cada uno de los medios de comunicación institucional (impresos, audiovisuales y electrónicos) a tenor de la ley, que promuevan la participación intelectual de los actores intra y extrauniversitarios”. Así mismo, en el marco de los preceptos de ley establecidos para las emisoras de Interés Público, a las cuales pertenece la estación universitaria (Decretos 1445, 1446 y 1447 de 1995 del Ministerio de Comunicaciones).

Entre las políticas se destacan:

- Fomentar la constitución de colectivos o grupos multidisciplinarios de producción radiofónica que aporten al desarrollo de la emisora y de la radiodifusión en el Departamento del Cauca.
- Promover la realización de programas radiales de alto contenido humano que estimulen la sana convivencia, la participación y la controversia de manera argumentada, así como las diversas formas de conocimiento y acción en procura de la solución de diversas problemáticas, locales, regionales y nacionales.
- Promover la difusión de la música colombiana y el conocimiento de diversos géneros alternativos y tradicionales de diferentes culturas y contextos sociales.

- Potenciar el papel educativo de la Universidad y su valioso talento humano, a través de la creación de espacios dentro de la programación, que orienten o acompañen procesos de educación a distancia, formal o no formal.
- Promover el derecho a la información, la responsabilidad social, los derechos de autor y las normas del sector.

### **1.3.3. Normatividad Aplicable al Proyecto**

Cabe referirse al Artículo 6 del Decreto 1446 de 1995 [7], por el cual se clasifica el servicio de Radiodifusión Sonora y se dictan normas sobre el establecimiento, organización y funcionamiento de las cadenas radiales, que nos dice: “Las estaciones de radiodifusión sonora podrán enlazarse en forma periódica u ocasional, para la difusión de programación originada en cualesquiera de ellas. “

Vale la pena aclarar que el proyecto a desarrollar no pretende la conformación de una cadena radial como las comercialmente existentes; se busca en cambio, brindar a las comunidades un acceso a los centros culturales, educativos y de salud del Departamento del Cauca, teniendo como eje a la Universidad del Cauca por medio de su estación radial de Interés Público, que cumplirá con el papel de coordinar, gestionar y controlar el correcto funcionamiento del sistema comunitario a crear.

Además, se debe recordar en el mismo aspecto el Decreto 1326 de 1999 [8], por el cual se agrega un párrafo transitorio al artículo 6 del Decreto 1446 de 1995 que consigna lo siguiente: “Las emisoras Comunitarias de la zona de desastre de los municipios de los que tratan los Decretos 195 y 223 de 1999 [9], podrán realizar transmisiones enlazadas con emisoras comerciales... Al amparo de esta autorización, no se entenderá que los concesionarios del servicio público de radiodifusión que realizan tales transmisiones enlazadas forman una nueva cadena radial, ni que es su intención hacerlo.”



Al conformarse una red de estaciones Comunitarias y de Interés Público, el Departamento del Cauca podrá contar con una herramienta muy valiosa en caso de la ocurrencia de alguna contingencia de carácter natural o provocada. Se deberá tener en cuenta que el Departamento del Cauca está circundado por dos cordilleras, con terrenos geológicamente inestables y lo cruza la falla del Romeral, además de la presencia de algunos volcanes, elementos estos que no lo desligan de la posible ocurrencia de un fenómeno natural que puede representar peligro para la integridad física de sus habitantes. Ya en el sur del país a finales del año 2005 y principios del 2006, se presentó una emergencia con el volcán Galeras en el Departamento de Nariño, convirtiéndose las estaciones de radio en la herramienta más idónea para coordinar las labores de evacuación de las zonas más vulnerables, además, se puede citar la circular 0019 de 2006, “actuando con fundamento en el parágrafo del artículo 11 del Decreto 1446 de 1995, el cual establece que el Ministerio de Comunicaciones podrá ordenar la transmisión enlazada de programación, que involucre la totalidad de las estaciones que operen en el territorio nacional o parte de ellas en los casos de retransmisión de información oficial y cuando el interés público lo amerite, y dado que se está generando una situación de emergencia ...”

Sumado a lo anterior, el Departamento del Cauca por su posición geográfica, es corredor vial y de constante tránsito hacia el sur del país, que lo convierten en un sitio estratégico, en el cual se ha generado un aspecto negativo al ser escenario del conflicto armado que vive Colombia; tampoco es ajeno a los fenómenos sociales de pobreza y desplazamiento forzado en regiones como Santander de Quilichao, El Bordo (Patía) y su capital Popayán entre otros.

El sistema propuesto es entonces una herramienta fundamental para la aplicación de los planes estatales creados para contrarrestar esta serie de efectos sociales, y para la prevención y atención de posibles desastres naturales.

Por otra parte, haciendo mención al Artículo 7 del Decreto 1981 del 2003 [10], por el cual se reglamenta el Servicio Comunitario de Radiodifusión Sonora y se dictan otras disposiciones, y en especial al siguiente fragmento: “...Los concesionarios del Servicio Comunitario de Radiodifusión Sonora podrán retransmitir programas pregrabados de otras estaciones; de radiodifusión sonora, con autorización previa de la estación que originó el programa, siempre y cuando estos programas tengan directa relación con los fines de la radio comunitaria...”

En aplicación de la norma precitada el sistema propuesto se convertirá en herramienta fundamental para difundir espacios educativos, culturales, de salud, entre otros de interés colectivo comunitario, que se podrán originar desde cualquier municipio que integre el sistema.

#### **1.3.4. Radio de Interés Público y Comunitarias de la Mano**

Las estaciones de Interés Público y las Comunitarias comparten prácticamente los mismos fines dentro del servicio de Radiodifusión que presta el estado en gestión indirecta a través de su espectro electromagnético, todo acorde con el artículo 4º de la carta política [11].

**Tabla 2. Similitudes entre la Radio de Interés Público y la Radio Comunitaria**

<b>Finalidad Radio de Interés Público</b>	<b>Finalidad Radio Comunitaria</b>
Garantizar y promover la comunicación entre el Estado y los Ciudadanos.	Debe ser un servicio público, participativo y pluralista.
Debe fortalecer el patrimonio cultural y natural de la Nación.	Debe fortalecer las identidades culturales y sociales.
Promover el civismo, solidaridad y seguridad de los ciudadanos.	Promover el desarrollo social, la convivencia pacífica y los valores democráticos.

Esta similitud muestra la justificación social del trabajo en equipo de las estaciones Comunitarias y de Interés Público a que hace referencia el proyecto, ya que se busca integrar una vasta región con un imaginario colectivo fácilmente identificable, pero que contiene en su población gamas de plurietnia y pluricultura habidos de ser proyectados por fuera de sus comunidades, y necesitados de un acceso directo a los medios de comunicación.

### 1.3.5. Aplicaciones del Proyecto

**Tabla 3. Aplicaciones del Proyecto**

<b>ASPECTO</b>	<b>PROGRAMAS</b>
EDUCATIVO	Enseñanza a distancia para estudiantes (formal y no formal)
	Capacitación para docentes
	Promoción de la investigación
	Ofertas académicas
BIENESTAR Y CULTURA	Música regional
	Promoción del deporte
	Proyectos e historias de vida
	Servicio social
SALUD	Campañas de vacunación
	Educación sexual
	Investigación
PREVENCION	Atención de desastres
	Campañas de prevención de desastres
MEDIO AMBIENTE	Campañas de preservación
	Reconocimiento del entorno geográfico
OTROS	Promoción del turismo
	Investigación

## **2. GENERALIDADES**

### **2.1. INGENIERÍA DE RADIO-ENLACES.**

La ingeniería de radio-enlaces abarca aspectos como:

- Puntos de ubicación de los equipos.
- Bandas de frecuencia de trabajo.
- Perfiles de los trayectos de enlaces a diseñar.
- Cálculo de los trayectos.
- Selección y costos de equipos (antenas, transmisores, receptores etc.)

#### **2.1.1. Puntos de Ubicación.**

Los enlaces de radio se hacen básicamente entre puntos que garantizan línea de vista entre las antenas transmisora y receptora. Para esto, por lo general se utilizan puntos altos de la topografía. Para poder escoger los sitios de ubicación de los equipos debe conocerse la topografía del terreno, así como la altura y ubicación de los obstáculos que puedan existir en el trayecto.

#### **2.1.2. Bandas de Frecuencia.**

El Ministerio de Comunicaciones es la entidad encargada de la administración del espectro electromagnético, y por esta razón ha dividido el espectro en una serie de bandas a las cuales se les ha asignado un determinado número de servicios, que pueden ser; telefonía fija ó móvil, comunicaciones marítimas o satelitales, etc. Por la razón anterior es necesario establecer los servicios que se desean implementar o prestar en la red, para poder establecer así las bandas de frecuencia que podrían ser utilizadas.

Es claro que toda la normativa establecida por el Ministerio de Comunicaciones respeta las normas internacionales y es compatible con la reglamentación de la UIT-R. Además, es importante tener en cuenta, en el momento de realizar la solicitud de frecuencias al Ministerio, la entidad no está obligada a entregar frecuencias especificadas por el concesionario, si no que estas quedan a consideración y dependen de la disponibilidad de frecuencias que haya en la región para la cual se ha hecho la solicitud, por lo tanto se debe considerar un rango de frecuencias dentro del cual pueda operar el sistema.

### 2.1.3. Realización de Perfiles.

Una vez escogidos los sitios de ubicación para las torres de las antenas, y habiéndose determinado la elevación del terreno comprendido entre dichos sitios, se realiza un diagrama de perfiles, estos sirven para determinar si hay presencia de obstáculos (montañas o distintas elevaciones) en el trayecto. Para la realización de los perfiles se han utilizado mapas del Departamento del Cauca obtenidos del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), y un mapa digitalizado del Departamento del Cauca facilitado por el GEA (Grupo de Estudios Ambientales), que es un grupo de investigación adscrito a la vice-rectoría de investigaciones de la Universidad del Cauca.

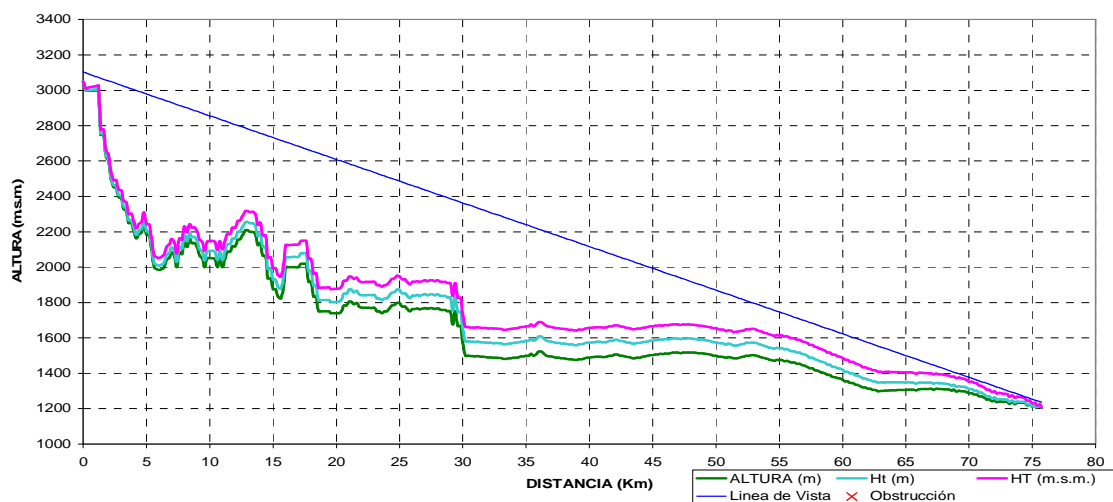


Figura 2. Ejemplo de un Perfil de Trayecto

En la figura 2, se observa un ejemplo de un Perfil de Trayecto, sobre el eje horizontal se muestra la distancia en kilómetros entre los dos puntos a enlazar, sobre el eje vertical se muestra la altura sobre el nivel del mar de cada punto, además, se observan tres curvas y una línea recta, la primera curva (inferior de color verde oscuro) muestra el perfil de trayecto que se genera a partir de tomar de los mapas la altura de elevación del terreno al avanzar cada 200 metros en el trayecto (escala 1:200.000), la segunda curva (color verde claro) muestra la corrección de alturas ( $h_k$ ) hecha para la primera curva debido a la curvatura terrestre, la tercera curva (color violeta) muestra la elevación del terreno con corrección de alturas más la distancia de protección del primer Radio Fresnel. La línea recta (color azul) muestra si existe línea de vista en el trayecto, cuando la línea de vista esta por encima de la tercera curva, se puede afirmar que existe condición de línea de vista, el nivel más crítico de esta condición se presenta cuando la línea de vista es tangente a la tercera línea (sin cruzarla), este caso significa que se esta cumpliendo exactamente con la distancia de protección del primer Radio Fresnel. Cuando la línea de vista corta a la únicamente a la tercera curva, significa que existe línea de vista pero no se garantiza que se pueda realizar el enlace, cuando la línea de vista corta las otras curvas, la condición de línea de vista no se cumple y no se puede realizar un enlace entre dichos puntos.

#### 2.1.4. Cálculo de los Radio Enlaces

Para realizar un adecuado procedimiento en los diferentes cálculos de los trayectos de la red, se han utilizado los siguientes conceptos y fórmulas:

- **Corrección por Curvatura Terrestre  $h_k$ :**

$$h_k = \frac{d_{tx} * d_{rx}}{2 * k * R}$$

- $h_k$  = Altura en metros que se debe sumar a la altura del obstáculo.
- $d_{tx}$  = Distancia en metros del transmisor al obstáculo.
- $d_{rx}$  = Distancia en metros del receptor al obstáculo.
- $R$  = Radio de la tierra (6378 Km).
- $K$  = Factor de corrección (3/4).

- **Zona Fresnel Fr:**

$$Fr = \sqrt{\frac{c * d_{tx} * d_{rx}}{f * dt}}$$

- Fr = Primer Radio Fresnel.
- f = Frecuencia de trabajo en MHz (300 MHz).
- c = Velocidad de la Luz en (m/s)
- d<sub>tx</sub> = Distancia en metros del transmisor al obstáculo.
- d<sub>rx</sub> = Distancia en metros del receptor al obstáculo.
- dt = Distancia total del trayecto. dt = d<sub>tx</sub> + d<sub>rx</sub>.

Para el cálculo del Radio Fresnel, se escogió la frecuencia más crítica dentro del rango de trabajo, que equivale a la más baja (300 MHz), puesto que es la que implica un mayor radio.

- **Línea de Vista:**

$$Y = mx + b \quad m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Equivale al trazado de una línea recta entre los puntos de ubicación de las antenas transmisora y receptora.

- **Pérdidas de Propagación:**

$$L_{MP} \text{ (dB)} = L_{FS} + L_{AG} + L_D + L_H + L_E$$

- L<sub>FS</sub> = Pérdidas por espacio libre (dB)
- L<sub>AG</sub> = Atenuación debida a gases atmosféricos (dB). No se tiene en cuenta debido a que F < 1 GHz.
- L<sub>D</sub> = Pérdidas por Difracción.
- L<sub>H</sub> = Atenuación por hidrometeoros (dB). No se tiene en cuenta debido a que F < 5 GHz.
- L<sub>E</sub> = Pérdidas de eco adicionales (dB). No se tiene en cuenta debido a que F < 0.7 GHz.

- **Pérdidas de Espacio Libre.**

La densidad de potencia de la señal de radio disminuye con el cuadrado de la distancia que ha recorrido, debido a que la señal se esparce en un área cada vez más grande a medida que aumenta su distancia radial, lo que representa una pérdida en el nivel de potencia de la señal recibida, esta pérdida puede ser calculada mediante la fórmula:

$$L_{fs}(dB) = 32,45 + 20 \log(f) + 20 \log(d)$$

Donde,  $f$  = Frecuencia de la señal en MHz

$d$  = Distancia recorrida por la señal en Km.

- **Potencia Transmitida**

La potencia del transmisor se expresa habitualmente en unidades lineales (mW, W) o logarítmicas (dBm, dBW). Para la conversión entre magnitudes lineales y logarítmicas se utiliza la siguiente fórmula:

$$P(dBm) = 10 \log_{10} [ P(W)/0,001 ]$$

Donde,  $P(W)$  = Potencia del transmisor en *Watts* (Vatios)

- **Ganancias de las Antenas Transmisora y Receptora**

La ganancia de la antena se proporciona habitualmente en dB isotrópicos (dBi), es decir, la ganancia de potencia con respecto a un modelo teórico de antena isotrópica que radia la misma energía en todas las direcciones del espacio. En algunos casos, la ganancia se expresa en dBd con respecto a una antena de tipo dipolo. En este caso, se tiene la siguiente fórmula de conversión:

$$G(dBi) = G(dBd) + 2,14$$

- **Sensibilidad del Receptor**

El equipo receptor necesita un mínimo nivel de señal para conseguir un funcionamiento aceptable (nivel de calidad), lo que se conoce habitualmente como



sensibilidad. Ésta suele expresarse en términos de potencia (dBm) o voltaje (dBmV) de acuerdo con la siguiente fórmula de conversión:

$$S(\text{dBm}) = S(\text{dBmV}) - 10 \log_{10} R(\Omega) - 30$$

Donde, S = Sensibilidad del Receptor

R = Impedancia de entrada del receptor

- **Balance de Potencias**

El cálculo del balance de potencias es el procedimiento que se utiliza normalmente para estimar de una manera rápida si un radio enlace funcionará correctamente. No obstante, debe tenerse en cuenta que se trata de un cálculo teórico, y que por lo tanto está sujeto a variaciones debidas a múltiples factores: apuntamiento de las antenas, reflexiones, interferencias no deseadas, etc. Se puede utilizar durante la fase inicial de diseño del radio enlace, pero en cualquier caso habrá que realizar las oportunas comprobaciones, medidas y ajustes durante la posterior fase de instalación para asegurar el buen funcionamiento del sistema.

Las principales magnitudes que se utilizan para calcular el balance de potencias de un radio enlace se expresan a continuación y el resultado final de los cálculos es el margen resultante, cuyo valor proporciona información acerca del correcto funcionamiento del sistema desde un punto de vista teórico. En la práctica, los radio enlaces se suelen diseñar para obtener un margen de pérdidas de unos 5-6 dB, aunque este valor es muy dependiente de la distancia, frecuencia y tipo de sistema.

- Transmisión [dBm]: potencia de transmisor [dBm] - pérdida de cable [dB] + ganancia de antena [dBi]
- Propagación [dB]: pérdida de espacio libre [dB].
- Receptor [dBm]: ganancia de antena [dBi] - pérdida de cable [dB] - sensibilidad de receptor [dBm]

La condición de funcionamiento del enlace es que el total: Total Transmisor - Total Propagación + Total Receptor debe ser mayor que 0. El resto da el margen del sistema.

## **2.2. DEFINICIONES**

### **2.2.1. ACTIVIDAD DE TELECOMUNICACIONES**

Se entiende por actividad de telecomunicaciones el establecimiento de una red de telecomunicaciones, para uso particular y exclusivo, a fin de satisfacer necesidades privadas de telecomunicaciones y sin conexión a las redes conmutadas del estado o a otras redes privadas de telecomunicaciones. Para todos los efectos legales las actividades de telecomunicaciones se asimilan a los servicios privados.

### **2.2.2. ESTACIÓN BASE**

Conjunto de equipos, antenas y demás elementos localizados en un sitio autorizado, necesarios para la transmisión y recepción de señales radioeléctricas, de control, operación y comunicación a los equipos terminales de usuario.

### **2.2.3. ESTACIÓN REPETIDORA**

Conjunto receptor-transmisor que recibe una señal de radiofrecuencia en una frecuencia dada y la retransmite en otra.

### **2.2.4. CANAL DE RADIODIFUSIÓN**

Una parte del espectro radioeléctrico de frecuencias igual a la anchura de banda necesaria para estaciones de Radiodifusión Sonora en FM, que se caracteriza por el valor nominal de la frecuencia portadora, situada en el centro de dicha parte del espectro.

### **2.2.5. TIPOS DE ESTACIONES SEGÚN ÁREA DE COBERTURA Y POTENCIA**

- **ESTACIÓN CLASE A**

Aquella destinada a cubrir áreas más o menos extensas incluidos uno o varios municipios o distritos y que está protegida, por lo tanto, contra interferencias objetables.

Mínimo 15 kW y máximo 100 kW de p. r. a., en la dirección de máxima ganancia de la antena.

- **ESTACIÓN CLASE B**

Aquella destinada a cubrir uno o más municipios o distritos y que está protegida por lo tanto, contra interferencias objetables.

Superior a 5 kW e inferior a 15 kW de p. r. a., en la dirección de máxima ganancia de la antena.

- **ESTACIÓN CLASE C**

Aquella destinada a cubrir, con parámetros restringidos, a uno o varios centros de población y las áreas rurales contiguas a los mismos, y que está protegida, por lo tanto, contra interferencias objetables.

Superior a 250 W y máximo 5 kW de p. r. a., en la dirección de máxima ganancia de la antena.

- **ESTACIÓN CLASE D**

Aquella destinada a cubrir con parámetros restringidos, a una ciudad o población y que está obligada, por lo tanto a implementar los mecanismos que determine el Ministerio de comunicaciones, para garantizar la operación de las mismas libres de interferencias objetables.

Máximo 250 W de p. r. a., en la dirección de máxima ganancia de antena.

### **2.2.6. SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN**

Servicio de radio comunicación cuyas emisiones se destinan a ser recibidas por el público en general.

### **2.2.7. TIPOS DE TRANSMISIÓN**

- **TRANSMISIÓN MONOFÓNICA**

Sistema que efectúa la transmisión de un solo canal de audiofrecuencia a través de un canal de radiodifusión en frecuencia modulada (FM).

- **TRANSMISIÓN ESTEREOFÓNICA**

Transmisión de dos canales de audiofrecuencia independientes, uno como canal principal y otro como subcanal estereofónico, por medio de un canal único de radiodifusión en frecuencia modulada (FM).

- **TRANSMISIÓN MULTIPLEX**

Transmisión simultánea de dos (2) o más señales por un solo canal.

### **2.2.8. IDENTIFICACION DE CANALES**

La banda de radiodifusión sonora en frecuencia modulada de ochenta y ocho (88) a ciento ocho (108) Megahertz, se ha dividido en ciento noventa y nueve (199) canales, numerados del uno (1) al ciento noventa y nueve (199), con separación de cien (100) Kiloherz cada uno, cuyos números de canales y frecuencias centrales se pueden observar en el Anexo A-2, Identificación de Canales.

### **2.2.9. FRECUENCIA DE ENLACE**

Cuando para la prestación del servicio de radiodifusión sonora, se requiera frecuencia de enlace entre los estudios y el sistema de transmisión, esta hará parte integrante de la concesión y los derechos por su uso se cancelarán de acuerdo con el reglamento respectivo.

La frecuencia de enlace no es necesaria cuando los estudios de la estación de radiodifusión sonora están ubicados en el mismo sitio del sistema de transmisión o cuando el concesionario utilice un medio diferente al del espectro radioeléctrico para ello. No obstante en la solicitud respectiva, se deberá indicar si se requiere o no de la frecuencia radioeléctrica para este caso.

#### **2.2.10. IDENTIFICACIÓN DE CANALES PARA ENLACE ENTRE ESTUDIOS Y SISTEMA DE TRANSMISIÓN**

La banda adjudicada para la operación de los enlaces entre estudios y sistema de transmisión de las estaciones de radiodifusión sonora es de trescientos (300) a trescientos veintiocho coma seis (328,6) Megahertz, la cual se a dividido en ciento cuarenta y tres (143) canales, numerados del (1) al ciento cuarenta y tres (143), con separación de doscientos (200) Kiloherz cada uno, cuyos números de canales y frecuencias se pueden observar en el Anexo A-1, Identificación de Canales para Enlaces entre Estudios y Sistema de Transmisión.

#### **2.2.11. PLAN TÉCNICO NACIONAL DE RADIODIFUSIÓN SONORA EN FRECUENCIA MODULADA**

El Plan Técnico Nacional de Frecuencias para la Radiodifusión sonora en Frecuencia Modulada FM, tiene como objetivo establecer el marco técnico que permita la adjudicación del mayor número de canales radioeléctricos posibles a los diferentes municipios y distritos del país, libres de interferencias objetables, de tal forma que se facilite la asignación de dichos canales y se racionalice el uso de este recurso, de conformidad con los lineamientos del Reglamento de Radiocomunicaciones y las Recomendaciones de la U. I. T.- R.

Este Plan Técnico tiene su campo de aplicación en la Radiodifusión Sonora en la banda de 88 a 108 MHz, para las emisiones denominadas monofónicas o estereofónicas, con posibilidad de integrar a estas, en el futuro, las correspondientes a otros sistemas de transmisión de Radiodifusión Sonora.

### 3. ESTUDIO TÉCNICO

#### 3.1. ENLACE: CERRO MUNCHIQUE - POPAYÁN

##### 3.1.1. Condiciones Técnicas de la Emisora Radio Universidad del Cauca

Nombre de la Emisora:	Radio Universidad del Cauca
Nombre del Concesionario:	Universidad del Cauca
Tipo de Emisora:	Interés Público
Representante Legal:	Danilo Vivas
Municipio:	Popayán (CAUCA)
Ubicación Estudios:	Calle 3 No. 4 – 70
Teléfono Emisora:	(092) 8209843
Director de la Emisora:	Diego Torres
Frecuencia de Operación:	104.1 FM
Potencia Radiada Aparente:	5 KW
Distintivo de Llamada:	HJC20
Altura Media del Municipio (m.s.n.m.):	1738
Altura Máxima permitida Tx. (m.s.n.m.):	1738 m + 120 m = 1758
Frecuencia de Enlace:	302.9 MHz

**Tabla 4. Ubicación Geográfica del Estudio Emisora Radio Unicauca**

SITIO	LATITUD Norte			LONGITUD Oeste			ALTURA (m.s.n.m)
	Grados	Min.	Seg.	Grados	Min.	Seg.	
ESTUDIO	2	27	00	76	36	10	1750

### 3.1.2. Condiciones Técnicas Cerro Munchique

Nombre del Sitio:	Estación Munchique
Propietario:	Colombia Telecomunicaciones S.A.
Municipio:	El Tambo (CAUCA)
Altura del sitio de ubicación de la torre:	3060 m.s.n.m.
Altura de la Torre de Telecom:	52 m
Distancia entre la caseta y la torre:	23 m
Altura la estructura donde estaba ubicado la antena Rx de enlace:	6 m
Distancia a la caseta:	2 m
Tamaño de la caseta:	3m x 2.80 m

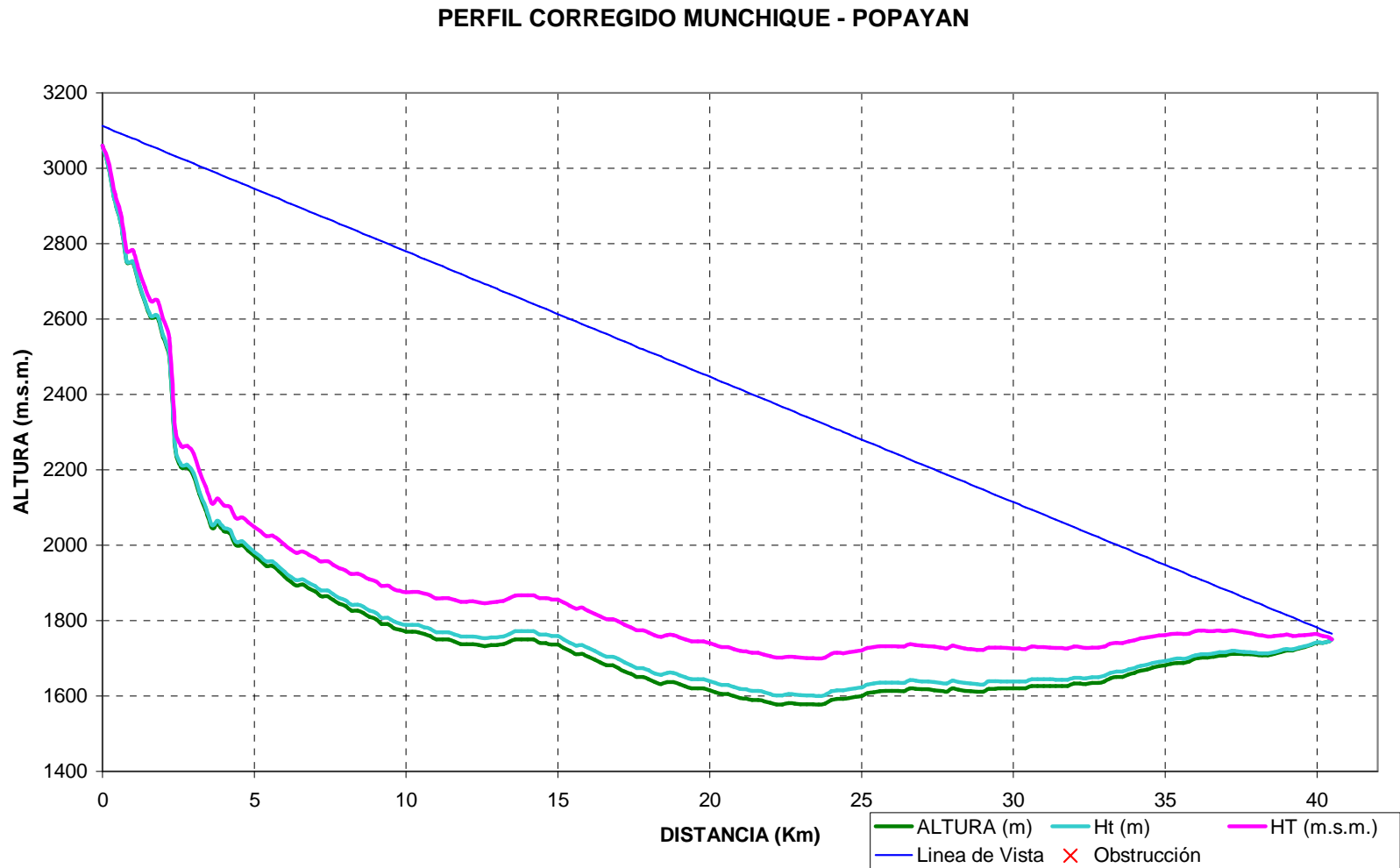
**Tabla 5. Ubicación Geográfica de la Torre, Cerro Munchique**

SITIO	LATITUD Norte			LONGITUD Oeste			ALTURA (m.s.n.m)
	Grados	Min.	Seg.	Grados	Min.	Seg.	
<b>TORRE</b>	<b>2</b>	<b>31</b>	<b>09</b>	<b>76</b>	<b>57</b>	<b>34</b>	<b>3060</b>

### 3.1.3. Perfil de Trayecto Cerro Munchique – Popayán

**Tabla 6. Datos Generales Perfil Cerro Munchique – Popayán (Sector Tulcán)**

TRAYECTO:	Cerro Munchique – Popayán		
Coordenadas Planas: (Cerro Munchique)	X = 1013478 Y = 769887	ALTURA: (m.s.n.m.)	3060
Coordenadas Planas: (Popayán)	X = 1053269 Y = 762323	ALTURA: (m.s.n.m.)	1750
Distancia:	40,5 Km	Frecuencia:	300 MHz
Altura Torre: (Cerro Munchique)	52 m	Altura Torre: (Popayán)	15 m
Altura antena: (Cerro Munchique)	3112 m.s.n.m.	Altura antena: (Popayán)	1765 m.s.n.m.
Porcentaje de Radio Fresnel liberado:	100 %	Escala de Datos:	1:200.000



**Figura 3. Perfil de Trayecto Cerro Munchique - Popayán**



### 3.1.4. Análisis del Perfil de Trayecto

Según el perfil de trayecto de la figura 3, se observa que no hay presencia de obstrucciones en el trayecto, se garantiza línea de vista directa entre los dos puntos haciendo posible realizar el enlace.

Para el cálculo de Radio Fresnel se trabajo con la frecuencia más baja del plan de canales para enlaces entre estudios y sistema de transmisión que corresponde a 300 MHz, la cual implica mayor Radio Fresnel. Para observar la tabla de elaboración del perfil, ver Anexo B-1.

### 3.1.5. Plan de Frecuencias del Trayecto

En el diseño de la red se contemplan enlaces bidireccionales, lo cual implica la utilización de dos frecuencias de enlace para el trayecto, la primera frecuencia es 302,9 MHz para el enlace de subida (Popayán – Cerro Munchique) que corresponde a la frecuencia de enlace (Estudio – Sistema de Transmisión) ya asignada por el Ministerio de Comunicaciones de Colombia para la emisora Radio Universidad del Cauca. La segunda frecuencia, corresponde al enlace de bajada (Cerro Munchique – Municipio al que se quiere llegar), en este caso el Municipio de Popayán, esta frecuencia debe ser adjudicada por el Ministerio de Comunicaciones de Colombia, pero para el cálculo del radio enlace tomaremos la frecuencia de 328,5 MHz que corresponde a la frecuencia más alta del Plan de Distribución de Canales, Estaciones de Radiodifusión Sonora Enlaces Estudios - Sistemas de Transmisión, Banda de 300 MHz (Ver Anexo A-2), la cual implica mayor pérdida en el trayecto. Esta frecuencia de bajada será la misma para el cálculo en todos los trayectos.

**Tabla 7. Plan de Frecuencias Trayecto Munchique – Popayán**

<b>Frecuencias de Enlace Trayecto Munchique - Popayán</b>	
Frecuencia de Subida:	302,9 MHz
Frecuencia de Bajada:	328,5 MHz

### 3.1.6. Cálculos del Radio Enlace

**Tabla 8. Cálculos del Radio Enlace Munchique - Popayán**

<b>Trayecto:</b>	Popayán – Munchique (Enlace de Subida)		
<b>Distancia del Trayecto:</b>	40,5 Km	<b>Frecuencia de trabajo:</b>	302.9 MHz
<b>Potencia de Transmisión:</b>	16 W	<b>dBm:</b>	42.04
<b>Pérdida en la línea de Transmisión:</b>	1.55 dB		
Longitud del Cable:	18 m	Atenuación dB/m:	0.075
# de Conectores:	2	Atenuación dB:	0.1
<b>Ganancia Antena Transmisora:</b>	10 dBd	<b>dBi:</b>	12.14
<b>Pérdidas de Espacio Libre:</b>	114.22 dB		
<b>Ganancia Antena Receptora:</b>	10 dBd	<b>dBi:</b>	12.14
<b>Pérdida en la línea de Recepción:</b>	5.45 dB		
Longitud del Cable:	70 m	Atenuación dB/m:	0.075
# de Conectores:	2	Atenuación dB:	0.1
<b>Sensibilidad del Receptor:</b>	- 60 dB		
<b>Margen Resultante:</b>	<b>5.1 dB</b>		
<b>Trayecto:</b>	Munchique – Popayán (Enlace de Bajada)		
<b>Distancia del Trayecto:</b>	40,5 Km	<b>Frecuencia de trabajo:</b>	328.5 MHz
<b>Potencia de Transmisión:</b>	19 W	<b>dBm:</b>	42.79
<b>Pérdida en la línea de Transmisión:</b>	5.45 dB		
Longitud del Cable:	70 m	Atenuación dB/m:	0.075
# de Conectores:	2	Atenuación dB:	0.1
<b>Ganancia Antena Transmisora:</b>	10 dBd	<b>dBi:</b>	12.14
<b>Pérdidas de Espacio Libre:</b>	114.92 dB		
<b>Ganancia Antena Receptora:</b>	10 dBd	<b>dBi:</b>	12.14
<b>Pérdida en la línea de Recepción:</b>	1.55 dB		
Longitud del Cable:	18 m	Atenuación dB/m:	0.075
# de Conectores:	2	Atenuación dB:	0.1
<b>Sensibilidad del Receptor:</b>	- 60 dB		
<b>Margen Resultante:</b>	<b>5.15 dB</b>		

### 3.2. ENLACE: CERRO MUNCHIQUE – SANTANDER DE QUILICHAO (SEDE UNIVERSIDAD DEL CAUCA)

#### 3.2.1. Condiciones Técnicas de la Sede la Universidad del Cauca

Nombre del Sitio:	Sede Universidad del Cauca
Dirección:	Carrera 9 # 4 – 16
Municipio:	Santander de Quilichao (CAUCA)
Representante Legal:	Danilo Vivas
Contacto Técnico:	Álvaro Delgado
Teléfono Sede:	8292056
Altura del sitio de ubicación de la torre:	1180 m.s.n.m.
Altura de la Torre existente en sitio:	15 m
Sistema de Comunicaciones Existente:	Red Inalámbrica de Transmisión de Datos

**Tabla 9. Ubicación Geográfica de la Sede Unicauca (Santander de Quilichao)**

SITIO	LATITUD Norte			LONGITUD Oeste			ALTURA (m.s.n.m)
	Grados	Min.	Seg.	Grados	Min.	Seg.	
Sede Unicauca	3	00	23	76	28	53	1170

#### 3.2.2. Perfil de Trayecto Cerro Munchique – Santander de Quilichao (Sede U.)

**Tabla 10. Datos Generales Perfil Cerro Munchique – Sede Universidad**

TRAYECTO:	Cerro Munchique – Santander de Quilichao (Sede U.)		
Coordenadas Planas: (Cerro Munchique)	X = 1013478 Y = 769887	ALTURA: (m.s.n.m.)	3060
Coordenadas Planas: (Popayán)	X = 1066656 Y = 823899	ALTURA: (m.s.n.m.)	1205
Distancia:	75,7 Km	Frecuencia:	300 MHz
Altura Torre: (Cerro Munchique)	52 m	Altura Torre: (Sede U.)	15 m
Altura antena: (Cerro Munchique)	3112 m.s.n.m.	Altura antena: (Sede U.)	1220 m.s.n.m.
Porcentaje de Radio Fresnel liberado:	60 %	Escala de Datos:	1:200.000

### PERFIL CORREGIDO MUNCHIQUE - SANTANDER DE QUILICHAO (Sede Unicauca)

37

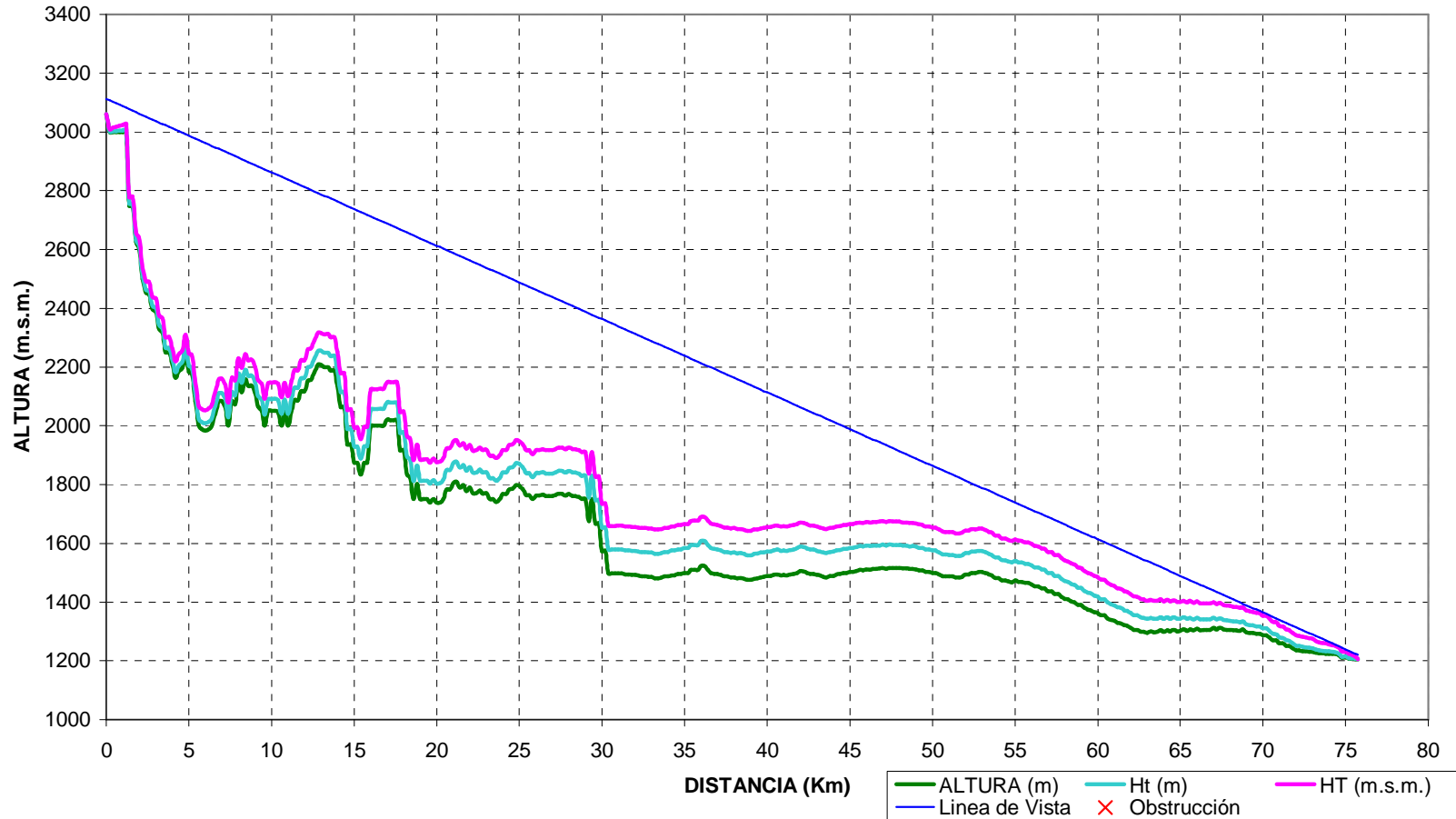


Figura 4. Perfil de Trayecto Cerro Munchique – Santander de Quilichao (Sede Unicauca)

### 3.2.3. Análisis del Perfil de Trayecto

En el perfil de trayecto de la figura 4, se liberó el 60% de Radio Fresnel para una frecuencia de trabajo de 300 MHz, según el perfil con este porcentaje no existe obstrucciones pero nos muestra que a partir del kilómetro 69 hasta el 75,7 el perfil del trayecto es crítico debido a elevaciones del terreno muy próximas a obstruir la línea de vista. Es de notar que la altura obtenida por medio del altímetro y el GPS del sitio de ubicación de la sede de la Universidad en Santander de Quilichao es distinta a la altura que figura en el mapa obtenido del IGAG y del mapa digital obtenido del GEA (Grupo de estudios ambientales) de la Universidad el Cauca, lo cual implica hacer un estudio más detallado de este tramo del perfil, puesto que este no contempla obstrucciones generadas por casas o árboles que existan en el sector próximo a la Sede de la Universidad.

En la sede de la Universidad hay instalada un torre de 15 metros de altura de 6 vientos, se recomienda para garantizar el enlace entre los dos sitios en cuestión elevar la altura de la torre. Para observar la tabla de elaboración del perfil, ver Anexo B-2.

### 3.2.4. Plan de Frecuencias del Trayecto

En este trayecto la frecuencia subida que corresponde al enlace Santander de Quilichao (Sede Unicauca) debe ser adjudicada por el Ministerio de Comunicaciones de Colombia, pero para el cálculo del radio enlace se toma una frecuencia alta de esta banda (Ver anexo A-2). La frecuencia de bajada corresponde al enlace del trayecto Cerro Munchique – Santander de Quilichao (Sede Unicauca).

**Tabla 11. Plan de Frecuencias Trayecto Munchique – Santander de Quilichao**

<b>Frecuencias de Enlace</b>	
<b>Trayecto Munchique – Santander de Quilichao (Sede Unicauca)</b>	
Frecuencia de Subida:	320 MHz
Frecuencia de Bajada:	328,5 MHz

### 3.2.5. Cálculos del Radio Enlace

**Tabla 12. Cálculos del Radio Enlace Munchique – Santander de Quilichao**

<b>Trayecto:</b>	Santander de Q. – Munchique (Enlace de Subida)		
<b>Distancia del Trayecto:</b>	75,7 Km	<b>Frecuencia de trabajo:</b>	320 MHz
<b>Potencia de Transmisión:</b>	20 W	<b>dBm:</b>	43.01
<b>Pérdida en la línea de Transmisión:</b>	2.075 dB		
Longitud del Cable:	25 m	Atenuación dB/m:	0.075
# de Conectores:	2	Atenuación dB:	0.1
<b>Ganancia Antena Transmisora:</b>	12 dBd	<b>dB:</b>	14.14
<b>Pérdidas de Espacio Libre:</b>	120.12 dB		
<b>Ganancia Antena Receptora:</b>	12 dBd	<b>dB:</b>	14.14
<b>Pérdida en la línea de Recepción:</b>	5.27 dB		
Longitud del Cable:	70 m	Atenuación dB/m:	0.075
# de Conectores:	2	Atenuación dB:	0.1
<b>Sensibilidad del Receptor:</b>	- 60 dB		
<b>Margen Resultante:</b>	<b>3.82 dB</b>		
<b>Trayecto:</b>	Munchique – Santander de Q. (Enlace de Bajada)		
<b>Distancia del Trayecto:</b>	75,7 Km	<b>Frecuencia de trabajo:</b>	328.5 MHz
<b>Potencia de Transmisión:</b>	20 W	<b>dBm:</b>	43.01
<b>Pérdida en la línea de Transmisión:</b>	5.27 dB		
Longitud del Cable:	70 m	Atenuación dB/m:	0.075
# de Conectores:	2	Atenuación dB:	0.1
<b>Ganancia Antena Transmisora:</b>	12 dBd	<b>dB:</b>	14.14
<b>Pérdidas de Espacio Libre:</b>	120.35 dB		
<b>Ganancia Antena Receptora:</b>	12 dBd	<b>dB:</b>	14.14
<b>Pérdida en la línea de Recepción:</b>	2.075 dB		
Longitud del Cable:	25 m	Atenuación dB/m:	0.075
# de Conectores:	2	Atenuación dB:	0.1
<b>Sensibilidad del Receptor:</b>	- 60 dB		
<b>Margen Resultante:</b>	<b>3.59 dB</b>		

### 3.3. ENLACE: CERRO MUNCHIQUE – SANTANDER DE QUILICHAO (EMISORA RADIO PA'YUMAT)

#### 3.3.1. Condiciones Técnicas de la Emisora Radio Pa'yumat

Nombre de la Emisora:	Radio Pa'yamat
Nombre del Concesionario:	Asociación de Cabildos Indígenas del Norte del Cauca – ACIN
Tipo de Emisora:	Interés Público (Emisora Indígena)
Representante Legal:	Ismael Jumbe
Municipio:	Santander de Quilichao (CAUCA)
Ubicación Estudios:	Calle 3 # 7 A – 20
Teléfono Emisora:	(2) 829 3999 – 829 0034
Director de la Emisora:	Ismael Jumbe
Frecuencia de Operación:	101.0 FM
Potencia Radiada Aparente:	1.8 KW
Distintivo de Llamada:	HJZ88
Altura Media (m.s.n.m.):	1071
Altura Máxima permitida Tx. (m.s.n.m.):	1071 + 1494 = 2565
Frecuencia de Enlace:	323.7 MHz

**Tabla 13. Ubicación Geográfica del Estudio Emisora Radio Pa'yumat**

SITIO	LATITUD Norte			LONGITUD Oeste			ALTURA (m.s.n.m)
	Grados	Min.	Seg.	Grados	Min.	Seg.	
ESTUDIO	3	00	19	76	28	51	1176

#### 3.3.2. Perfil de Trayecto Cerro Munchique – Santander de Quilichao

**Tabla 14. Datos Generales Perfil Cerro Munchique – Emisora Pa'yumat**

TRAYECTO:	Cerro Munchique – Santander de Q. (Radio Pa'yumat)		
Coordenadas Planas: (Cerro Munchique)	X = 1013478 Y = 769887	ALTURA: (m.s.n.m.)	3060
Coordenadas Planas: (Popayán)	X = 1066717 Y = 823776	ALTURA: (m.s.n.m.)	1205
Distancia:	75,7 Km	Frecuencia:	300 MHz
Altura Torre: (Cerro Munchique)	52 m	Altura Torre: (Emisora)	30 m
Altura antena: (Cerro Munchique)	3112 m.s.n.m.	Altura antena: (Emisora)	1220 m.s.n.m.
Porcentaje de Radio Fresnel liberado:	60 %	Escala de Datos:	1:200.000

PERFIL CORREGIDO MUNCHIQUE - SANTANDER DE QUILICHAO (Emisora Pa'yumat)

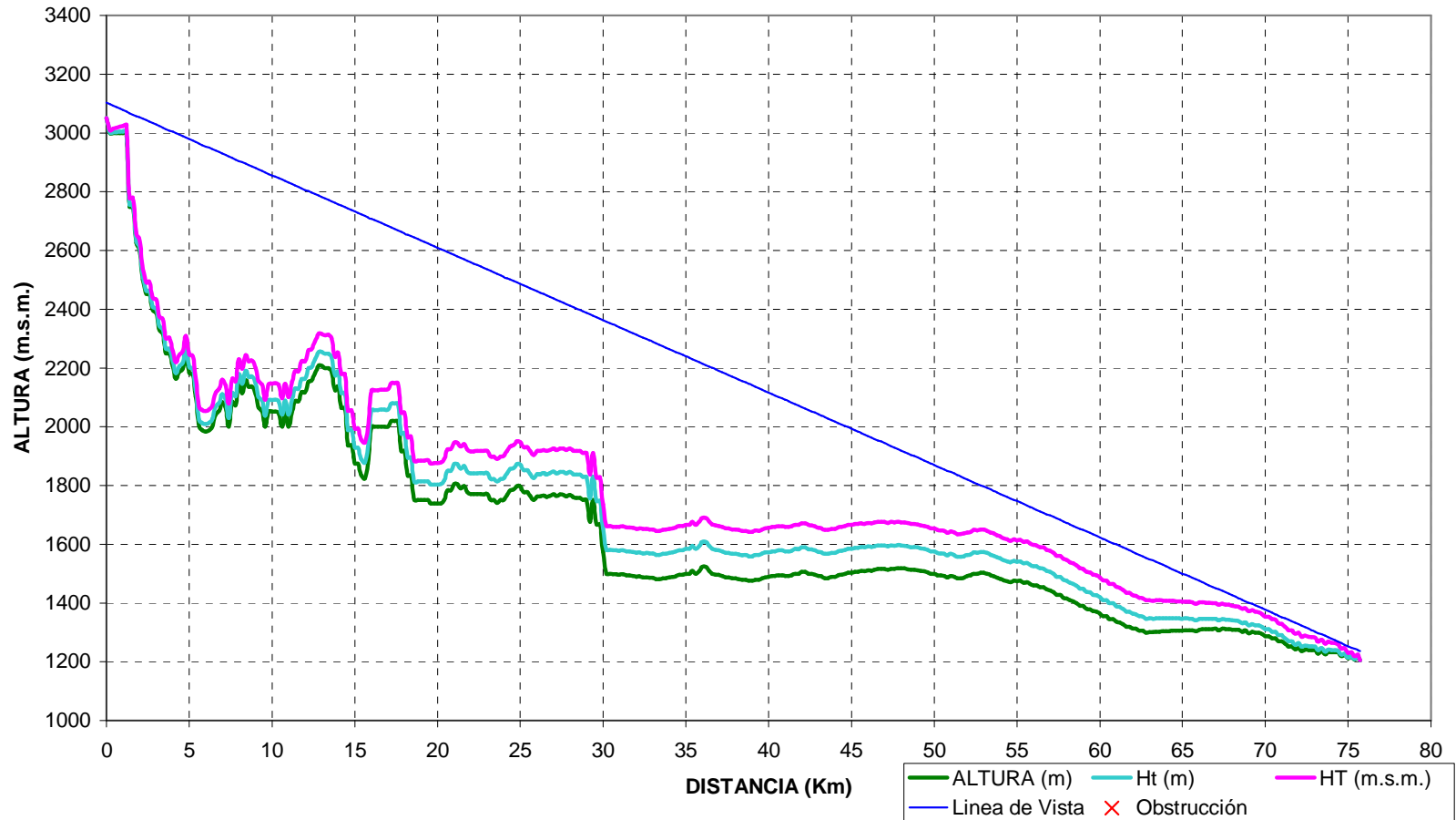


Figura 5. Perfil de Trayecto Cerro Munchique - Santander de Quilichao (Emisora Pa'yumat)



### 3.3.3. Análisis del Perfil de Trayecto

Según el perfil de trayecto de la figura 5 se observa, para que no haya obstrucciones en el trayecto, se debe elevar la altura de la torre existente en el estudio de la emisora Radio Pa'yumat a 30 metros para así poder garantizar línea de vista directa entre los dos puntos.

Al igual que en el perfil anterior se liberó el 60% de Radio Fresnel para una frecuencia de trabajo de 300 MHz, según el perfil con este porcentaje no existe obstrucciones pero nos muestra que a partir del kilómetro 69 hasta el 75,7 el perfil del trayecto es crítico debido a elevaciones del terreno muy próximas a obstruir la línea de vista. A demás se debe hacer un estudio más detallado en este trayecto puesto que se presenta discordancia entre los datos de altura obtenidos en el sitio de ubicación de la Emisora Radio Pa'yumat y los datos de altura obtenidos en los planos del IGAG.

### 3.3.4. Plan de Frecuencias del Trayecto

En este trayecto la frecuencia subida que corresponde al enlace Santander de Quilichao (Emisora Radio Pa'yumat) es de 323,7 MHz adjudicada por el Ministerio de Comunicaciones de Colombia para dicha emisora. La frecuencia de bajada corresponde al enlace del trayecto Cerro Munchique – Santander de Quilichao (Emisora Pa'yumat).

**Tabla 15. Plan de Frecuencias Trayecto Munchique – Santander de Quilichao (Emisora Pa'yumat)**

<b>Frecuencias de Enlace</b>	
<b>Trayecto Munchique – Santander de Quilichao (Emisora Pa'yumat)</b>	
Frecuencia de Subida:	323,7 MHz
Frecuencia de Bajada:	328,5 MHz

### 3.3.5. Cálculos del Radio Enlace

**Tabla 16. Cálculos del Radio Enlace Munchique – Santander de Quilichao**

<b>Trayecto:</b>	Santander de Q. – Munchique (Enlace de Subida)		
<b>Distancia del Trayecto:</b>	75.7 Km	<b>Frecuencia de trabajo:</b>	323.7 MHz
<b>Potencia de Transmisión:</b>	20 W	<b>dBm:</b>	43.01
<b>Pérdida en la línea de Transmisión:</b>	2.075 dB		
Longitud del Cable:	25 m	Atenuación dB/m:	0.075
# de Conectores:	2	Atenuación dB:	0.1
<b>Ganancia Antena Transmisora:</b>	12 dBd	<b>dBi:</b>	14.14
<b>Pérdidas de Espacio Libre:</b>	120.22 dB		
<b>Ganancia Antena Receptora:</b>	12 dBd	<b>dBi:</b>	14.14
<b>Pérdida en la línea de Recepción:</b>	5.27 dB		
Longitud del Cable:	70 m	Atenuación dB/m:	0.075
# de Conectores:	2	Atenuación dB:	0.1
<b>Sensibilidad del Receptor:</b>	- 60 dB		
<b>Margen Resultante:</b>	<b>3.72 dB</b>		
<b>Trayecto:</b>	Munchique – Santander de Q. (Enlace de Bajada)		
<b>Distancia del Trayecto:</b>	75.7 Km	<b>Frecuencia de trabajo:</b>	328.5 MHz
<b>Potencia de Transmisión:</b>	20 W	<b>dBm:</b>	43.01
<b>Pérdida en la línea de Transmisión:</b>	5.27 dB		
Longitud del Cable:	70 m	Atenuación dB/m:	0.075
# de Conectores:	2	Atenuación dB:	0.1
<b>Ganancia Antena Transmisora:</b>	12 dBd	<b>dBi:</b>	14.14
<b>Pérdidas de Espacio Libre:</b>	120.35 dB		
<b>Ganancia Antena Receptora:</b>	12 dBd	<b>dBi:</b>	14.14
<b>Pérdida en la línea de Recepción:</b>	2.075 dB		
Longitud del Cable:	25 m	Atenuación dB/m:	0.075
# de Conectores:	2	Atenuación dB:	0.1
<b>Sensibilidad del Receptor:</b>	- 60 dB		
<b>Margen Resultante:</b>	<b>3.59 dB</b>		

### 3.4. ENLACE: CERRO MUNCHIQUE – PIENDAMÓ

#### 3.4.1. Condiciones Técnicas de la Emisora Piendamó Stereo

Nombre de la Emisora:	Piendamó Stereo
Nombre del Concesionario:	Asociación Comunitaria Piendamó Stereo
Tipo de Emisora:	Comunitaria
Representante Legal:	Angel Ledesma
Municipio:	Piendamó (CAUCA)
Ubicación Estudios:	Cra. 10 A # 6A – 14
Teléfono Emisora:	(2) 8470660
Director de la Emisora:	Angel Ledesma
Frecuencia de Operación:	88.9 FM
Potencia Radiada Aparente:	225 W (Resolución 200W)
Distintivo de Llamada:	HKF – 21
Altura Media (m.s.n.m.):	1880
Altura Máxima permitida Tx. (m.s.n.m.):	1860 + 30 = 1890
Frecuencia de Enlace:	309.7 MHz

**Tabla 17. Ubicación Geográfica del Estudio Emisora Piendamó Stereo**

SITIO	LATITUD Norte			LONGITUD Oeste			ALTURA (m.s.n.m)
	Grados	Min.	Seg.	Grados	Min.	Seg.	
ESTUDIO	2	38	23	76	31	53	1880

#### 3.4.2. Perfil de Trayecto Cerro Munchique – Piendamó

**Tabla 18. Datos Generales Perfil Cerro Munchique – Piendamó**

TRAYECTO:	Cerro Munchique – Piendamó		
Coordenadas Planas: (Cerro Munchique)	X = 1013478 Y = 769887	ALTURA: (m.s.n.m.)	3060
Coordenadas Planas: (Popayán)	X = 1061299 Y = 764834	ALTURA: (m.s.n.m.)	1972
Distancia:	48,1 Km	Frecuencia:	300 MHz
Altura Torre: (Cerro Munchique)	52 m	Altura Torre: (Emisora)	25 m
Altura antena: (Cerro Munchique)	3112 m.s.n.m.	Altura antena: (Emisora)	1997 m.s.n.m.
Porcentaje de Radio Fresnel liberado:	100 %	Escala de Datos:	1:200.000

### PERFIL CORREGIDO MUNCHIQUE - PIENDAMO

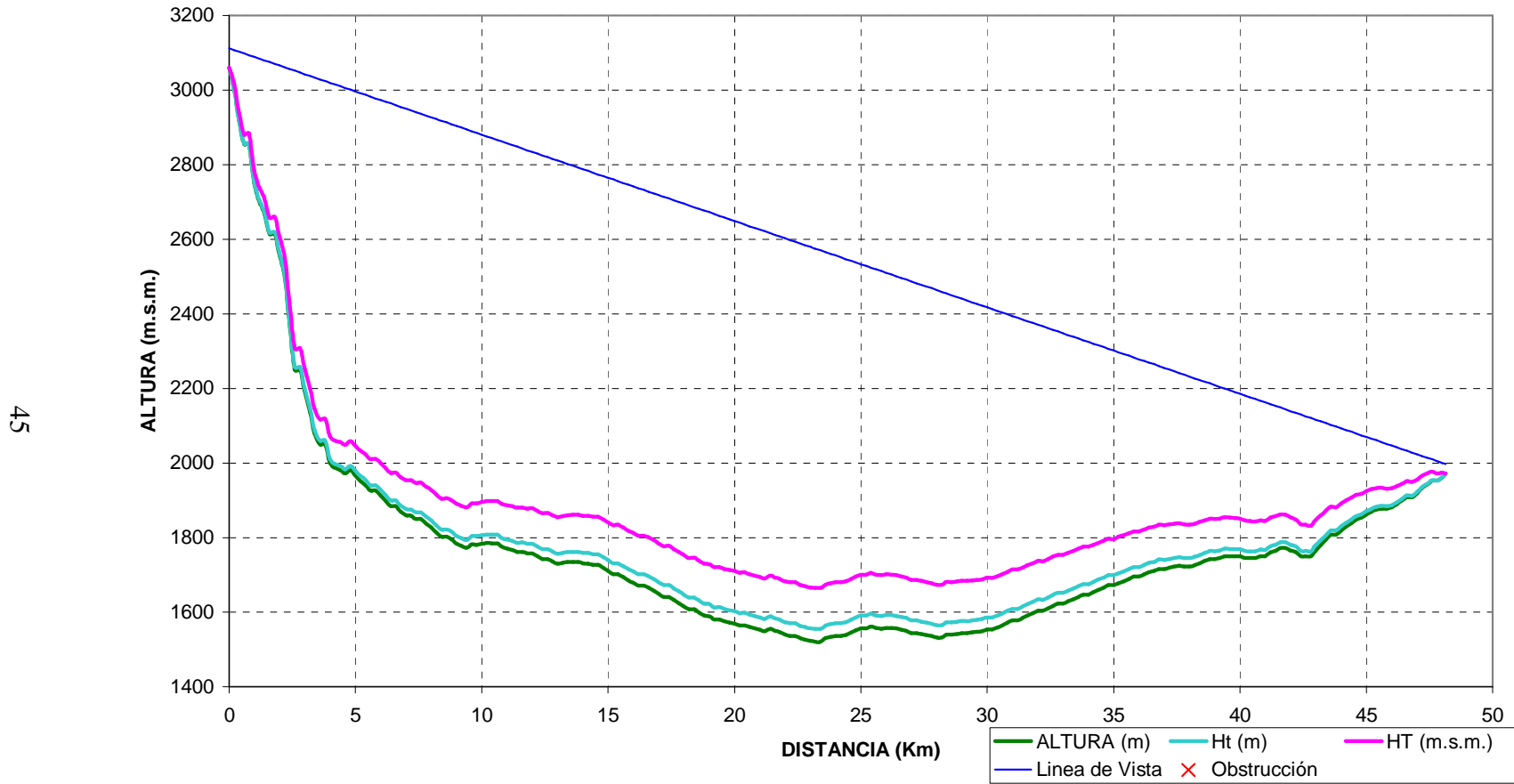


Figura 6. Perfil de Trayecto Cerro Munchique - Piendamó

### 3.4.3. Análisis del Perfil de Trayecto

Según el perfil de trayecto de la figura 6 se observa que no hay presencia de obstrucciones en el trayecto, se liberó el 100% de Radio Fresnel para una frecuencia de trabajo de 300 MHz, se garantiza línea de vista directa entre los dos puntos haciendo posible realizar el enlace.

### 3.4.4. Plan de Frecuencias del Trayecto

En este trayecto, la frecuencia de subida que corresponde al enlace Piendamó (Emisora Comunitaria Piendamó Stereo) es de 309,7 MHz adjudicada por el Ministerio de Comunicaciones de Colombia para dicha emisora. La frecuencia de bajada corresponde al enlace del trayecto Cerro Munchique – Piendamó (Emisora Comunitaria Piendamó Stereo).

**Tabla 19. Plan de Frecuencias Trayecto Munchique – Piendamó (Emisora Comunitaria Piendamó Stereo)**

<b>Frecuencias de Enlace</b>	
<b>Trayecto Munchique – Piendamó (Emisora Piendamó Stereo)</b>	
Frecuencia de Subida:	309,7 MHz
Frecuencia de Bajada:	328,5 MHz

### 3.4.5. Cálculos del Radio Enlace

**Tabla 20. Cálculos del Radio Enlace Munchique – Piendamó**

<b>Trayecto:</b>	Piendamó – Munchique (Enlace de Subida)		
<b>Distancia del Trayecto:</b>	48.1 Km	<b>Frecuencia de trabajo:</b>	309.7 MHz
<b>Potencia de Transmisión:</b>	12 W	<b>dBm:</b>	40.79
<b>Pérdida en la línea de Transmisión:</b>	2.825 dB		
Longitud del Cable:	35 m	Atenuación dB/m:	0.075
# de Conectores:	2	Atenuación dB:	0.1
<b>Ganancia Antena Transmisora:</b>	12 dBd	<b>dBi:</b>	14.14
<b>Pérdidas de Espacio Libre:</b>	115.9 dB		
<b>Ganancia Antena Receptora:</b>	12 dBd	<b>dBi:</b>	14.14
<b>Pérdida en la línea de Recepción:</b>	5.27 dB		
Longitud del Cable:	70 m	Atenuación dB/m:	0.075
# de Conectores:	2	Atenuación dB:	0.1
<b>Sensibilidad del Receptor:</b>	- 60 dB		
<b>Margen Resultante:</b>	<b>5.07 dB</b>		
<b>Trayecto:</b>	Munchique – Piendamó (Enlace de Bajada)		
<b>Distancia del Trayecto:</b>	48.1 Km	<b>Frecuencia de trabajo:</b>	328.5 MHz
<b>Potencia de Transmisión:</b>	14 W	<b>dBm:</b>	41.46
<b>Pérdida en la línea de Transmisión:</b>	5.27 dB		
Longitud del Cable:	70 m	Atenuación dB/m:	0.075
# de Conectores:	2	Atenuación dB:	0.1
<b>Ganancia Antena Transmisora:</b>	12 dBd	<b>dBi:</b>	14.14
<b>Pérdidas de Espacio Libre:</b>	116.41 dB		
<b>Ganancia Antena Receptora:</b>	12 dBd	<b>dBi:</b>	14.14
<b>Pérdida en la línea de Recepción:</b>	2.825 dB		
Longitud del Cable:	35 m	Atenuación dB/m:	0.075
# de Conectores:	2	Atenuación dB:	0.1
<b>Sensibilidad del Receptor:</b>	- 60 dB		
<b>Margen Resultante:</b>	<b>5.24 dB</b>		

### 3.5. ENLACE: CERRO MUNCHIQUE – EL BORDO (PATÍA)

#### 3.5.1. Condiciones Técnicas de la Emisora Patía Stereo

Nombre de la Emisora:	Patía Stereo
Nombre del Concesionario:	Asociación Comunitaria Patía Stereo
Tipo de Emisora:	Comunitaria
Representante Legal:	Carlos Andrés Arias
Municipio:	Patía (CAUCA)
Ubicación Estudios:	Cra 7ª # 3 – 71
Teléfono Emisora:	(2) 8262170
Director de la Emisora:	Carlos Andrés Arias
Frecuencia de Operación:	99.4 FM
Potencia Radiada Aparente:	200 W
Distintivo de Llamada:	HKF20
Altura Media (m.s.n.m.):	987
Altura Máxima permitida Tx. (m.s.n.m.):	987 + 30 = 1017
Frecuencia de Enlace:	302.5 MHz

**Tabla 21. Ubicación Geográfica del Estudio Emisora Patía Stereo**

SITIO	LATITUD Norte			LONGITUD Oeste			ALTURA (m.s.n.m)
	Grados	Min.	Seg.	Grados	Min.	Seg.	
ESTUDIO	2	07	11.9	76	59	01.7	927

#### 3.5.2. Perfil de Trayecto Cerro Munchique – Patía

**Tabla 22. Datos Generales Perfil Cerro Munchique – Patía**

TRAYECTO:	Cerro Munchique – Patía		
Coordenadas Planas: (Cerro Munchique)	X = 1013478 Y = 769887	ALTURA: (m.s.n.m.)	3060
Coordenadas Planas: (Popayán)	X = 1010884 Y = 725675	ALTURA: (m.s.n.m.)	1021
Distancia:	44,2 Km	Frecuencia:	300 MHz
Altura Torre: (Cerro Munchique)	52 m	Altura Torre: (Emisora)	25
Altura antena: (Cerro Munchique)	3112 m.s.n.m.	Altura antena: (Emisora)	1046 m.s.n.m.
Porcentaje de Radio Fresnel liberado:	100 %	Escala de Datos:	1:200.000

## PERFIL CORREGIDO MUNCHIQUE - PATIA

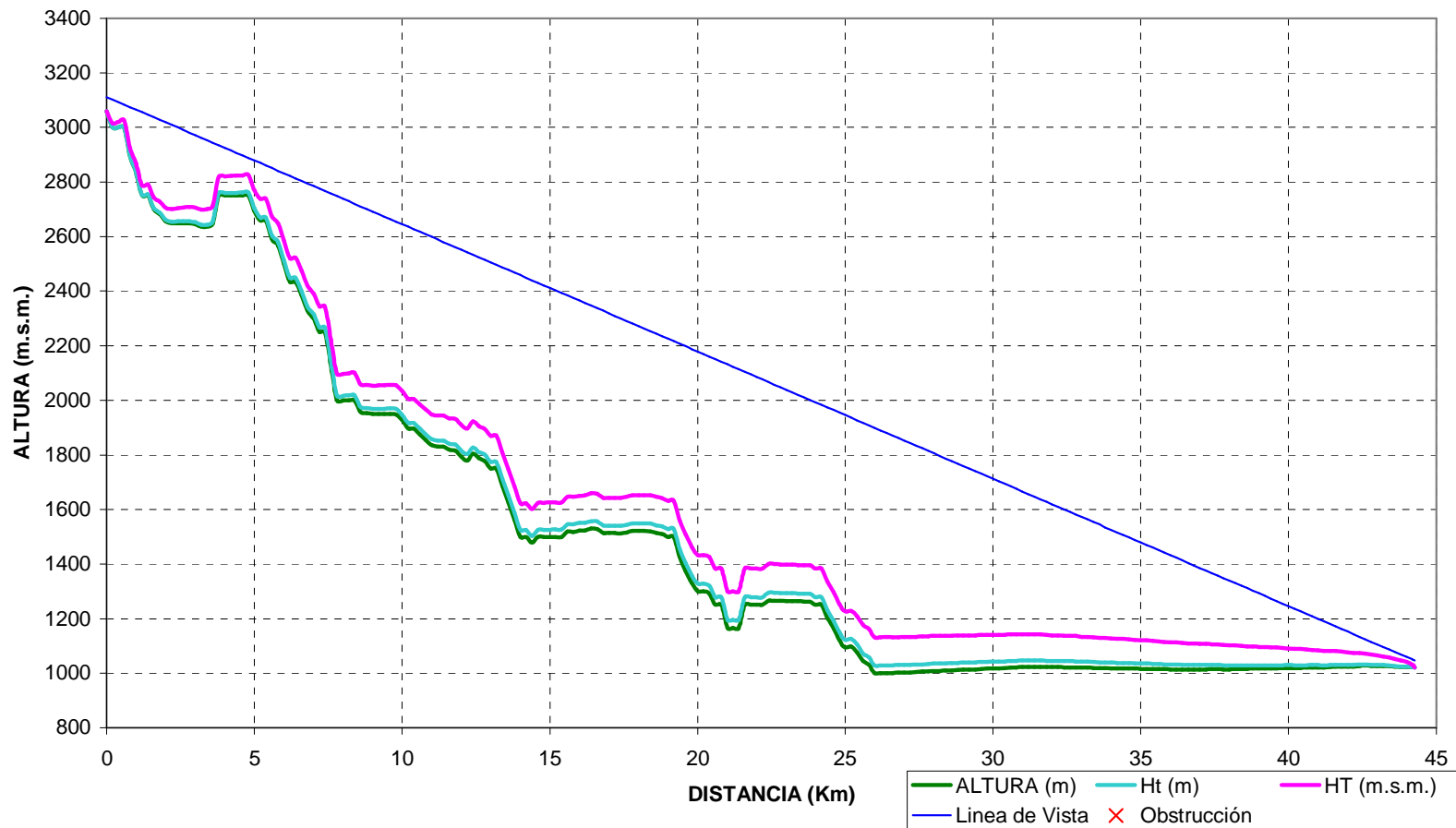


Figura 7. Perfil de Trayecto Cerro Munchique - Patía



### 3.5.3. Análisis del Perfil de Trayecto

Según el perfil de trayecto de la figura 7 se observa que no hay presencia de obstrucciones en el trayecto, se liberó el 100% de Radio Fresnel para una frecuencia de trabajo de 300 MHz, se garantiza línea de vista directa entre los dos puntos haciendo posible realizar el enlace.

### 3.5.4. Plan de Frecuencias del Trayecto

En este trayecto la frecuencia subida que corresponde al enlace Patía (Emisora Comunitaria Patía Stereo) es de 302,5 MHz adjudicada por el Ministerio de Comunicaciones de Colombia para dicha emisora. La frecuencia de bajada corresponde al enlace del trayecto Cerro Munchique – Patía (Emisora Comunitaria Patía Stereo).

**Tabla 23. Plan de Frecuencias Trayecto Munchique – Patía (Emisora Comunitaria Patía Stereo)**

<b>Frecuencias de Enlace</b>	
<b>Trayecto Munchique – Patía (Emisora Patía Stereo)</b>	
Frecuencia de Subida:	302,5 MHz
Frecuencia de Bajada:	328,5 MHz

### 3.5.5. Cálculos del Radio Enlace

**Tabla 24. Cálculos del Radio Enlace Munchique – Patía**

<b>Trayecto:</b>	Patía – Munchique (Enlace de Subida)		
<b>Distancia del Trayecto:</b>	44.2 Km	<b>Frecuencia de trabajo:</b>	302.5 MHz
<b>Potencia de Transmisión:</b>	10 W	<b>dBm:</b>	40
<b>Pérdida en la línea de Transmisión:</b>	2.825 dB		
Longitud del Cable:	35 m	Atenuación dB/m:	0.075
# de Conectores:	2	Atenuación dB:	0.1
<b>Ganancia Antena Transmisora:</b>	12 dBd	<b>dBi:</b>	14.14
<b>Pérdidas de Espacio Libre:</b>	114.96 dB		
<b>Ganancia Antena Receptora:</b>	12 dBd	<b>dBi:</b>	14.14
<b>Pérdida en la línea de Recepción:</b>	5.27 dB		
Longitud del Cable:	70 m	Atenuación dB/m:	0.075
# de Conectores:	2	Atenuación dB:	0.1
<b>Sensibilidad del Receptor:</b>	- 60 dB		
<b>Margen Resultante:</b>	<b>5.23 dB</b>		
<b>Trayecto:</b>	Munchique – Patía (Enlace de Bajada)		
<b>Distancia del Trayecto:</b>	44.2 Km	<b>Frecuencia de trabajo:</b>	328.5 MHz
<b>Potencia de Transmisión:</b>	12 W	<b>dBm:</b>	40.79
<b>Pérdida en la línea de Transmisión:</b>	5.27 dB		
Longitud del Cable:	70 m	Atenuación dB/m:	0.075
# de Conectores:	2	Atenuación dB:	0.1
<b>Ganancia Antena Transmisora:</b>	12 dBd	<b>dBi:</b>	14.14
<b>Pérdidas de Espacio Libre:</b>	115.68 dB		
<b>Ganancia Antena Receptora:</b>	12 dBd	<b>dBi:</b>	14.14
<b>Pérdida en la línea de Recepción:</b>	2.825 dB		
Longitud del Cable:	35 m	Atenuación dB/m:	0.075
# de Conectores:	2	Atenuación dB:	0.1
<b>Sensibilidad del Receptor:</b>	- 60 dB		
<b>Margen Resultante:</b>	<b>5.29 dB</b>		

### 3.6. ENLACE: CERRO MUNCHIQUE – GUAPI

#### 3.6.1. Condiciones Técnicas del Sitio

Nombre del Sitio:	Telecom Guapi
Propietario:	Telecom
Municipio:	Guapi (CAUCA)
Altura del sitio de ubicación de la torre:	50 m.s.n.m.
Altura de la Torre de Telecom:	60 m

**Tabla 25. Ubicación Geográfica del Sitio**

SITIO	LATITUD Norte			LONGITUD Oeste			ALTURA (m.s.n.m)
	Grados	Min.	Seg.	Grados	Min.	Seg.	
TELECOM	02	35	00	77	53	45	50

#### 3.6.2. Perfil de Trayecto Cerro Munchique – Guapi

**Tabla 26. Datos Generales Perfil Cerro Munchique – Guapi**

TRAYECTO:	Cerro Munchique – Guapi		
Coordenadas Planas: (Cerro Munchique)	X = 1013478 Y = 769887	ALTURA: (m.s.n.m.)	3060
Coordenadas Planas: (Popayán)	X = 909777 Y = 774854	ALTURA: (m.s.n.m.)	131
Distancia:	103,7 Km	Frecuencia:	300 MHz
Altura Torre: (Cerro Munchique)	52 m	Altura Torre: (Telecom)	60
Altura antena: (Cerro Munchique)	3112 m.s.n.m.	Altura antena: (Telecom)	191 m.s.n.m.
Porcentaje de Radio Fresnel liberado:	60 %	Escala de Datos:	1:200.000

### PERFIL CORREGIDO MUNCHIQUE - GUAPI

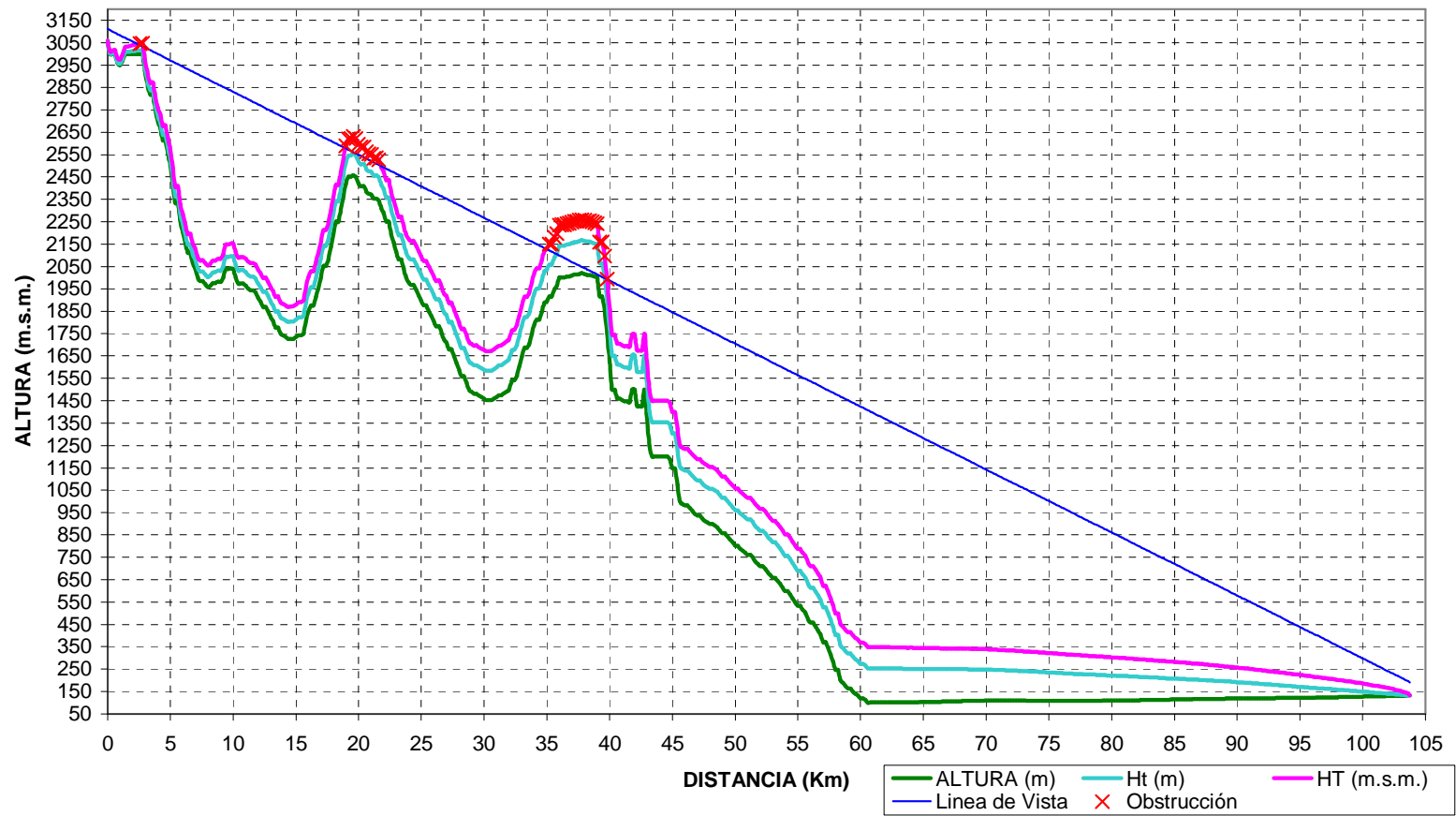


Figura 8. Perfil de Trayecto Cerro Munchique - Guapi

### **3.6.3. Análisis del Perfil de Trayecto**

Según el perfil de trayecto de la figura 8 se observa que no hay línea de vista entre los dos puntos, aunque se liberó el 60% de Radio Fresnel para una frecuencia de trabajo de 300 MHz, existen dos obstrucciones que no hacen posible realizar un enlace de forma directa. La primera obstrucción se presenta entre el kilómetro 19 y el kilómetro 22 del trayecto, la cual corresponde a la Serranía de San Pedro a 2500 m.s.n.m., en la cual la línea de vista supera la corrección de alturas pero no libera el primer Radio Fresnel.

La segunda obstrucción, más crítica aún, se presenta entre el kilómetro 35 y el kilómetro 40 del trayecto, hacia el norte del Cerro Timbiquí, a 2040 m.s.n.m., en la cual la línea de vista se ve obstruida por la corrección de alturas.

Del trayecto Cerro Munchique – Guapi (Parte Urbana), se puede concluir que no existe posibilidad de realizar un enlace directo (un solo salto) entre los dos puntos.

### 3.7. TOPOGRAFÍA DE LOS ENLACES

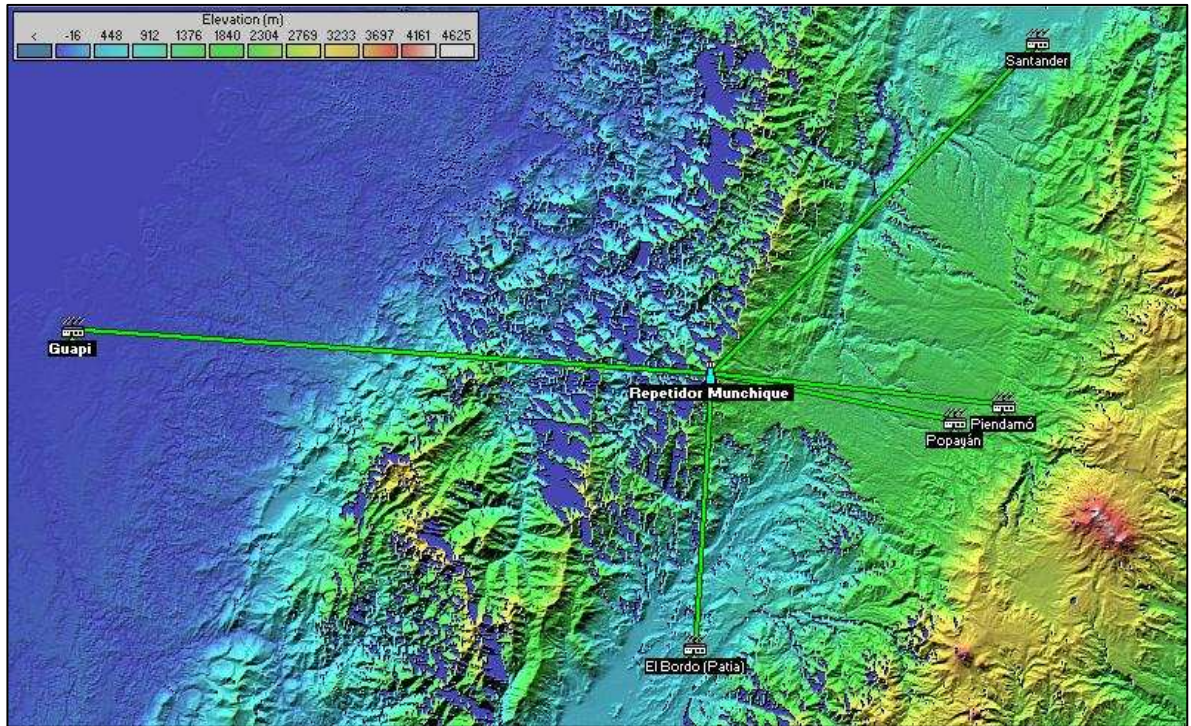


Figura 9. Entorno Topográfico de los Enlaces [12]

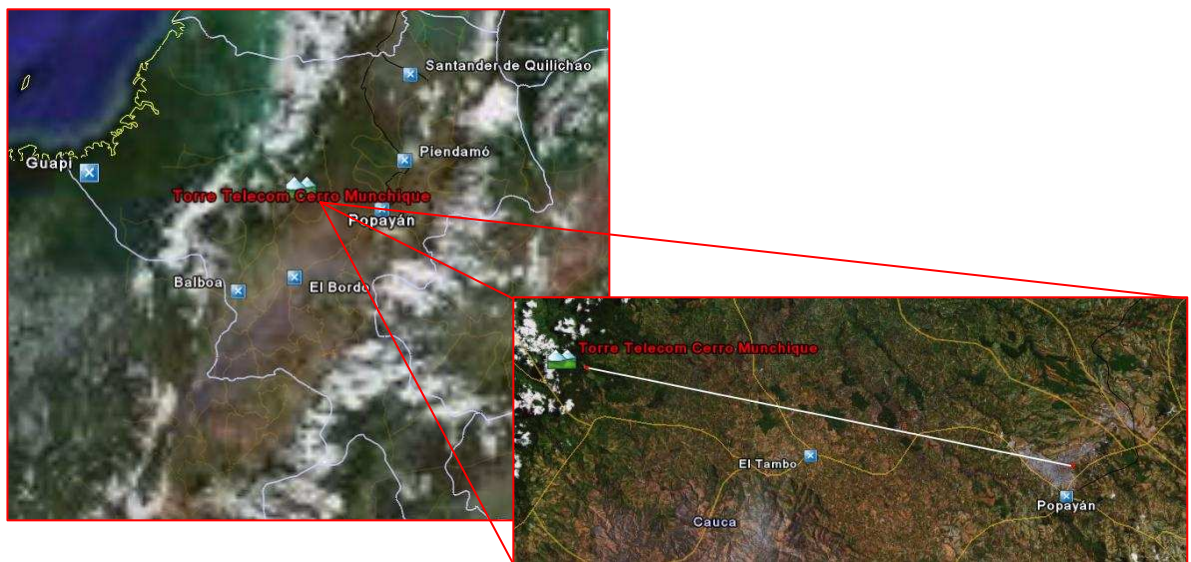


Figura 10. Ubicación de los Sitios a Enlazar en el Departamento del Cauca [13]

## 4. DISEÑO DE LA RED

En el capítulo anterior se realizó el estudio para cada trayecto de la red, que consta de una descripción técnica del lugar, ubicación geográfica, trazado del perfil de trayecto y cálculo del radio enlace. Para el diseño de la red, sólo se tendrán en cuenta aquellos sitios donde según el estudio sean factibles los enlaces, por tal motivo el enlace Cerro Munchique – Guapi no se incluye en el diseño, ya que según el análisis del perfil de la Figura 7, se observa una obstrucción que no permite realizar el enlace en un único salto. *(El enlace Cerro Munchique – Guapi, es posible realizarlo mediante la implementación de un repetidor ubicado en un sitio estratégico en el trayecto, el cual garantice fácil acceso al lugar y existan las condiciones técnicas para una correcta instalación, operación y funcionamiento del mismo).* Para el diseño de la red hay que tener en cuenta que los equipos necesarios en cada estación base (Emisoras y Sitios a Enlazar) para los enlaces que contempla el proyecto sean iguales, permitiendo así un acoplamiento entre las tecnologías utilizadas entre las estaciones base y la estación repetidora.

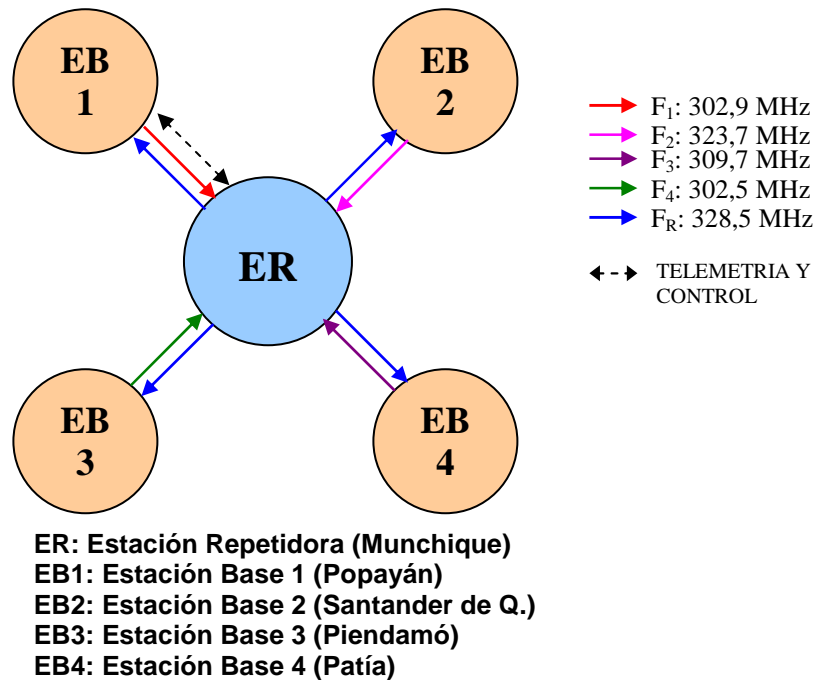
Las estaciones que se incluirán en este diseño son:

**Tabla 27. Estaciones de la Red**

<b>ESTACION BASE</b>	<b>FRECUENCIA DE ENLACE</b>
Popayán	302,9 MHz
Santander de Quilichao	323,7 MHz
Piendamó	309,7 MHz
Patía	302,5 MHz
<b>ESTACION REPETIDORA</b>	<b>FRECUENCIA DE ENLACE</b>
Munchique	328,5 MHz *

\* La frecuencia de enlace para la Estación Repetidora debe ser solicitada al Ministerio de Comunicaciones de Colombia, pero para efectos de este diseño se trabajara con la indicada en la Tabla 27.

#### 4.1. CONSIDERACIONES GENERALES DEL DISEÑO



**Figura 11. Enlaces de la Red con Configuración en Estrella**

Esta configuración (figura 11) permite que cada EB pueda llevar su información hasta la ER y ésta la retransmita a las demás Estaciones Base que pertenezcan a la red. En este diseño se ha considerado a la Estación Base 1 (Popayán), como la estación principal teniendo la función de control asignando cual señal de las EB es la que se va propagar en la red. Este control se hace por medio de un canal de Telemetría que puede ser a través de un nuevo enlace para este propósito, o la información de control y telemetría puede ser multiplexado en la señal del enlace propio de esta estación.

Para el diseño de esta red, consideraremos primero el tipo de información que se propagará en ella, y los equipos que permiten su transporte. A estos equipos de

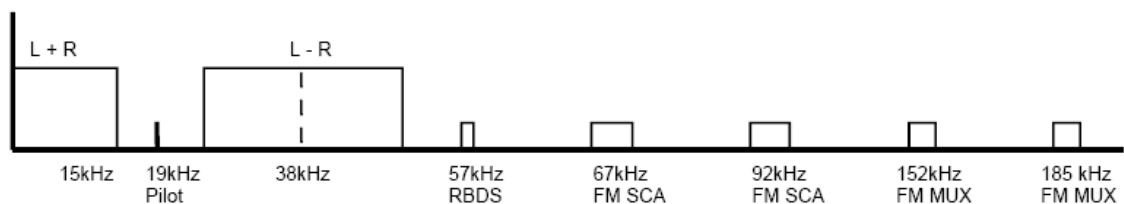


enlace se les conoce como STL - *Studio Transmitter Links* (Enlace Estudio Transmisor).

Las estaciones son Emisoras de Radiodifusión Sonora FM, la información que producen son señales de audio monofónico o stereo de muy buena calidad; esta señal de audio, para poder ser transmitida a través de los equipos STL (Enlace Estudio Transmisor) o por un transmisor de FM, es convertida a señal Compuesta, por medio de un equipo Generador de Señal Compuesta / FM.

El Generador de Señal Compuesta / FM, Estéreo, es un sistema diseñado para ser usado en Excitadores, STLs y/o Transmisores de FM., que acepten entrada de señal Compuesta. Su función primordial es enviar dos (2) señales de audio (Canal Derecho y Canal izquierdo) usando un (1) solo equipo de transmisión. Reemplaza medios de transmisión dobles independientes.

Por medio de los equipos STL se puede enviar la señal de programación de las emisoras en forma de señal compuesta, y además se puede enviar en banda base señales de RBDS - *Radio Broadcast Data System* , MUX y SCA – *subcarrier FM* adicionales (*multiplex* y subportadoras) para supervisión, transmisión de datos para control remoto o muchas otras aplicaciones. En la figura 12, se puede observar las señales típicas que integran la señal Compuesta que son transportadas en banda base por los equipos STL.



**Figura 12. Señales Compuestas Típicas en Banda Base [14]**

Este diseño se realiza pensando en un sistema de transmisión multiplex, en el cual las señales que estarán presentes en la red son:

- Señal de Programación (PRG): Señal compuesta que contiene la información de programación de la emisora FM (Estación Base), se puede observar en la figura 12 y corresponde a las señales de: L+R, la señal piloto de 19kHz y la señal L-R.
- Señal MUX: Señal que puede ser utilizada para transmisión de datos.
- Señal SCA: Señal de subportadora, que puede ser utilizada para transportar audio.

#### 4.2. ESTACIÓN REPETIDORA MUNCHIQUE

Se decide utilizar el Cerro Munchique (ver figura 13) para ubicar la estación repetidora debido a que es considerado como un sitio estratégico por su ubicación geográfica. Además que en el cerro se dispone de la infraestructura necesaria para implementar la estación repetidora, entre las cuales se tiene, infraestructura de torre para instalación de antenas, una caseta para la ubicación de los equipos, existe energía eléctrica, y es un sitio que es cuidado y vigilado por instituciones que tienen presencia en el lugar.

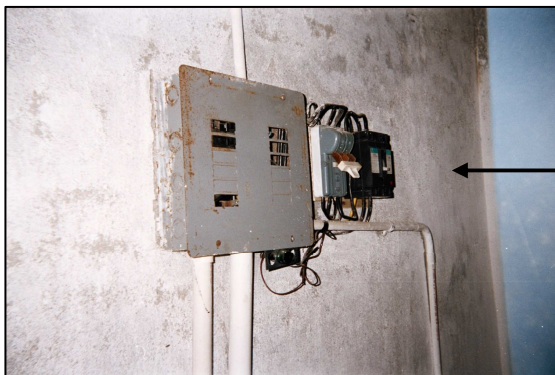


**Figura 13. Vista del Cerro Munchique desde Popayán**

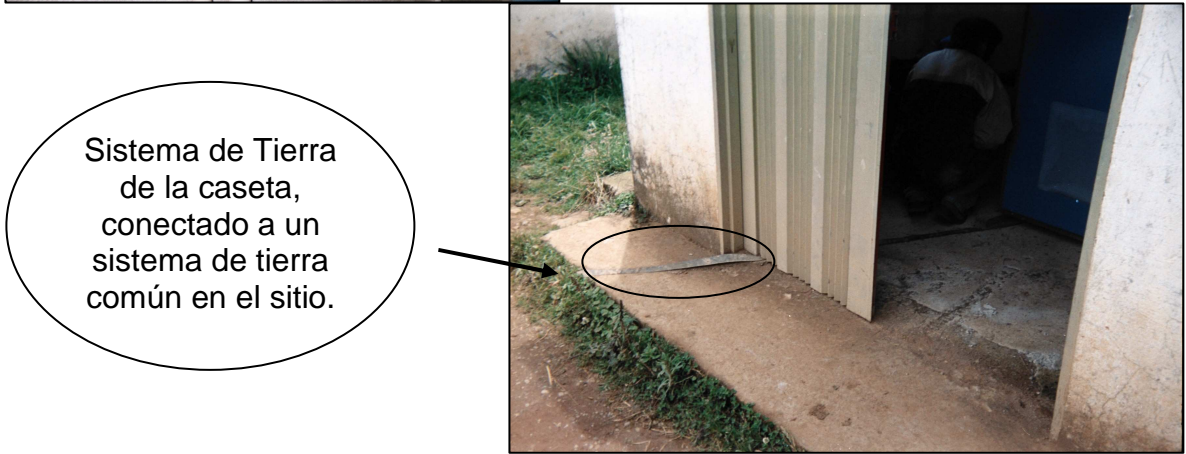


**Figura 14. Caseta para la Ubicación de los Equipos**

En la figura 14, se observa la caseta perteneciente a la Universidad del Cauca, lugar donde se encontraba instalado el Transmisor de FM de 10 KW. Este sitio será utilizado para instalar los equipos de la Estación Repetidora.



La caseta posee la adecuada instalación eléctrica para conectar los equipos de la Estación Repetidora.



Sistema de Tierra de la caseta, conectado a un sistema de tierra común en el sitio.

**Figura 15. Tomas de Energía y Sistema de Tierra en la Caseta**



Sitio para la instalación de las antenas

Torre de Telecom



Vista de la Torre desde la Caseta

Altura de la Torre: 52 m

Distancia entre la Torre y la caseta: 23 m



Sede de Telecom

Hacia la caseta

Base de la Torre  
Altura: 3053 m.s.n.m.



Caseta

Figura 16. Torre de Telecom en el Cerro Munchique



Al costado de la caseta se encuentra una estructura de torre de 6 m de altura, sitio donde se encontraba instalada la antena yagi del radio enlace entre el estudio de la Emisora Radio Universidad del Cauca y el Transmisor de FM instalado en este lugar.

La distancia entre esta torre y la caseta es de 3 m.

En esta imagen se observa la antena Yagi del equipo STL receptor.

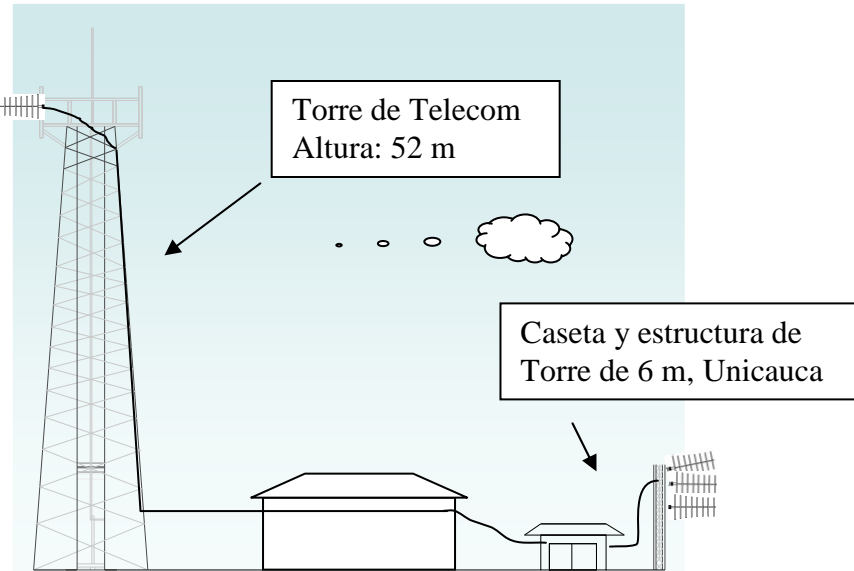
El tamaño de la caseta es de 2,8 m de ancho por 3 m de largo.

**Figura 17. Estructura de Torre de 6 m**

#### **4.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTACIÓN REPETIDORA**

- Un receptor STL por cada EB que integre la red, este receptor esta sintonizado a la frecuencia de enlace propia de cada EB, (ver Tabla 27, *página 56*).
- Un solo transmisor STL, sintonizado a la frecuencia de enlace solicitada para el repetidor.
- A la salida del transmisor STL, le sigue una etapa de amplificación de potencia para RF, lo suficiente para cubrir los requerimientos de potencia para cada radio enlace de bajada.
- Una antena para recepción y transmisión por cada EB.
- Las señales que entregan los receptores y que serán transmitidas son: PRG, MUX y SCA.
- El Switch Control permite pasar por separado las tres señales que entrega cada receptor hacia el transmisor. Esto implica que en un determinado momento en el transmisor del repetidor se este propagando la señal de PRG entregada por un receptor, la señal del MUX entregada por otro receptor y la señal del SCA

entregada por otro receptor. El manejo de las señales que pasan al transmisor depende únicamente del control, que en este caso lo realiza la EB1 (Popayán).



**Figura 18. Estación Repetidora Munchique**

- Ubicación de las Antenas:

Las antenas de los radio enlaces entre la Estación Repetidora y las estaciones base Popayán, Piendamó y Patía, pueden ser ubicadas en la estructura de torre adyacente a la caseta, esto debido a que existe línea de vista directa sin ninguna presencia de obstáculos entre las estaciones base y el repetidor; al ubicar dichas antenas en esa estructura, se reducen las pérdidas ocasionadas por la línea de transmisión. La antena del radio enlace entre la Estación Repetidora y la estación Santander, debe ser instalada en la Torre de 52 m, puesto que según el análisis del trayecto realizado en el capítulo anterior, la antena debe estar ubicada a mayor altura para superar los obstáculos presentes en el trayecto (ver figuras 16,17 y 18).

#### **4.2.2. DISEÑO DE LA ESTACIÓN REPETIDORA**

La idea general del diseño es implementar una repetidora *switch* (ver figura 19), puesto que el control decide cual señal proveniente de los diferentes receptores STL pasa al transmisor para ser retransmitido.

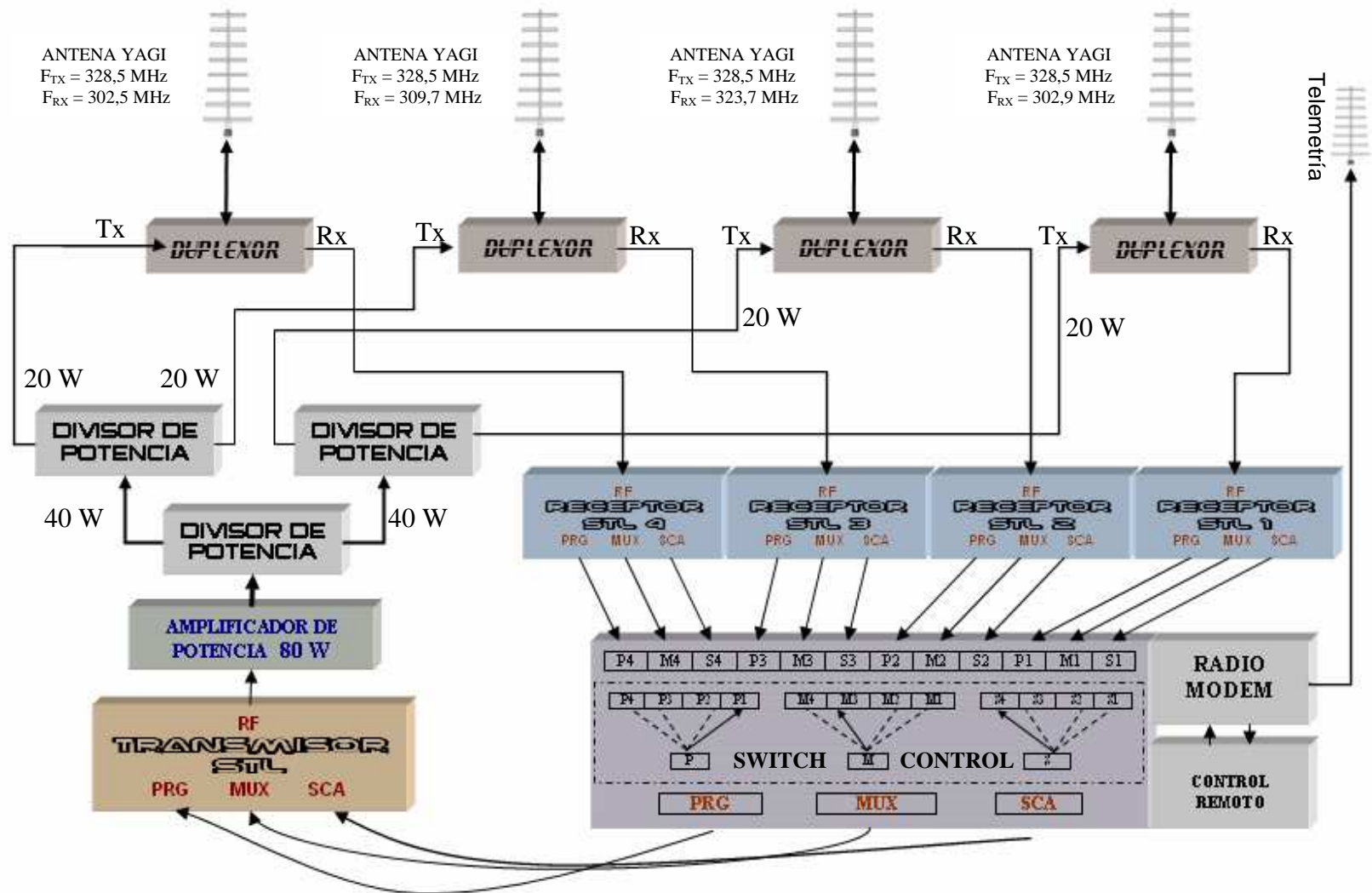
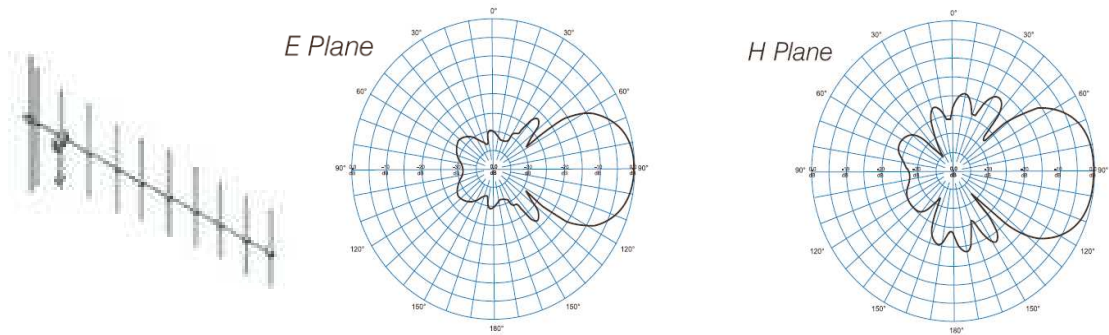


Figura 19. Diseño de la Estación Repetidora Munchique

Descripción del diseño:

- Las antenas utilizadas en este diseño son YAGI, debido a su alta directividad, y ganancia, además brindan características de robustez ideales para las condiciones ambientales del lugar. La banda de trabajo de estas antenas es UHF en las frecuencias de 300 a 330 MHz, la impedancia es de  $50 \Omega$ , con 15dBi de ganancia. (ver figura 20).



**Figura 20. Antena Yagi, Patrón de Radiación Plano E y H**

- El duplexor permite utilizar la misma antena para transmitir a una frecuencia y recibir a otra frecuencia. Ayuda a proteger receptores de los altos niveles de señal RF entregada por los transmisores a las antenas, (ver figura 21).



**Figura 21. Duplexor UHF**

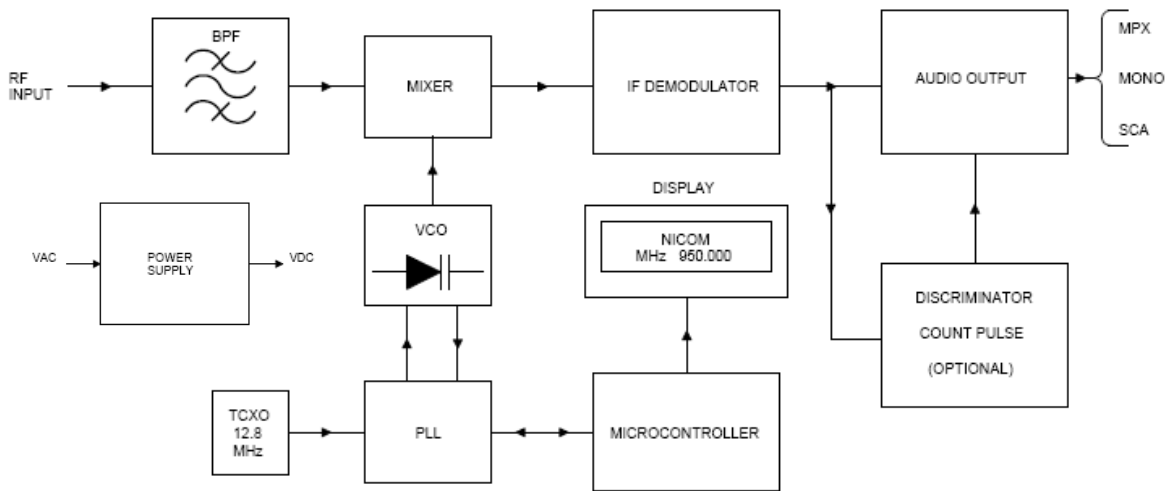
- El receptor STL, recibe la señal RF proveniente del transmisor de la EB, y entrega a la salida las señales compuestas de Programación (PRG), Multiplex (MUX) y Subportadora (SCA), en la figura 22 se observa un equipo receptor STL de marca TFT común en el mercado.





**Figura 22. Receptor STL**

En la figura 23 se observa el diagrama en bloques de funcionamiento general de un receptor STL.



**Figura 23. Diagrama en Bloques de un Receptor STL [15]**

Cada receptor STL es sintonizado a la frecuencia de operación de la EB, la banda de trabajo para estos receptores es de 300 – 330 MHz; existen en el mercado distintos fabricantes que ofrecen características que hacen de estos, equipos de alta confiabilidad, estabilidad y calidad de la señal. Se pueden conseguir equipos receptores STL digitales o analógicos.

En este diseño los equipos transmisores y receptores STL son analógicos, debido a que son más económicos, y los transmisores tienen mayor salida de potencia de RF.

Los conectores que se utilizan a la salida de audio del receptor son BNC *male* y a la entrada de RF es de 50  $\Omega$  tipo N (*female*).

- El Switch Control, es un sistema que permite escoger cual señal PRG, MUX o SCA de un receptor pasa hacia el transmisor.

Consta de tres módulos de switches de 1 x 4 (una entrada, cuatro salidas). Todos los conectores, tanto de entrada como salida son tipo BNC *female*. Cada módulo de switch es controlado por dos señales TTL producidas por el control.

El control conmuta entre las múltiples entradas cual pasa hacia la salida. El diagrama esquemático de este módulo se puede observar en la figura 24.

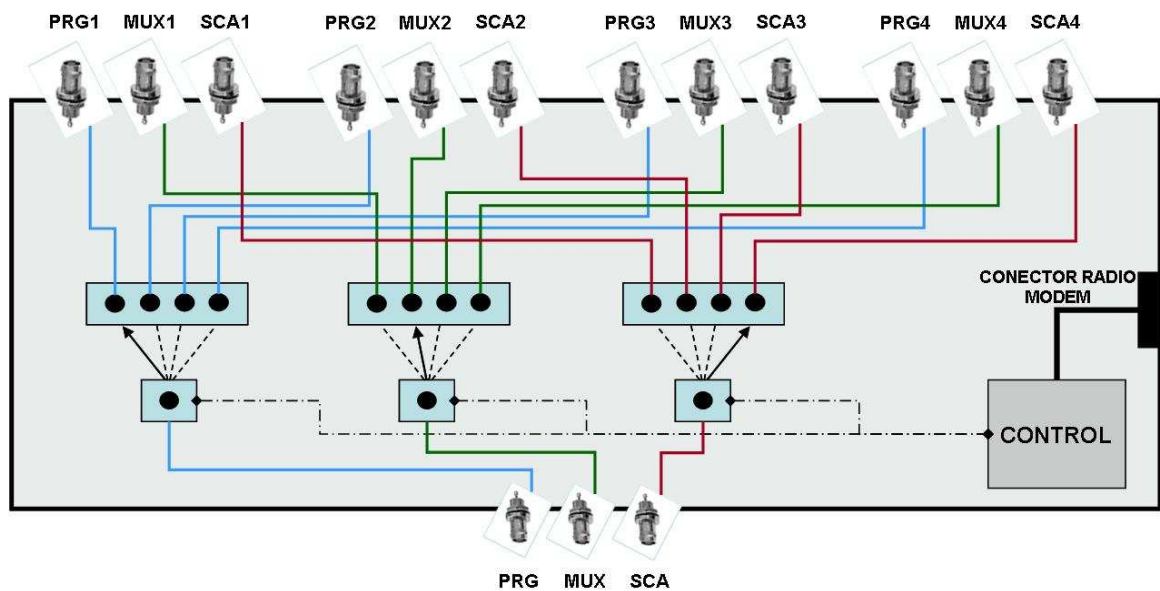


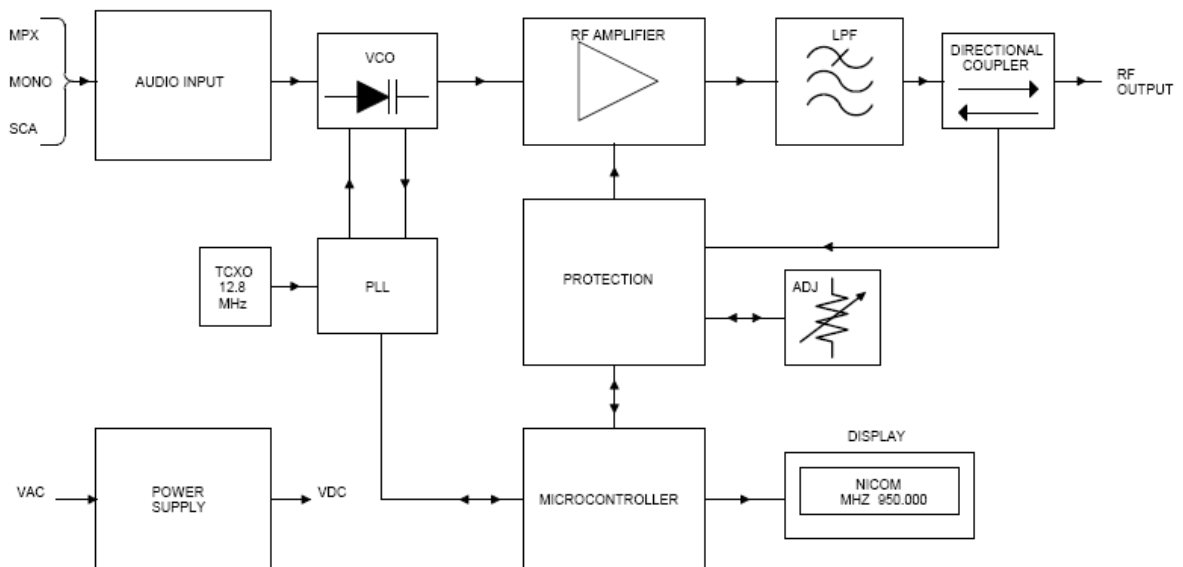
Figura 24. Diagrama Esquemático del Switch Control

- El transmisor STL, recibe las señales de PRG, MUX y SCA entregadas por el Switch, y las transmite hacia todas las EB por medio del enlace de bajada en la frecuencia de 328,5 MHz. La potencia máxima que generalmente vienen los equipos es de 20 W. En la figura 25 se observa un equipo transmisor STL de marca TFT común en el mercado. Los conectores que se utilizan a la entrada de audio son BNC *male* y a la salida de RF es de 50  $\Omega$  tipo N (*female*).



**Figura 25. Transmisor STL**

En la figura 26 se observa el diagrama en bloques de funcionamiento general de un transmisor STL.



**Figura 26. Diagrama en Bloques de un Transmisor STL [16]**

- Amplificador de Potencia de RF, amplifica la señal que entrega el transmisor STL, a 80 W. Con esta potencia se cubre los requerimientos de potencia necesarios para cada enlace con las EB. En la figura 27 se observa un equipo Amplificador de RF.



**Figura 27. Módulo Amplificador de RF**

- Divisores de Potencia, dividen la señal de RF de 80 W entregada por el módulo amplificador RF, para entregar 20 W de potencia de señal a cada antena. En la figura 28 se observa dos tipos de divisores que se pueden utilizar en el diseño: una entrada y dos salidas, y, una entrada y cuatro salidas.



**Figura 28. Divisores de Potencia**

- Radio MODEM, sirve para enviar los datos de control de la ER, desde la EB1 (Popayán), y enviar datos de monitoreo desde el repetidor hacia la EB1.

Existen equipos con la característica de poder asignar una dirección IP a Radio MODEM, esto hace posible su conexión a una red de área local (LAN), lo que permitiría hacer el control de la Estación Repetidora vía WEB.

Algunas características que se destacan de estos equipos son:

Asignación de IP vía puerto USB o RS-232

Transferencia de datos: 12Kbps en canales angostos (12.5 KHz)

22Kbps en canales anchos (25 KHz)

Sub-bandas de frecuencia:

136-162MHz VHF

148-174MHz VHF

400-420MHz UHF

450-470MHz UHF

Salida ajustable de potencia de 1 a 6 Watts

Alimentación de 11 a 16 VDC

Consumo de corriente máximo de 2.5 Amps.

En la figura 29 se observa un equipo Radio MODEM de marca RFNEULINK, común en el mercado, que cumple con las anteriores características de funcionamiento.



**Figura 29. Radio MODEM**

- EL módulo de Control Remoto, esta integrado por un microprocesador que se encarga de recibir los datos de control enviados por la EB1 a través del Radio MODEM, y ejecutar las acciones que se programen de acuerdo a los requerimientos de la EB. También captura, procesa y envía datos de monitoreo de la Estación Repetidora hacia la EB1.

### **4.3. ESTACIONES BASE DE LA RED**

Este diseño es común para todas las estaciones bases que conforman la red. Las características generales de las estaciones son:

- Un equipo transmisor STL sintonizado a la frecuencia de enlace asignada por el Ministerio de Comunicaciones de Colombia para cada emisora.
- Un equipo receptor de enlace sintonizado a la frecuencia de enlace asignada para el repetidor.
- Una antena para transmitir y recibir para el enlace entre la Estación Base y la Estación Repetidora.
- Una antena para transmitir la señal de programación propia de cada emisora hacia el lugar donde se encuentra el transmisor de radiodifusión sonora FM de cada emisora.

En la figura 30 se observa el diseño de una Estación Base. Las imágenes de estas estaciones base (Emisoras de Radiodifusión Sonora FM) se pueden observar en el Anexo C. En la figura 31, se observa el Diseño Final de la Red.

En el Anexo D, se observa el listado de equipos necesarios por cada estación y el costo estimado de ellos.

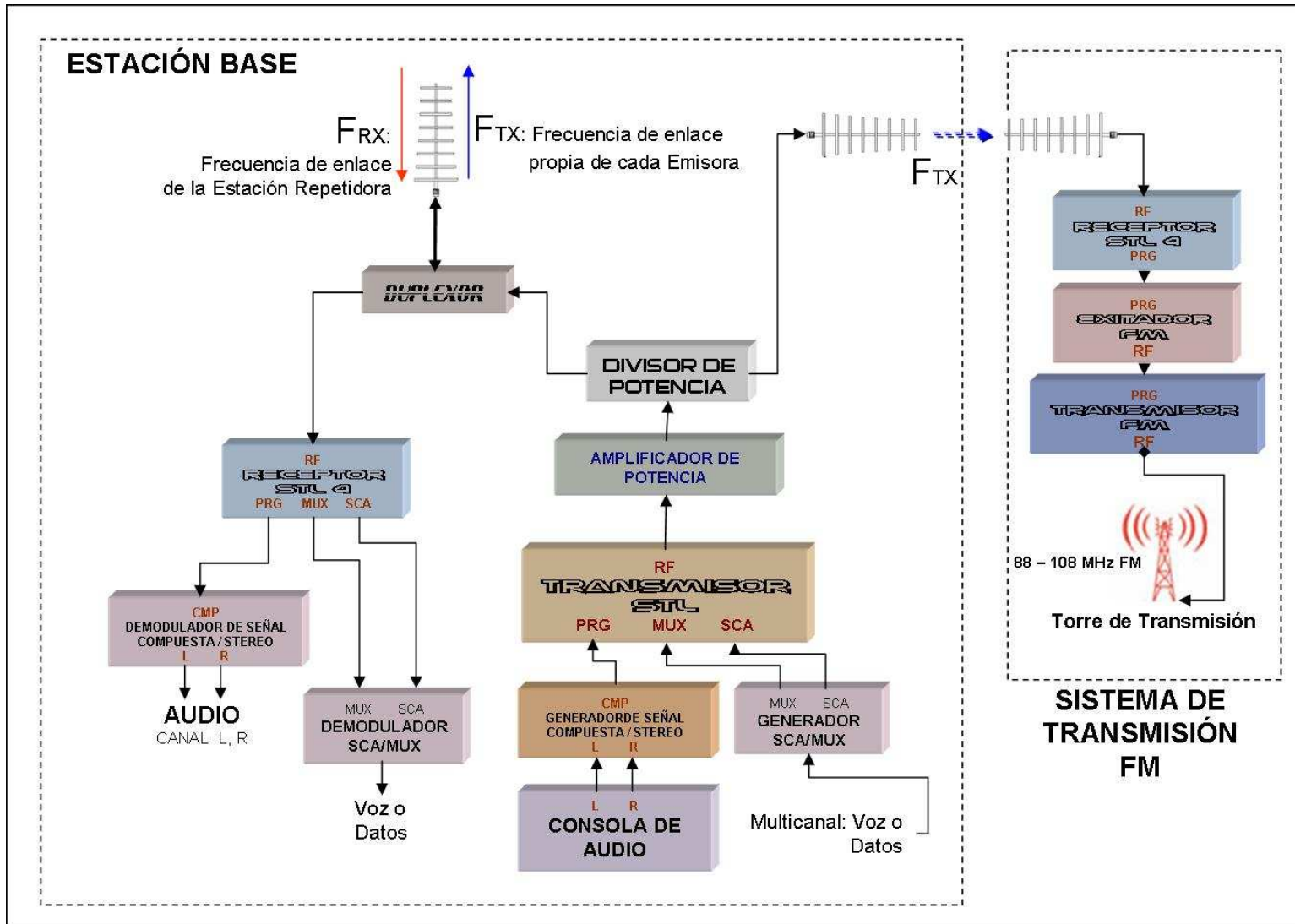


Figura 30. Diseño de la Estación Base

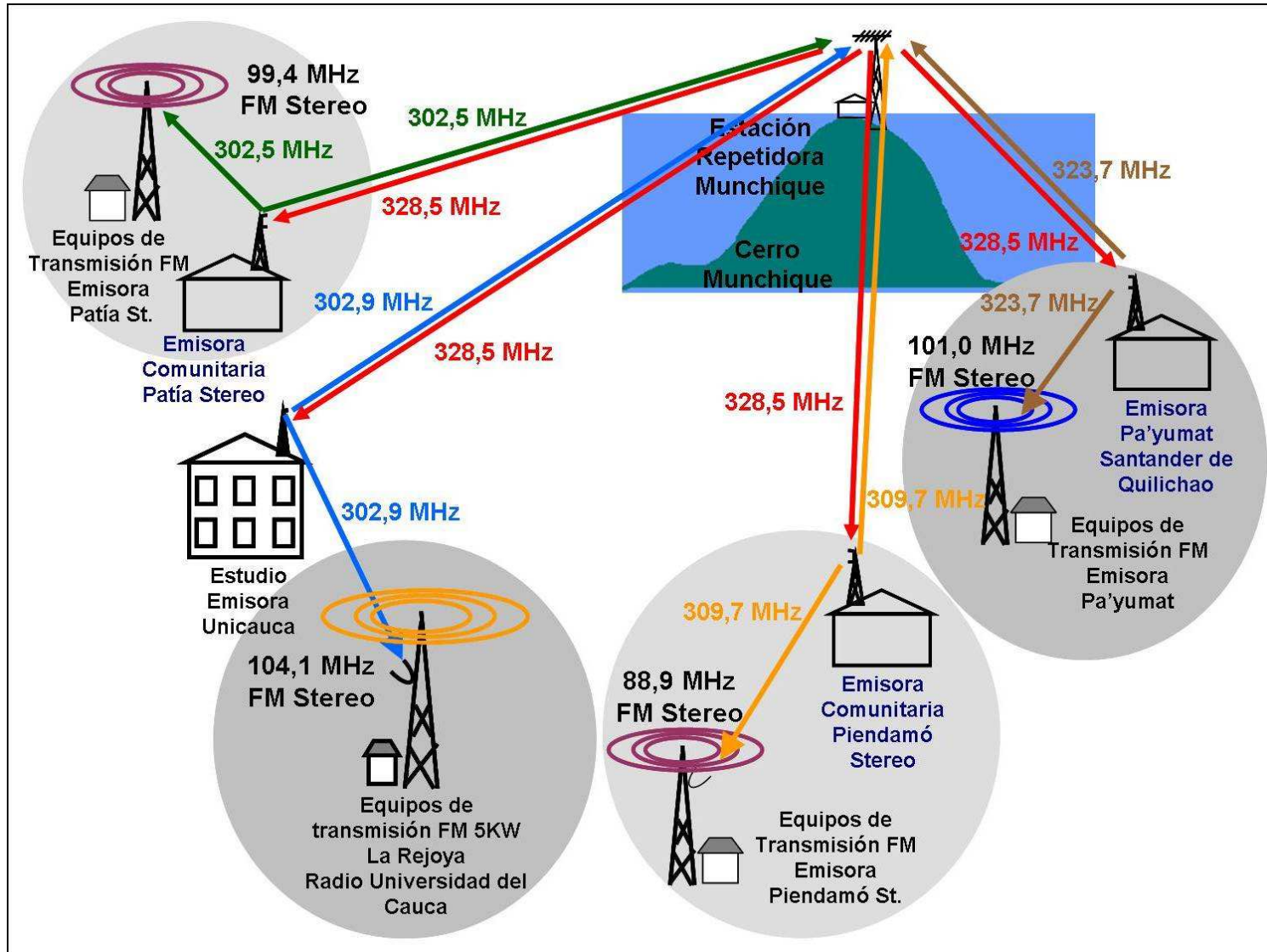


Figura 31. Diseño Final de la Red



## 5. PROTOTIPO DEL SISTEMA DE TELEMETRÍA

### 5.1. PLANTEAMIENTO DEL SISTEMA

#### 5.1.1. Descripción General del Sistema

El prototipo del sistema de telemetría está diseñado para el monitoreo y control del transmisor de radiodifusión sonora FM de 10KW marca IRADIO, perteneciente a la emisora Radio Universidad del Cauca. Este sistema permite monitorear 13 variables de funcionamiento entre estados y alarmas del transmisor, y permite controlar 4 comandos de operación. También brinda la posibilidad de monitorear la seguridad de la planta física (caseta) donde se encuentra instalado el transmisor.

El prototipo está compuesto por cuatro (4) módulos: Aplicación Software, Radio Enlace, Control del Sistema y Sistema de Monitoreo. En el módulo de Aplicación Software están descritos entre otros: El servidor de la aplicación, interfaces de visualización y operación del usuario, lenguaje de programación, el sistema de validación de la aplicación, el sistema de almacenamiento de datos (base de datos), el protocolo de comunicaciones y la interfaz de comunicaciones. En el módulo Radio Enlace se encuentran descritas las distintas configuraciones del radio enlace, el diseño de la tarjeta de modulación, y los equipos de transmisión y recepción de datos. En el módulo Control del Sistema están descritos los diagramas de flujo de la aplicación del Microcontrolador, las interfaces de comunicaciones y conectores de datos. En el módulo Sistema de Monitoreo se describen las interfaces de toma y envío de datos a los circuitos de control del transmisor. Este prototipo se ha llamado **STTRU (Sistema de Telemetría Transmisor Radio Unicauca)**.

### **5.1.2. Ubicación del Sistema**

La aplicación software del STTRU está implementada para monitorear y controlar el transmisor de radiodifusión sonora FM desde el estudio de la emisora Radio Universidad del Cauca (Sede Tulcán – Popayán), por lo tanto dicha aplicación será instalada en un computador ubicado en el estudio de la emisora. El usuario será un *Operador*, que tendrá la posibilidad de interactuar con el sistema de acuerdo a privilegios de acceso definidos, lo que permitirá que exista mayor seguridad en el sistema. Mediante la aplicación, el operador podrá acceder a información de monitoreo, seguridad y control del transmisor de Radiodifusión sonora FM. El STTRU Remoto es un equipo que contiene un dispositivo de control cuyo corazón es un microcontrolador, encargado de recibir las señales de control del operador enviadas vía RF y de transmitir las señales de monitoreo del transmisor. Este equipo será instalado y conectado al transmisor de radiodifusión sonora FM, por lo tanto su ubicación es donde esté instalado el transmisor.

### **5.1.3. Funciones**

- Monitoreo de trece (13) variables de funcionamiento del transmisor de radiodifusión sonora FM. Monitoreo de alarmas de seguridad del sitio donde está instalado el transmisor.
- Control de cuatro (4) comandos de funcionamiento del transmisor de radiodifusión sonora FM.
- Generación de alarmas cuando el transmisor salga de su funcionamiento normal.
- Almacenamiento del comportamiento del transmisor para su posterior análisis, la aplicación permite el almacenamiento, actualización, acceso y visualización de una base de datos en la cual estarán contenidos los datos provenientes del control.
- Sistema confiable de transmisión de datos.
- Interfaz amigable de fácil manipulación para el usuario.
- Visualización de los datos de telemetría y control desde un PC.

#### 5.1.4. Características del Sistema

- El siguiente diagrama (ver figura 32), muestra los componentes del prototipo de telemetría.

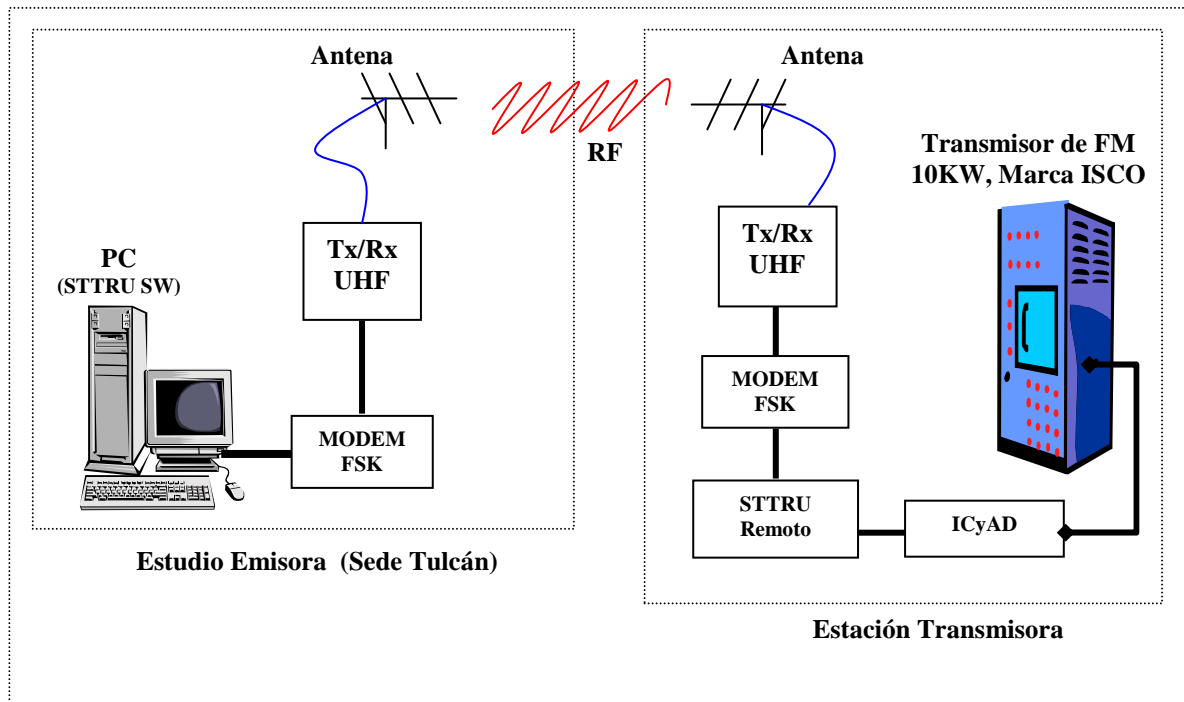


Figura 32. Componentes del STTRU

- **PC (Computador Personal):** En el PC está instalada la aplicación software del STTRU, sirve para visualizar la información de monitoreo que se haga a la Estación Transmisora, también permite que un operador ejecute órdenes de control como encendido / apagado del Transmisor de FM, entre otros.
- **MODEM FSK:** Permite adaptar las señales digitales (señales TTL) a señales analógicas y viceversa. El tipo de modulación es FSK (Frecuency Shift Keying).
- **Trasmisor / Receptor UHF:** Este módulo provee de un enlace de RF para uso en transmisión y recepción de la información de monitoreo y control. Su operación es en un solo canal cuyo rango de frecuencia esta en la banda de UHF (403 – 430 MHz o 450 – 470 MHz, bandas de frecuencia de libre uso para sistemas de telemetría), trabaja a bajas potencias de 2 a 4 Vatios, de acuerdo

al voltaje de polarización (10 – 13 VDC). El STTRU está diseñado con un canal de radio HalfDuplex para comunicación.

- **Antenas:** Con alta directividad y ganancia.
- **STTRU Remoto:** Recibe e interpreta los datos provenientes del PC, así mismo envía los datos de monitoreo, a través del enlace de radio. Su componente principal es un Microcontrolador que garantiza que sea un sistema confiable de transmisión de datos, este a través de sus puertos permite adquirir datos de monitoreo de las distintas variables del transmisor, y a través de ellos se pueden ejecutar acciones de control a dispositivos adaptados al sistema de control del transmisor FM. Además permite que el sistema sea de fácil expansión.
- **ICyAD (Interfaz de Conexión y Adquisición de Datos):** Es la interfaz que permite obtener y enviar señales al Transmisor FM, así mismo permite que el STTRU Remoto interactúe con el sistema de control del Transmisor FM.

## 5.2. MODELO FUNDAMENTAL

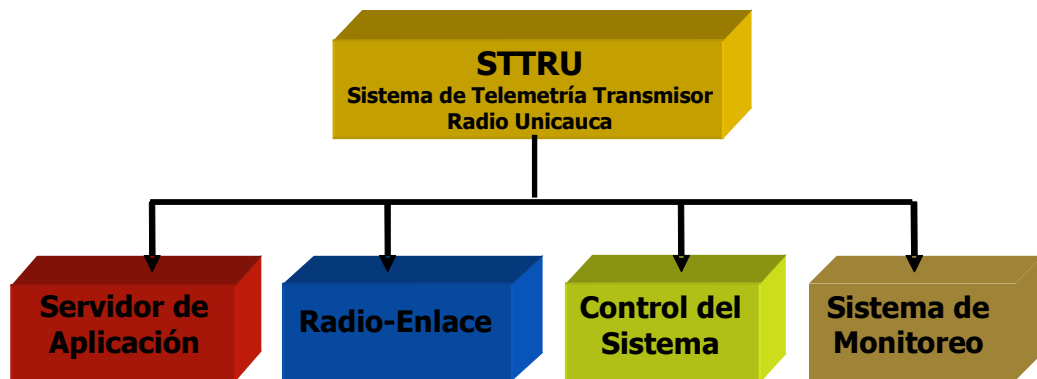


Figura 33. División Modular del Sistema

### 5.2.1. Módulo 1: Servidor de Aplicación



Figura 34. Módulo Servidor de Aplicación

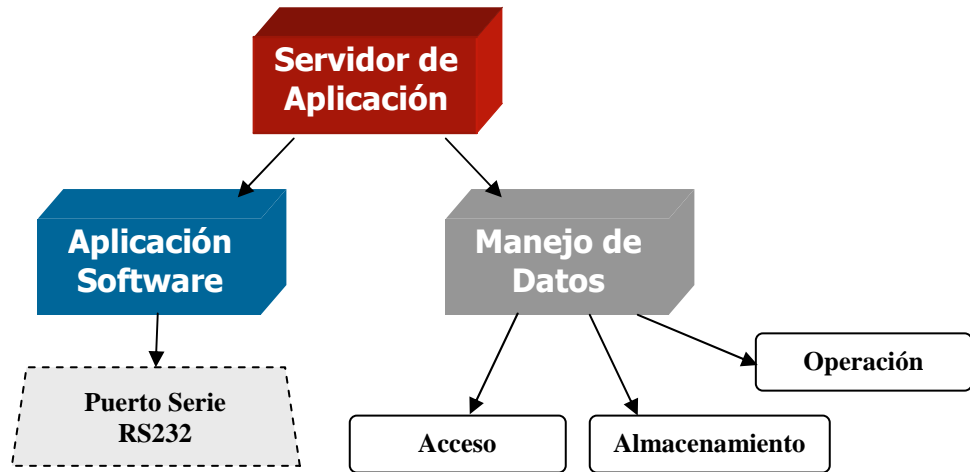


Figura 35. División Modular Servidor de Aplicación

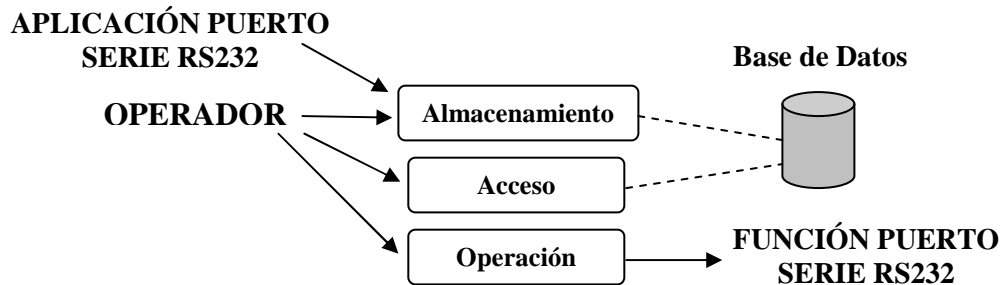


Figura 36. Submódulo Manejo de Datos

Señales Entrantes

- ← Datos y comandos ingresados por el usuario a través del PC para funciones de registro, monitoreo, control y acceso a la base de datos de la aplicación.
- ← Flujo de datos de monitoreo proveniente del radio enlace a través del puerto de comunicación serial del PC.

Señales Salientes

- Flujo de datos de control hacia el radio enlace a través del puerto de comunicación serial del PC.

### 5.2.2. Módulo 2: Radio Enlace



Figura 37. Módulo Radio Enlace

- Señales Entrantes    ← Flujo de datos de control proveniente del PC.  
 ← Flujo de datos de monitoreo proveniente del STTRU Remoto.
- Señales Salientes    → Flujo de datos de control hacia STTRU Remoto.  
 → Flujo de datos de monitoreo hacia el PC.

### 5.2.3. Módulo 3: Control del Sistema

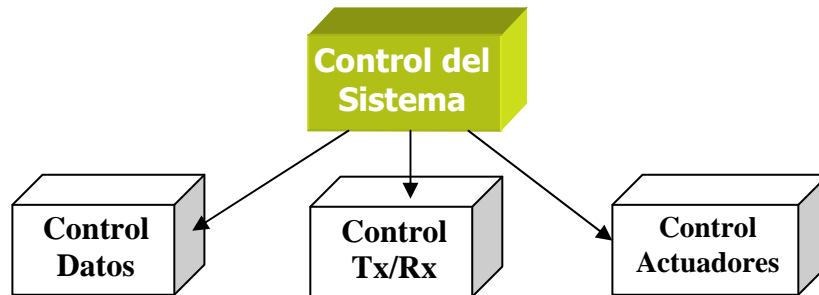


Figura 38. Módulo Control Sistema

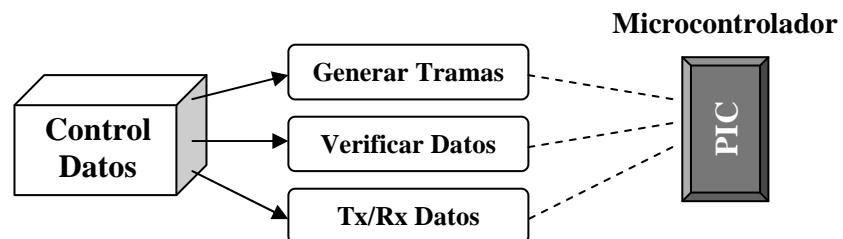
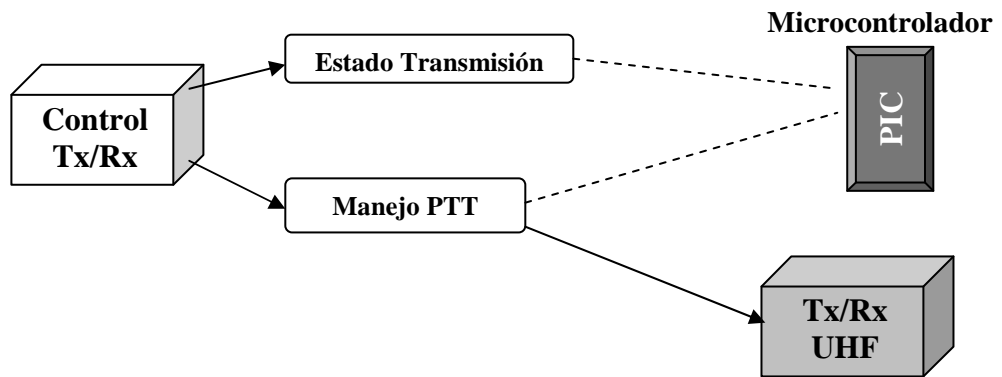
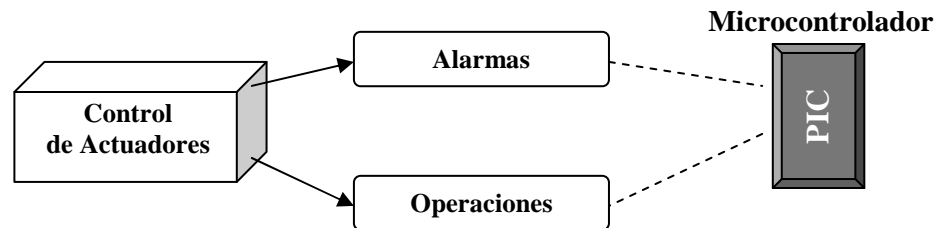


Figura 39. Submódulo Control de Datos



**Figura 40. Submódulo Control Tx/Rx**



**Figura 41. Submódulo Control de Actuadores**

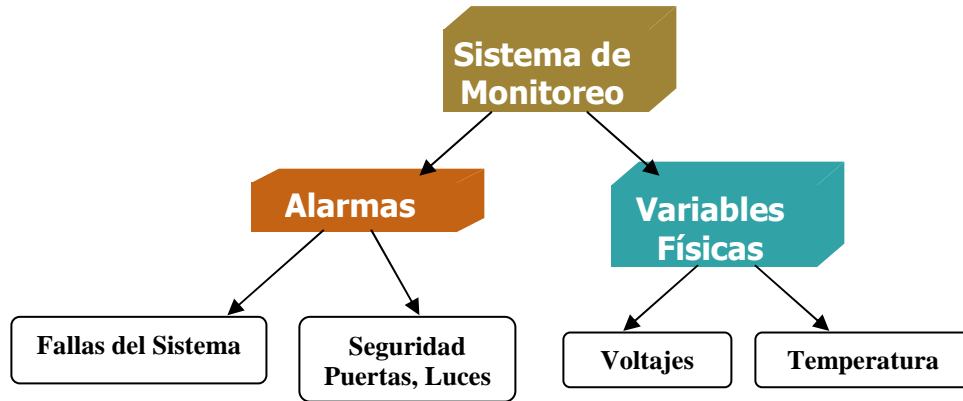
Señales Entrantes

- ← Datos de control hacia el microcontrolador.
- ← Señales de estado de actuadores y periféricos.
- ← Señales de las tarjetas de control del Transmisor FM.

Señales Salientes

- Datos de señalización.
- Señales de visualización.
- Señales de control hacia los actuadores y periféricos.
- Señales de control hacia las tarjetas de control del Transmisor FM.
- Señal de control del PTT para el radio enlace.

#### 5.2.4. Módulo 4: Sistema de Monitoreo



**Figura 42. Submódulo Sistema de Monitoreo**

Señales Entrantes

- ← Señales de monitoreo proveniente de las tarjetas del sistema de control del transmisor FM.
- ← Señales de estado del transmisor proveniente de las tarjetas del sistema de control del transmisor FM.
- ← Señales de estado de periféricos.
- ← Señales de control proveniente del microcontrolador.

Señales Salientes

- Señales de monitoreo hacia el microcontrolador.
- Señales de visualización.



### 5.3. MONITOREO Y CONTROL

El STTRU permite realizar funciones de control y monitoreo tanto del transmisor como de la planta física donde se encuentre. Las funciones de monitoreo están divididas en alarmas y operación. Estas funciones se ejecutan por medio del equipo STTRU Remoto, el cual accede a dicha información a través del sistema de control propio del transmisor FM. En las siguientes tablas se describen las señales de control y monitoreo que están presentes en el sistema, (ver Tabla 28 y 29).

**Tabla 28. Descripción de Señales de Control**

<b>CONTROL</b>			
<b>CATEGORIA</b>	<b>SEÑAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>APLICACIÓN</b>
<b>FUNCIONAMIENTO DEL TX</b>	RESET	Comando de reset de microcontroladores	Este comando efectúa un reset en los microcontroladores de la tarjeta MCCC01, de esta manera los microcontroladores del control reinician su operación nuevamente desde la primera instrucción, repitiendo todos los pasos efectuados durante el encendido general del equipo.
	START	Comando de filamentos ON	Enciende filamentos si la posición del breaker de filamentos lo permite y activa el conteo de interlock de filamentos.
	STOP	Comando de filamentos OFF	Apaga filamentos y por lo tanto también placa, dejando el transmisor en stand by listo para un nuevo proceso de inicio de operación.
	VPBR	Comando de reset para la condición de protección de alarma de VSWR	Cuando se presente una alarma de VSWR en cualquiera de los puntos de prueba, se encenderá el led común de alarma en espera del comando reset. Si no desaparece la condición que generó la alarma este comando es ignorado.
<b>PLANTA</b>	SIRENA	Comando de encendido/apagado de sirena audible	Este comando permite encender o apagar la sirena cuando se presente una alarma en la seguridad de la planta física (caseta) donde es instalado el transmisor de radiodifusión sonora FM.
	LUZ	Comando de encendido/apagado de luces	Este comando permite encender o apagar las luces de la planta física (caseta) donde es instalado el transmisor de radiodifusión sonora FM.

**Tabla 29. Descripción de Señales de Monitoreo de Alarmas**

<b>MONITOREO DE ALARMAS</b>			
<b>CATEGORIA</b>	<b>SEÑAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>APLICACIÓN</b>
SOBRECARGA	DOPA	Sobrecarga PLACA	Señaliza la ocurrencia de una sobrecarga en el voltaje de placa. (ON = Alarma)
	DOHV	Sobrecarga ALTO VOLTAJE	Señaliza la ocurrencia de una sobrecarga en el alto voltaje. (ON = Alarma)
	DOBI	Sobrecarga BIAS	Señaliza la ocurrencia de una sobrecarga en el voltaje de BIAS. (ON = Alarma)
PERIFÉRICOS	BLOW	Alarma de Ventiladores (Aire)	En estado ON indica que se presenta una falla en alguno de los ventiladores del transmisor. Basta una falla en cualquiera de los ventiladores para que se active la alarma. En estado OFF, indica que los ventiladores se encuentran operando normalmente.
	DOOR	Alarma de puertas ( <i>Doors</i> )	En estado ON indica que se encuentra abierta la(s) puerta(s) trasera(s) del transmisor. La ocurrencia de esta alarma causa que el control ignore y bloquee los comandos de encendido de placa para proteger el transmisor y el operario. Sin embargo, permite encender filamentos, para acciones de mantenimiento con la puerta abierta.
OPERACIÓN	FAIL	Señal de falla por sobrecarga permanente	En estado ON indica que ha ocurrido una situación de FAIL, es decir que se presentaron tres (3) sobrecargas en un intervalo menor de 30 segundos y que el control ha protegido el transmisor activando una situación de FAIL (falla permanente de sobrecarga). Para terminar esta situación basta con presionar el pulsador de reset, lo cual dará físicamente reset a los microcontroladores causando que se repitan las rutinas desde el comienzo.
	POWER	Señal de voltaje de alimentación de las tarjetas del control	En estado ON indica que las tarjetas del control están alimentadas correctamente (existe energía eléctrica), en estado OFF indica que no hay energía en los circuitos del control. Sirve de testigo para saber si hay energía en la planta física.
VSWR	VSWR	Señal común de alarma de VSWR	En estado ON indica que se presentó una alarma de VSWR en un punto de prueba de esta señal. Para eliminar la condición de alarma de VSWR, se debe ejecutar el comando VPBR.
SEGURIDAD	PLANTA	Señal de alarma en planta	En estado ON indica que se presentó una alarma por violación a la seguridad en la planta física donde se encuentra instalado el transmisor.

**Tabla 30. Descripción de Señales de Monitoreo de Operación del Transmisor**

<b>MONITOREO DE OPERACIÓN DEL TX</b>			
<b>CATEGORIA</b>	<b>SEÑAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>APLICACIÓN</b>
<b>INTERLOCK</b>	READY	Señalización de Ready	La señalización de Ready tiene significado en modo de operación manual, pues indica al operario que el sistema de control se encuentra listo para recibir el siguiente comando de operación.
	DILK	Señalización de Interlock de filamentos	Indicador ON/OFF del temporizador de filamentos. En estado ON su significado depende del estado del indicador Ready. De esta forma el interlock de filamentos está en ON y Ready está ON, indica que el control está listo para ejecutar un comando de encendido de filamentos. Si Ready está OFF y el interlock de filamentos está ON, indica que el control encendió filamentos y está temporizando interlock de filamentos. En estado OFF, significa en cualquier caso, que terminó la temporización de interlock de filamentos.
<b>ESTADO DEL TX</b>	FIL	Testigo de filamentos	Se encuentra en estado ON cuando filamentos se encuentra ON.
	PA	Testigo de placa	Se encuentra en estado ON cuando placa se encuentra ON.
	DAUT	Indicador de modo de operación	Se encuentra en estado ON cuando el control se encuentra en modo semiautomático o automático.

#### **5.4. DISEÑO DETALLADO**

En este diseño se describe el STTRU en forma detallada, indicando las funciones y modelamiento de cada uno de los bloques que constituyen el sistema. Se mencionan también las herramientas hardware y software que se utilizan para alcanzar los objetivos de cada bloque funcional y los elementos necesarios para construir el sistema. Además, se describen las principales características físicas y técnicas de los componentes que conforman el STTRU.

## 5.4.1. DISEÑO DE LA APLICACIÓN

### Descripción General

La aplicación SW permite que el usuario pueda observar los datos de monitoreo, y ejecutar comandos de control del Transmisor FM. La aplicación está hecha en Java, utiliza el puerto serial del computador para la comunicación con la estación remota. En la figura 43 se observa la interfaz gráfica de este prototipo.

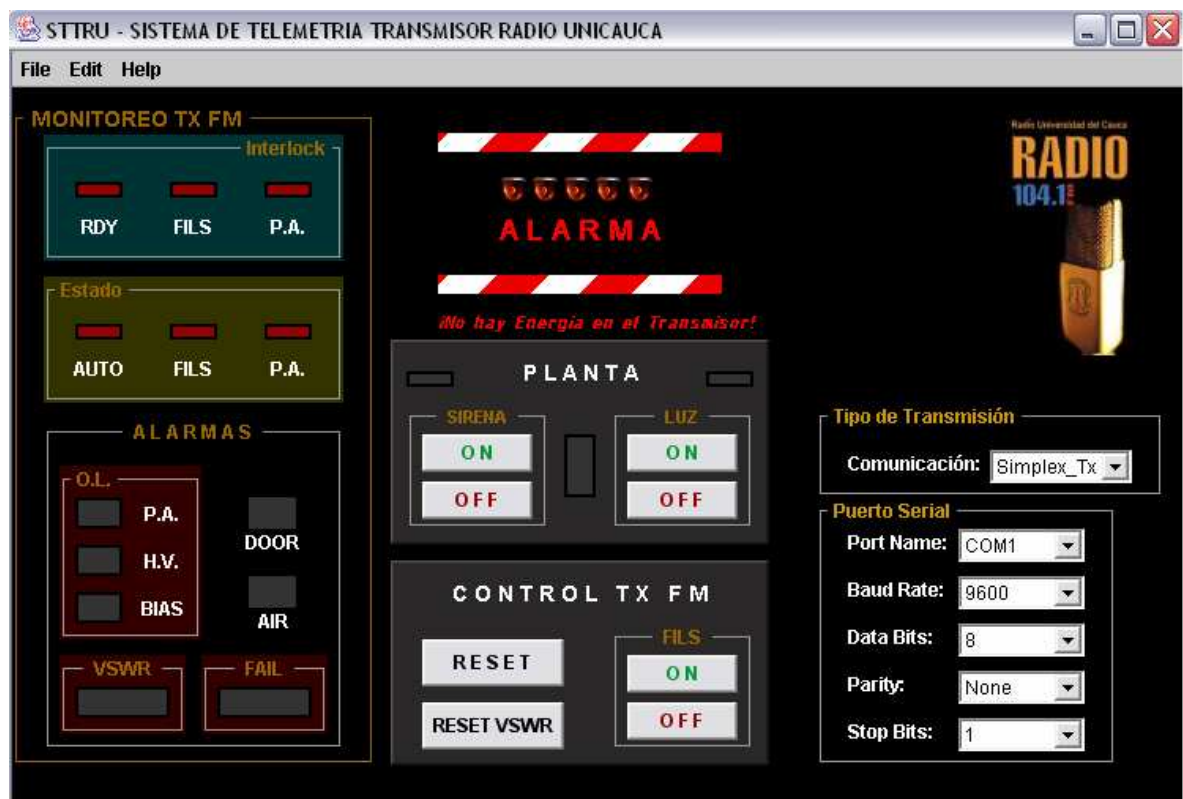


Figura 43. Interfaz Gráfica STTRU

### → Descripción de la Interfaz

#### • Panel Monitoreo TX FM

Este panel consta de tres paneles internos: Interlock, Estado y Alarmas. En la Tabla 31 se describe cada componente de este panel.

**Tabla 31. Descripción Panel Monitoreo TX**

<b>PANEL</b>	<b>COMPONENTE</b>	<b>ESTADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Interlock	Rdy	ON Verde OFF Rojo	Señalización de Ready
	Fils	ON Verde OFF Rojo	Señalización de Interlock Filamentos
	P.A.	ON Verde OFF Rojo	Señalización de Interlock de Placa
Estado	AUTO	ON Verde OFF Rojo	Señalización de Estado del Transmisor Automático o Manual
	Fils	ON Verde OFF Rojo	Filamentos ON / OFF
	P.A.	ON Verde OFF Rojo	Placa ON / OFF
Alarmas	O.L. P.A.	ON Verde OFF Gris	Sobrecarga de Placa
	O.L. H.V.	ON Verde OFF Gris	Sobrecarga de alto voltaje
	O.L. BIAS	ON Verde OFF Gris	Sobrecarga de BIAS
	BLOW	ON Verde OFF Gris	Alarma en Ventiladores
	DOOR	ON Verde OFF Gris	Alarma en Puertas
	VSWR	ON Verde OFF Gris	Alarma de VSWR
	FAIL	ON Verde OFF Gris	Alarma general de Sobrecargas

- **Panel PLANTA**

Este panel consta de cuatro botones, con los cuales se controla el encendido/apagado de una sirena o una luz en el sitio de ubicación del Transmisor.

- **Panel CONTROL TX FM**

Consta de cuatro botones para el control del Transmisor FM:

RESET – Ejecuta un reset general en el sistema de control propio del Transmisor

Reset VSWR – Ejecuta un reset en el control de VSWR del Transmisor

Fils ON – Prende filamentos del Transmisor

Fils OFF – Apaga filamentos del Transmisor

- **Panel Transmisión**

Sirva para seleccionar el tipo de comunicación de la aplicación STTRU con el control STTRU Remoto. Esta puede ser SIMPLEX o HALF DUPLEX.

- **Panel Puerto Serial**

Sirve para configurar el Puerto serial del Computador donde esta instalada la aplicación.

## ➔ **PROTOCOLO DE COMUNICACIONES DE LA APLICACIÓN**

- **Protocolo RS232**

Tanto el PC como el microprocesador trabajan con el estándar de comunicaciones RS-232, el cual puede transmitir los datos en grupos de 5, 6, 7 u 8 bits, a unas velocidades determinadas (normalmente, 9600 bits por segundo o más). Después de la transmisión de los datos, le sigue un bit opcional de paridad (indica si el numero de bits transmitidos es par o impar, para detectar fallos), y después 1 o 2 bits de Stop. Normalmente, el protocolo utilizado es 8N1 (que significa, 8 bits de datos, sin paridad y con 1 bit de Stop). Una vez que ha comenzado la transmisión de un dato, los bits tienen que llegar uno detrás de otro a una velocidad constante y en determinados instantes de tiempo. Por eso se dice que el RS-232 es asíncrono por carácter y síncrono por bit. Los dos terminales tienen que usar el mismo protocolo serie para comunicarse entre si. Puesto que el estándar RS-232 no permite indicar en que modo se esta trabajando, es el usuario quien tiene que decidirlo y configurar ambas partes. Los parámetros que hay que configurar son: protocolo serie (8N1), velocidad del puerto serie, y protocolo de control de flujo. Este ultimo puede ser por hardware (el *handshaking* RTS/CTS) o bien por software (XON/XOFF). La velocidad del puerto serie no tiene por que ser la misma que la de transmisión de los datos, de hecho debe ser superior. Por ejemplo, para

transmisiones de 1200 baudios es recomendable usar 9600, y para 9600 baudios se pueden usar 38400 (o 19200).

- **Datos del Sistema**

**ESTADOS DEL TRANSMISOR:** Comandos de 8 bits utilizados para saber en que estado se encuentra el Transmisor de Radiodifusión, que una vez monitoreado se clasifica en una de las siguientes categorías. Después de que la STTRU conoce esta información, la envía al PC.

NORMAL	10000000	/ Funcionamiento adecuado
APAGADO	10000001	/ Se encuentra apagado
A_FAIL	10000010	/ Estado de falla, debido a continuas sobrecargas
A_VSWR	10000011	/ Estado de falla, debido a constante VSWR
REPORTE	10000100	/ Se tiene almacenada en la memoria, información de mal funcionamiento del Transmisor, que no pudo ser enviada antes, debido a problemas en la transmisión de los datos
NO_ENERGIA	10000101	/ Estado de apagado, debido a falta de fluido eléctrico.
A_BLOW	10000110	/ Fallas en el ventilador del Transmisor
A_DOOR	10000111	/ La puerta del Transmisor se encuentra abierta

**ESTADO PLANTA:** Comandos de 8 bits utilizados para identificar posibles alarmas externas al Transmisor que pueden influir en su funcionamiento. Una vez conocidas por la STTRU, las envía al PC.

NORMAL_P	10010000	/ No hay alarmas externas
A_PLANTA	10010001	/ Hay alarmas externas

**SEÑALIZACION:** Comandos de 8 bits que forman parte del protocolo de comunicación, creado para realizar el intercambio de información entre la STTRU y el PC.

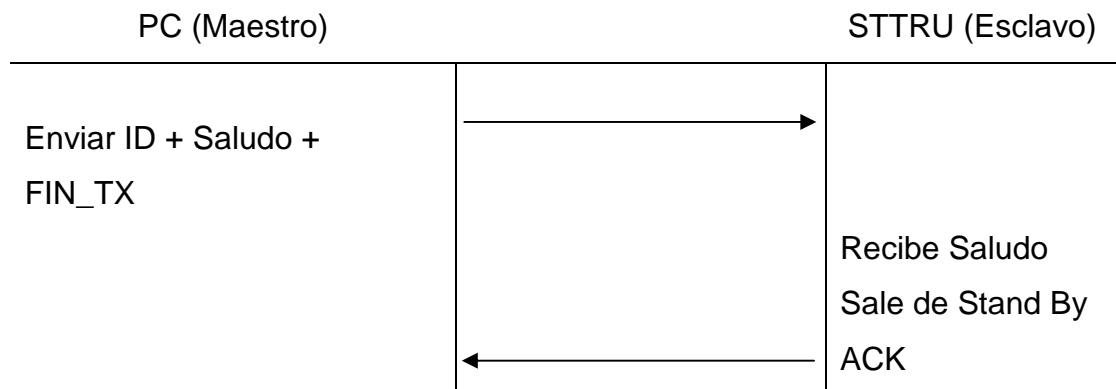
ACK	10100000	/ Reconocimiento Positivo
NACK	10100001	/ Reconocimiento Negativo
EOT	10100010	/ Fin de Trama
SALUDO	10100011	/ Usado para saber realizar un sondeo de la comunicación
RTS	10100100	/ Requerimiento de envío

CTS	10100101	/ Permiso para enviar
RTR	10100110	/ Requerimiento de Lectura
REST	10100111	/ Requerimiento de Estado
DORMIR	10101000	/ Orden de ir al estado de Stand_by correspondiente
BYE	10101001	/ Orden de apagarse
FIN_TX	10101010	/ Fin de transmisión

**DIRECCIONES:** Comandos de 8 bits que forman parte del protocolo de comunicación, para la seguridad en el intercambio de información entre la STTRU y el PC, y así evitar intrusos en el sistema.

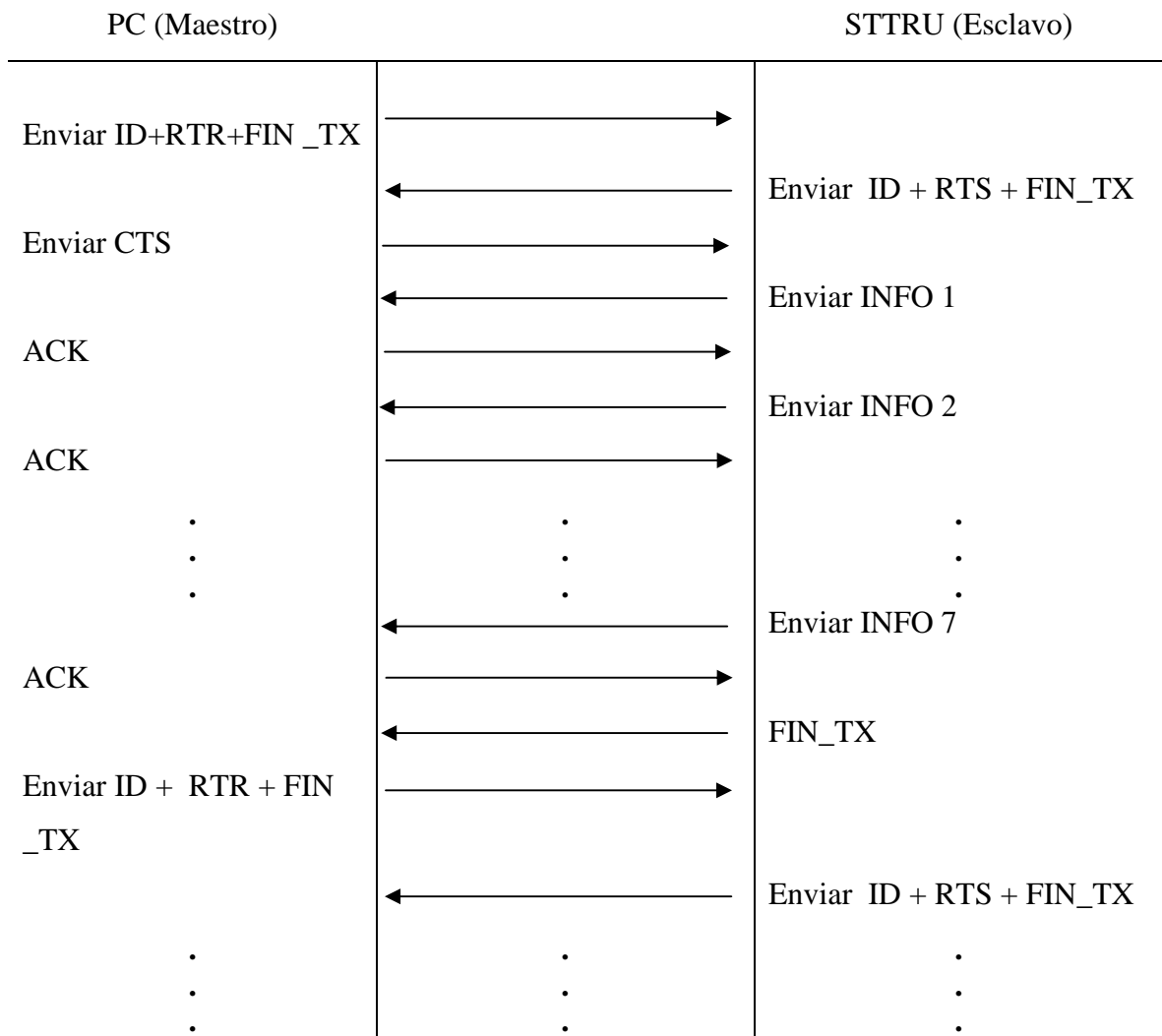
IDGLOBAL	11100000	/ Identificación para referirse a todos las posibles STTRUs que formen parte del sistema (para realizar BroadCast)
IDMAESTRO	11100001	/ Identificación única del PC Maestro
IDREMOTA	11101000	/ Identificación única del STTRU

**→ DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROTOCOLO DE TRANSMISIÓN CONFIGURACIÓN HALF DUPLEX**

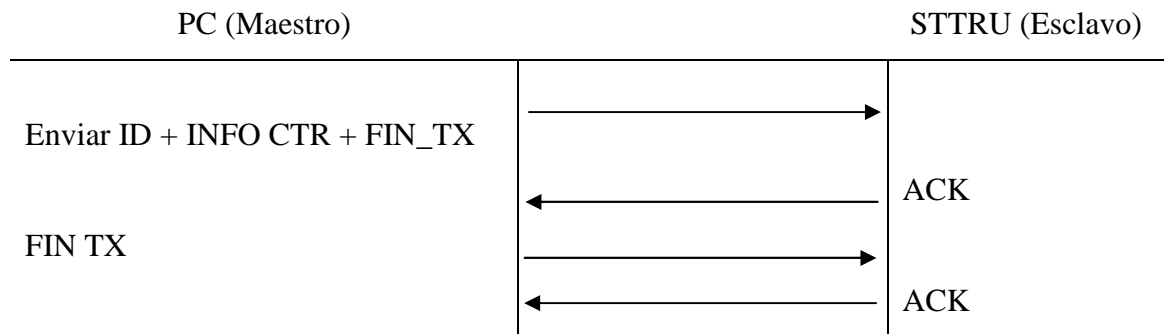


**Figura 44. Sondeo**



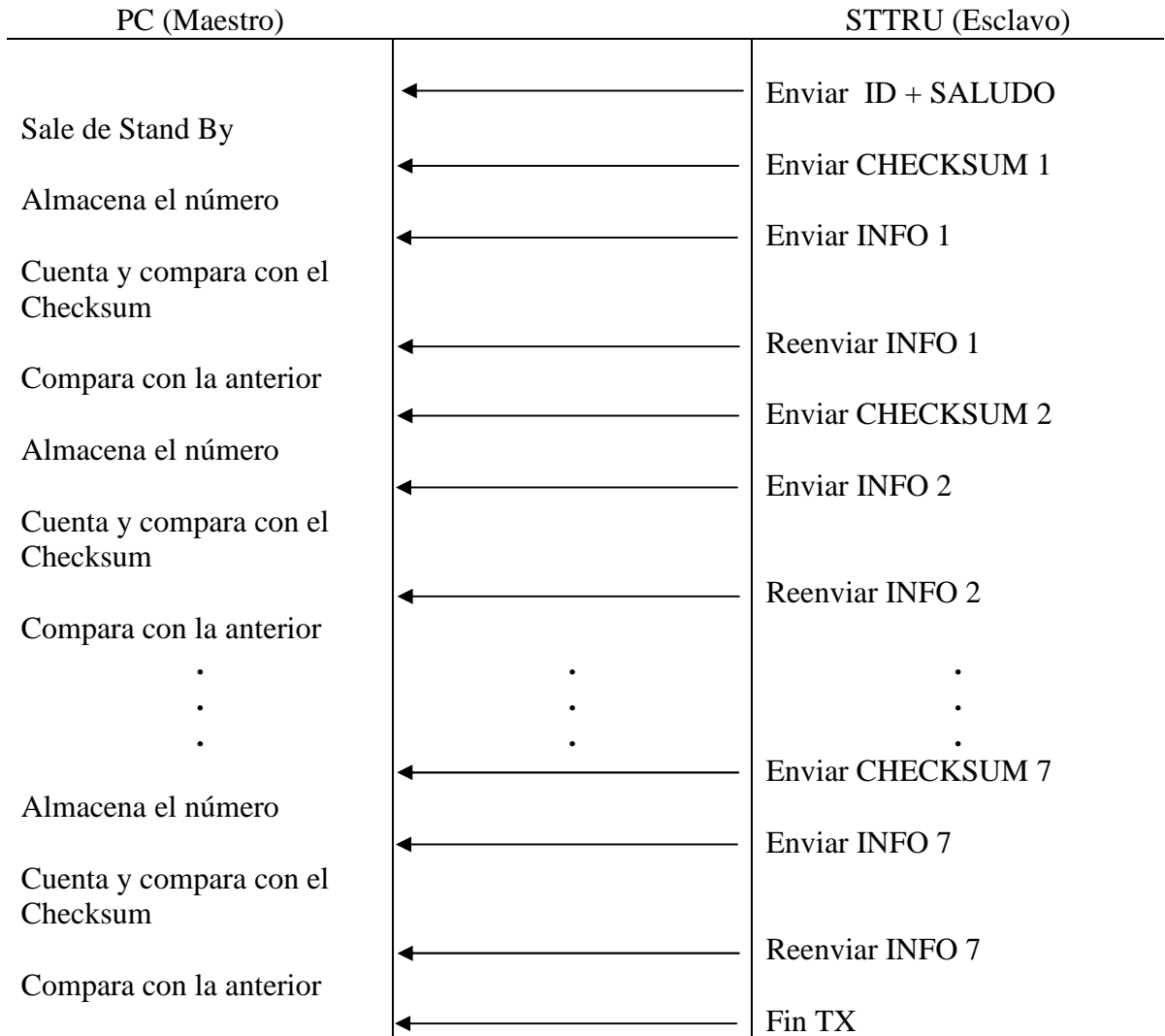


**Figura 45. Monitoreo**



**Figura 46. Control**

**→ DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROTOCOLO DE TRANSMISIÓN  
CONFIGURACIÓN SIMPLEX (Solo Transmisión)**



**Figura 47. Monitoreo Simplex**

## 5.4.2. DISEÑO RADIO ENLACE

### → Descripción General

Es un enlace de RF para uso en transmisión y recepción de la información de monitoreo y control. Esta diseñado para operar en los modos Half Duplex y Simplex de acuerdo a la configuración de dos (2) pines implementados en la tarjeta de control del sistema. En el modo de operación Half Duplex, es necesario tener un transmisor y un receptor por cada terminal del enlace, es decir, según la figura 32, Componentes del STTRU, el Terminal A del enlace correspondería al Estudio de la Emisora (Sede Tulcán - Popayán) y el Terminal B del enlace correspondería a la estación Transmisora (lugar donde se encuentre instalado el transmisor de radiodifusión sonora FM). En el modo de operación Simplex, es necesario tener un solo transmisor o un receptor por cada Terminal del enlace.

### → Diagrama en Bloques del Radio Enlace

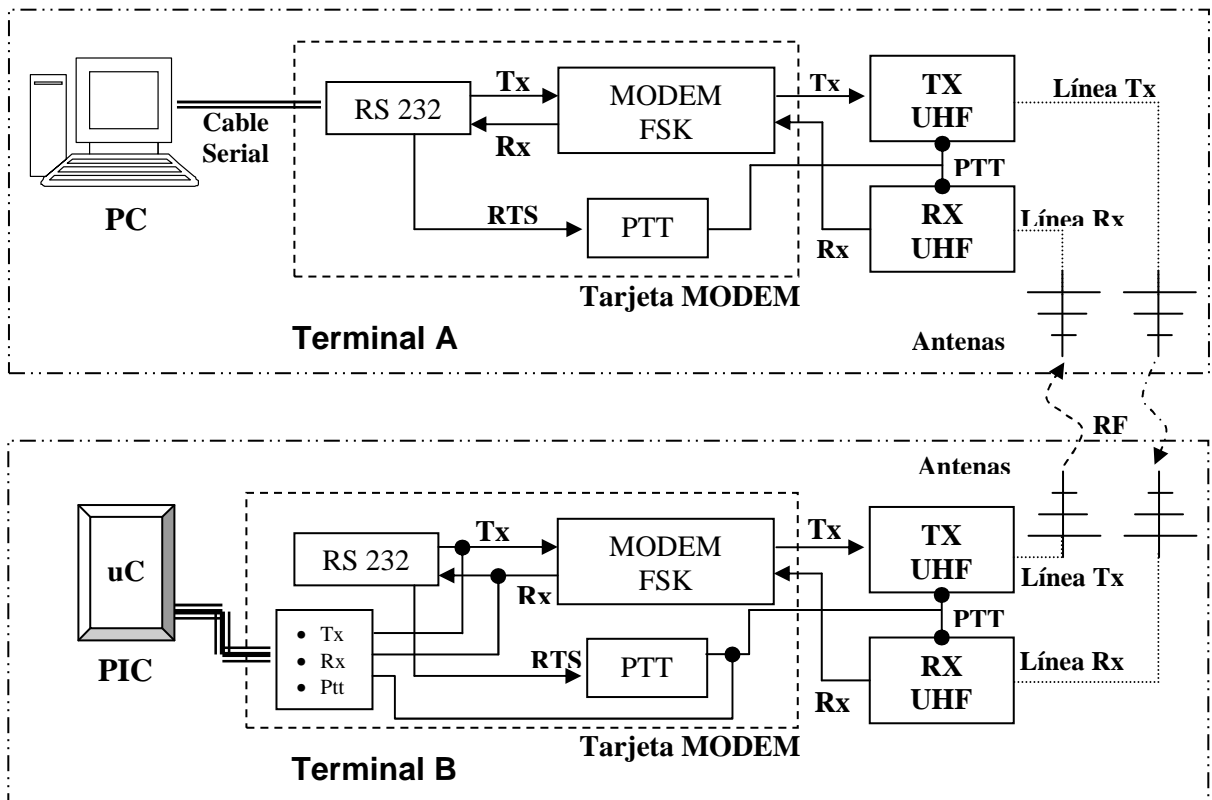


Figura 48. Diagrama en Bloques del Radio Enlace

## → Diseño Detallado Tarjeta MODEM FSK

### Funciones y Características:

- Convierte las señales provenientes del PC a través del puerto serie a señales TTL por medio de la interfaz RS232. Modula esta señal TTL a señales FSK para así poder ser transmitida por el radio TX UHF.
- Demodula las señal FSK provenientes del radio RX UHF y la convierte a señal TTL, esta señal TTL puede ser llevada directamente al PIC o a la interfaz RS232 la cual la convierte en una señal digitales con las que trabaja el puerto serie del PC.
- Permite controlar el PTT (*Push To Talk*) de los radios de UHF.
- Tiene un puerto de comunicación serial RS232. A este puerto va conectado el PC. Tiene un conector tipo (*PIN Header*) de cuatro pines utilizado para conectar el PIC. Tiene un conector de 10 pines para cable ribbon, el cual es utilizado para conectar los radios de UHF.

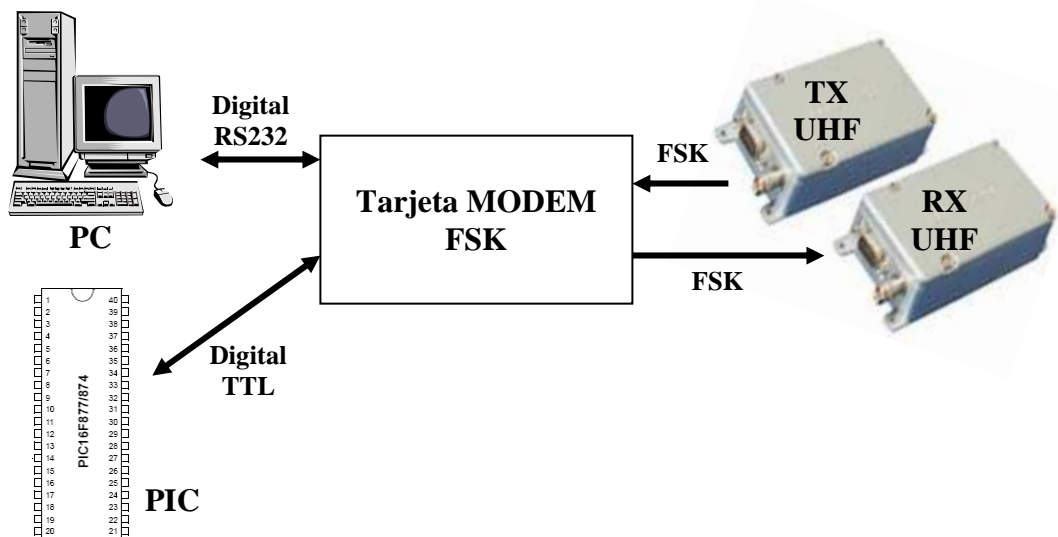


Figura 49. Elementos que pueden ser conectados al MODEM FSK

## Componentes de la Tarjeta:

- **Interfaz RS232**

El circuito integrado MAX232, convierte las señales digitales con las que trabaja el puerto serie del computador, de +12V (0 lógico) y -12V (1 lógico), para la entrada y salida de datos, y a la inversa en las señales de control a señales digitales TTL, +5V (1 lógico) y 0V (0 lógico). El estado de reposo en la entrada y salida de datos del PC es -12V.

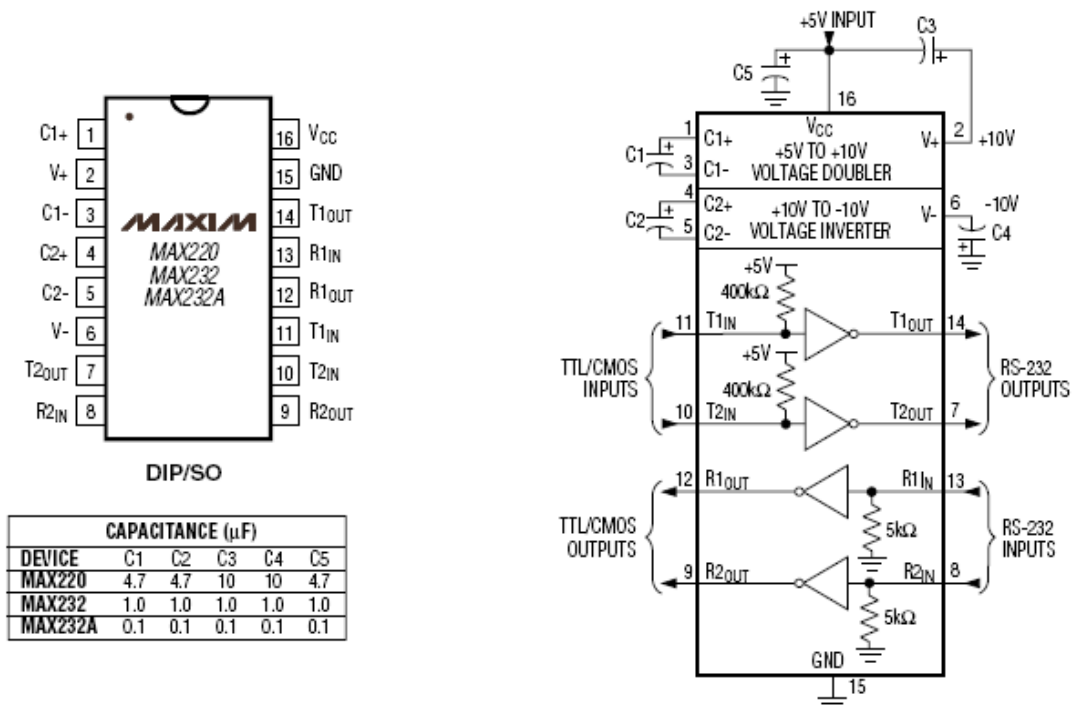


Figura 50. Multicanal RS-232 Driver/Receiver: Pin Configuration [17]

- **Modulador FSK**

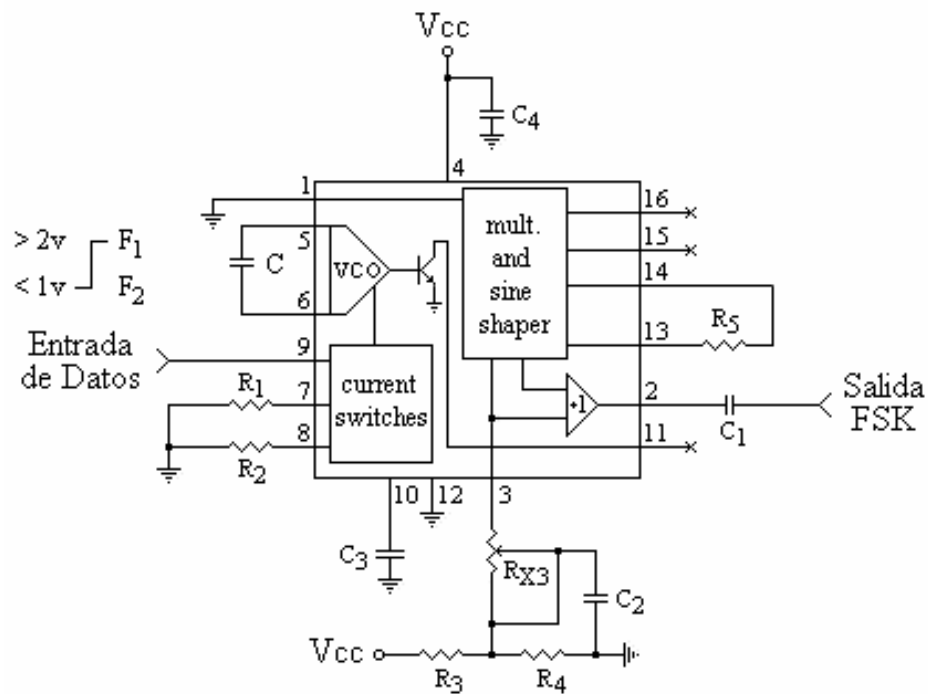
Se encarga de modular las señales que van a ser transmitidas, la técnica empleada es la modulación FSK. Para implementar el modulador FSK se ha utilizado el circuito integrado XR-2206 de la marca EXAR, el cual también es utilizado en otras aplicaciones para generar señales sinusoidales, cuadradas o triangulares de alta calidad, de la que se puede especificar la amplitud y la frecuencia de la misma. Esto último se modifica mediante dos potenciómetros que

facilitan el ajuste de la señal. El C.I. soporta frecuencias desde 0,01Hz hasta 1MHz, por lo tanto esta dentro de la frecuencia de trabajo, que serán 2.025Hz para la frecuencia de marca y 2.225Hz para la frecuencia de espacio.

El esquema interno del circuito integrado XR-2206 se muestra en la figura 51, donde la amplitud de la señal de salida viene dada por el potenciómetro  $R_{X3}$  conectado al pin 3, y las dos frecuencias de oscilación se deben a las resistencias  $R_1$  y  $R_2$  conectadas a los pines 7 y 8 respectivamente, y del condensador  $C$  conectado entre los pines 7 y 8.

Las frecuencias vienen dadas por:

$$f_1 = \frac{1}{R_1 \cdot C} = \text{frecuencia de marca} \quad \text{y} \quad f_2 = \frac{1}{R_2 \cdot C} = \text{frecuencia de espacio}$$



**Figura 51. Esquema Interno del XR-2206 [18]**

### Cálculos y Consideraciones de Diseño:

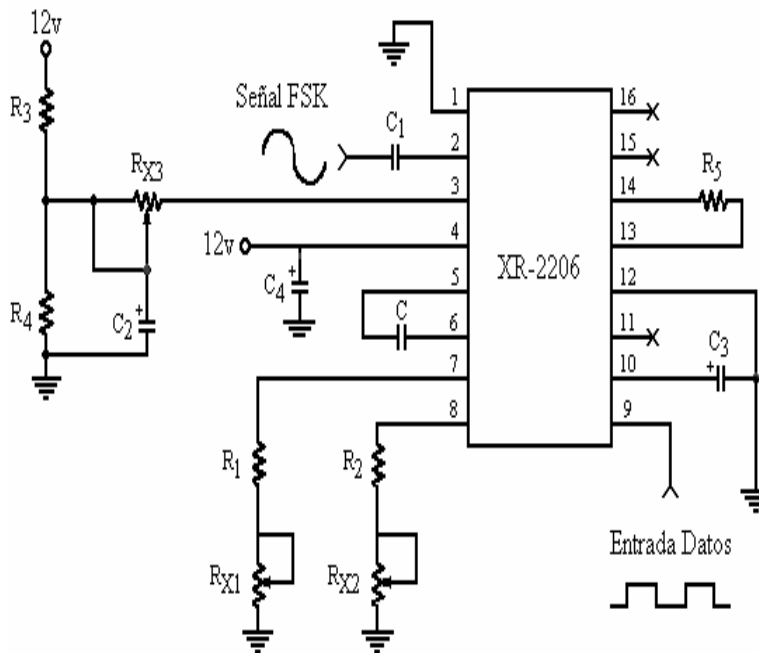
Para el cálculo de las frecuencias de marca y espacio se ha fijado el valor del condensador  $C = 22\text{nf}$  y posteriormente se ha calculado el valor de las resistencias  $R_1$  y  $R_2$  mencionadas anteriormente.

$$f_1 = \frac{1}{R_1 \cdot C} = f_{\text{marca}} = 2.025\text{Hz} \quad \text{Entonces} \quad R_1 = \frac{1}{f_1 \cdot C} = 22,446\text{K}\Omega$$

$$f_2 = \frac{1}{R_2 \cdot C} = f_{\text{espacio}} = 2.225\text{Hz} \quad \text{Entonces} \quad R_2 = \frac{1}{f_2 \cdot C} = 20,429\text{K}\Omega$$

En la práctica los valores de las resistencias  $R_1$  y  $R_2$ , obtenidos en los cálculos realizados no son comerciales, por lo tanto se pueden colocar dos potenciómetros, lo cual permite hacer el ajuste necesario para obtener las frecuencias de marca y espacio.

### Diagrama Circuital:



Referencia	Valor
Integrado	XR-2206
C	22nf
C <sub>1</sub>	0,1µf
C <sub>2</sub>	10µf
C <sub>3</sub>	1µf
C <sub>4</sub>	1µf
R <sub>1</sub>	13KΩ
R <sub>2</sub>	12KΩ
R <sub>3</sub>	5,1KΩ
R <sub>4</sub>	5,1KΩ
R <sub>5</sub>	220Ω
R <sub>X1</sub>	10KΩ
R <sub>X2</sub>	10KΩ
R <sub>X3</sub>	50KΩ

Figura 52. Diagrama Circuital Modulador FSK

- **Demodulador FSK**

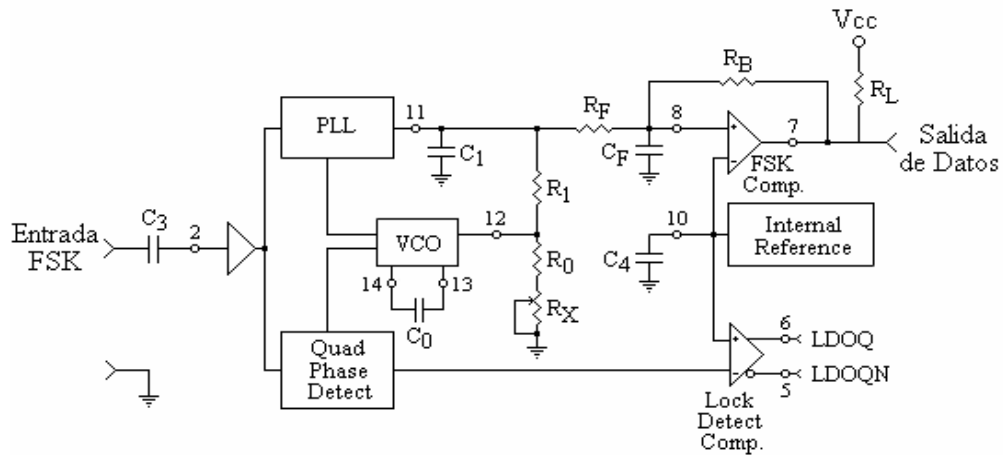
Realiza el proceso inverso del modulador, por lo cual se encarga de demodular las señales recibidas a través del medio de transmisión. Para implementar el demodulador se ha utilizado el circuito integrado XR-2211 de la marca EXAR. Se trata de un sistema basado en un PLL (Phase Locked Loop) diseñado para comunicaciones en módems. Este integrado dispone de un ancho de banda elevado (0,01kHz - 300kHz) así como de un rango de alimentación adecuado para la aplicación (4,5 - 20V) que permitirá trabajar con niveles TTL.

El esquema interno del circuito integrado XR-2211 se muestra en la figura 53, donde se puede observar que esta conformado por un pre-amplificador de entrada, un multiplicador analógico utilizado como detector de fase y un oscilador controlado por voltaje (VCO - Voltage Controlled Oscillator).

El pre-amplificador pin 2 se utiliza como limitador tal que las señales de entrada se amplifican a un nivel de señal constante. El multiplicador actúa como una compuerta OR Exclusiva (X-OR). Su salida produce la suma y diferencia de frecuencias de la entrada y la salida del VCO. Estas frecuencias son  $f_{IN} + f_{VCO}$  (2 veces  $f_{IN}$ ) y  $f_{IN} - f_{VCO}$  (0Hz). Agregando un condensador a la salida del detector de fase, la componente de 2 veces  $f_{IN}$  se reduce, dejando un voltaje DC que representa la diferencia de fase entre las dos frecuencias. Esto cierra el lazo y permite al VCO rastrear la frecuencia de entrada.

El comparador FSK se utiliza para determinar si la frecuencia del VCO se encuentra por encima o por debajo de la frecuencia central. Esto genera dos estados de salida activas alto y bajo, lo cual sirve para determinar cuando el PLL se encuentra enganchado.





**Figura 53. Esquema Interno del XR-2211 [19]**

### **Cálculos y Consideraciones de Diseño:**

Haciendo referencia a la figura 53, las funciones de los componentes externos son las siguientes:  $R_0$  y  $C_0$  se encargan de fijar la frecuencia central del PLL,  $R_1$  fija el ancho de banda del sistema,  $C_1$  fija la constante de tiempo del filtro del lazo y el factor de ruido del lazo.  $C_F$  y  $R_F$  forman un filtro de post-detección para la salida de datos FSK. La resistencia  $R_B$  introduce la realimentación positiva del comparador FSK para facilitar una transición rápida entre los estados lógicos de la señal de salida. Para adaptar el integrado al diseño, el fabricante proporciona una serie de ecuaciones muy útiles. A continuación se describe el proceso:

Calculo de la frecuencia central ( $f_0$ ) del PLL:

$$f_0 = \sqrt{f_1 \cdot f_2}, \text{ donde } f_1 = 2025\text{Hz y } f_2 = 2225\text{Hz} \Rightarrow f_0 = 2122.64\text{Hz}$$

Calculo de  $R_0$ :

Si se selecciona  $C_0 = 22\text{nf}$  se tiene que:

$$f_0 = \frac{1}{R_0 \cdot C_0} \Rightarrow R_0 = \frac{1}{C_0 \cdot f_0} \quad R_0 = 21,41\text{K}\Omega$$

El fabricante recomienda que su valor este entre  $10K\Omega$  y  $100K\Omega$  para mayor estabilidad. El valor normal de  $R_0$  se ajusta finalmente colocando un potenciómetro  $R_x$  en serie con  $R_0'$ . Por lo tanto en la práctica se tienen los siguientes valores:

$$R_0' = 18K\Omega \text{ y } R_x = 5K\Omega$$

Calculo de  $R_1$ :

Se selecciona  $C_1 = 0,22nf$

$$R_1 = \frac{1250 \cdot C_0}{C_1 \cdot \zeta^2}, \text{ donde } \zeta = 0.5, \text{ valor recomendado por el fabricante}$$

$$R_1 = 500K\Omega$$

Calculo de  $R_f$ : Este valor debe ser al menos cinco veces el valor de  $R_1$ .

$$R_f = 2,5M\Omega$$

Calculo de  $R_B$ : Este valor debe ser al menos cinco veces el valor de  $R_f$ .

$$R_B = 12,5M\Omega$$

Calculo de  $R_{SUM}$ :

$$R_{SUM} = \frac{(R_f + R_1) \cdot R_B}{(R_f + R_1 + R_B)}$$

$$R_{SUM} = 2,41M\Omega$$

Calculo de  $C_F$ :

$$C_F = \frac{0.25}{R_{SUM} \cdot BaudRate}, \text{ donde } BaudRate = 300$$

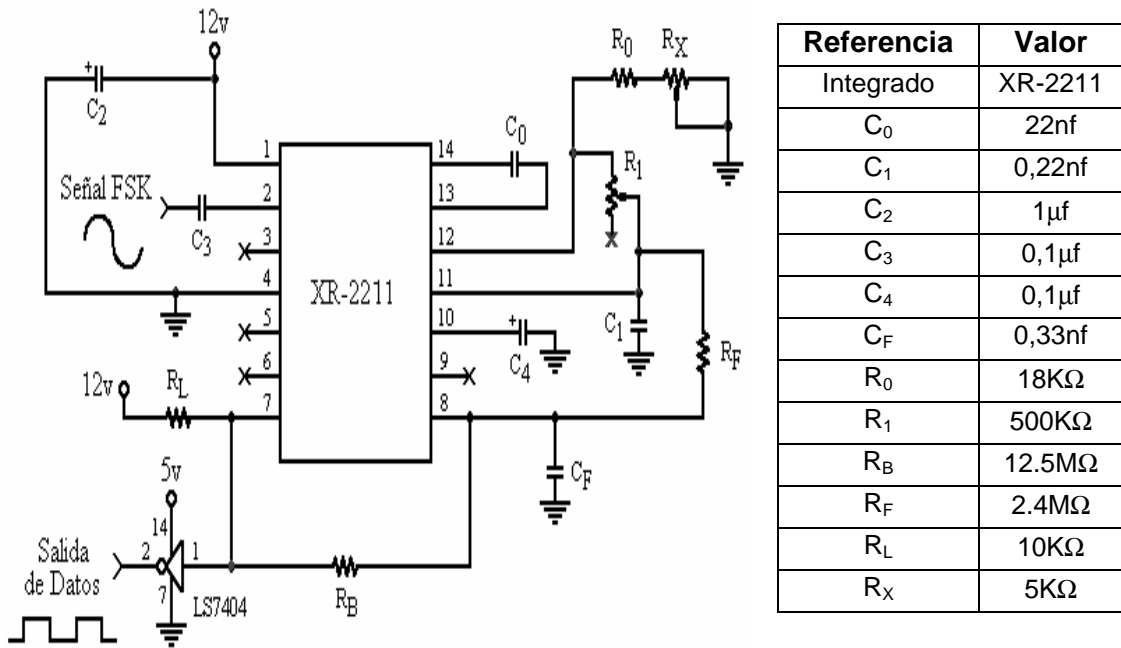
$$C_F = 0,34nf$$

Como se mencionó, se colocaron potenciómetros para los valores de  $R_1$  y  $R_0$ .

Variando  $R_1$  se esta fijando el ancho de banda y variando  $R_0$  la frecuencia central.

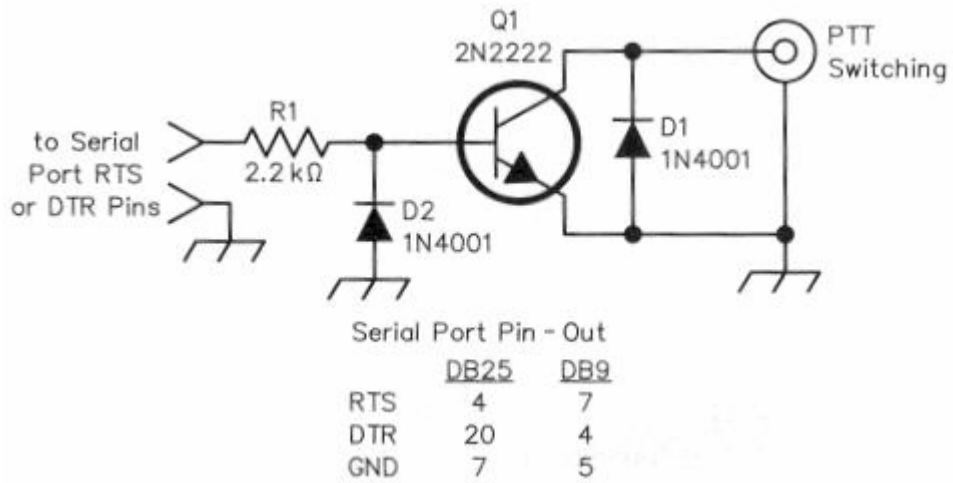
Para los elementos restantes siempre se selecciona el valor comercial más aproximado al calculado teórico.

**Diagrama Circuitual:**



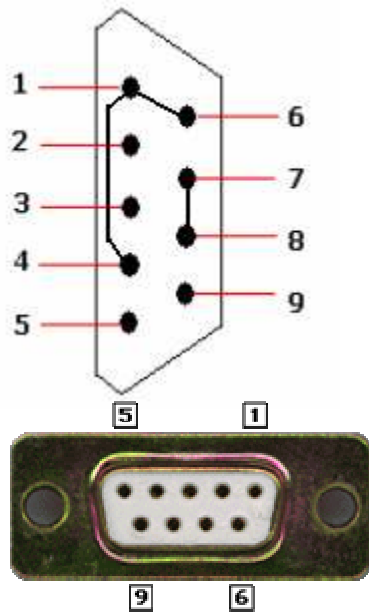
**Figura 54. Diagrama Circuitual Demodulador FSK**

• **Circuito de switching de PTT (Push to Talk)**



**Figura 55. Circuito PTT Switching [20]**

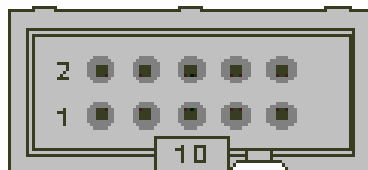
- **Conector DB9 Hembra**



Pin No.	Nombre	Descripción
1	DCD	Data Carrier Detect
2	RD	Receive Data
3	TD	Transmit Data
4	DTR	Data Terminal Ready
5	SGND	Ground
6	DSR	Data Set Ready
7	RTS	Request To Send
8	CTS	Clear To Send
9	RI	Ring Indicator

**Figura 56. Configuración Conector DB9 Hembra**

- **Conector para Cable Ribbon de 10 pines Macho**



Pin No.	Función
1	TX Wideband Data In
2	RX Wideband Data Out
3	Reservado
4	Reservado
5	Fuente de Voltaje Entrada ( + )
6	TX Key (PTT) In
7	Carrier Detect Out
8	TX Data In
9	Ground ( - )
10	Rx Data Out

**Figura 57. Configuración Conector para los Radios TX y RX de UHF**

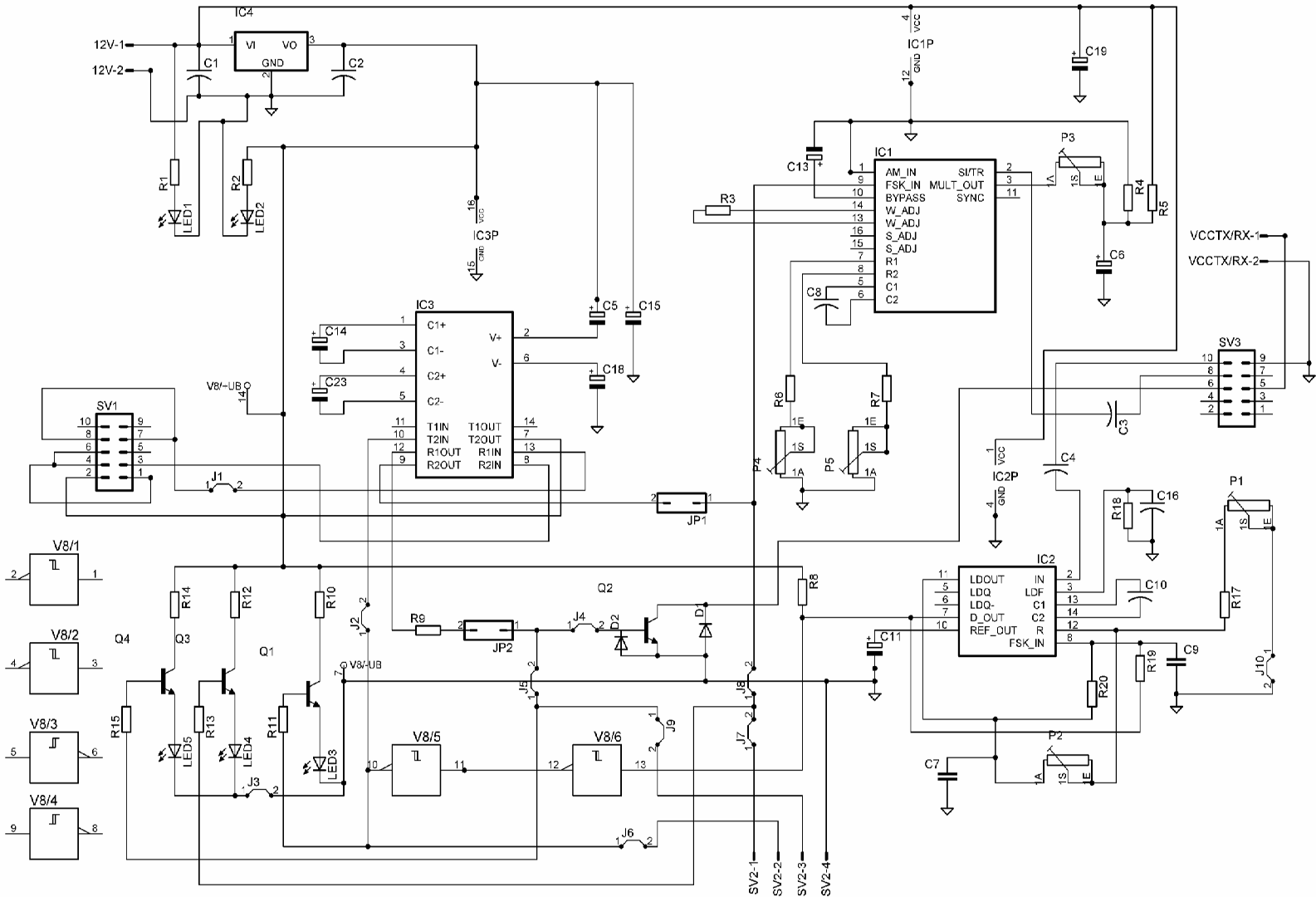


Figura 58. Circuito Total Tarjeta MODEM FSK

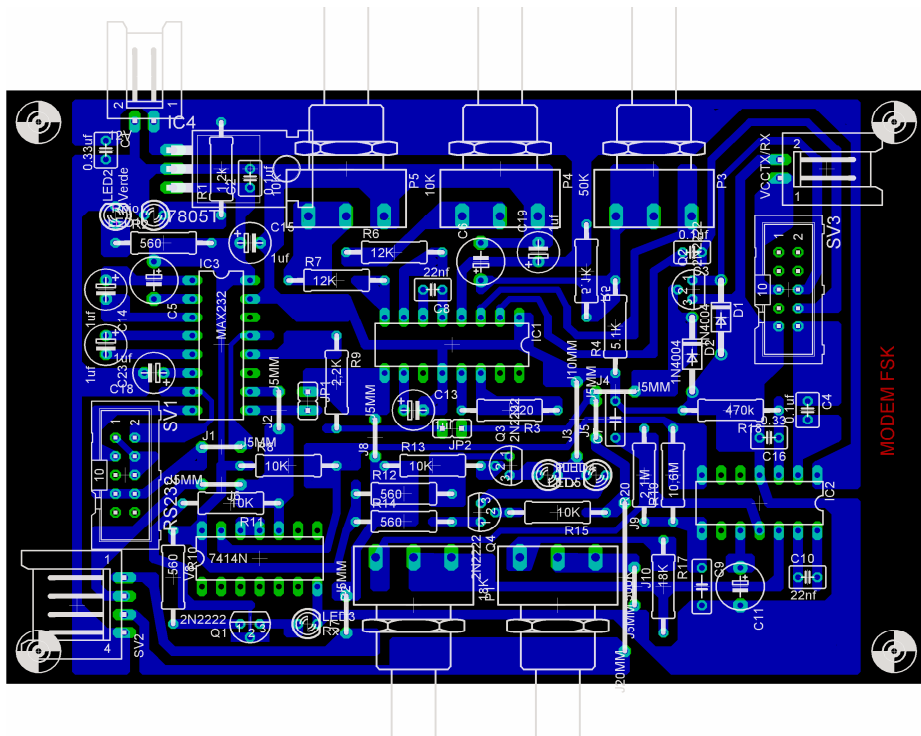


Figura 59. Vista de Componentes Tarjeta MODEM FSK

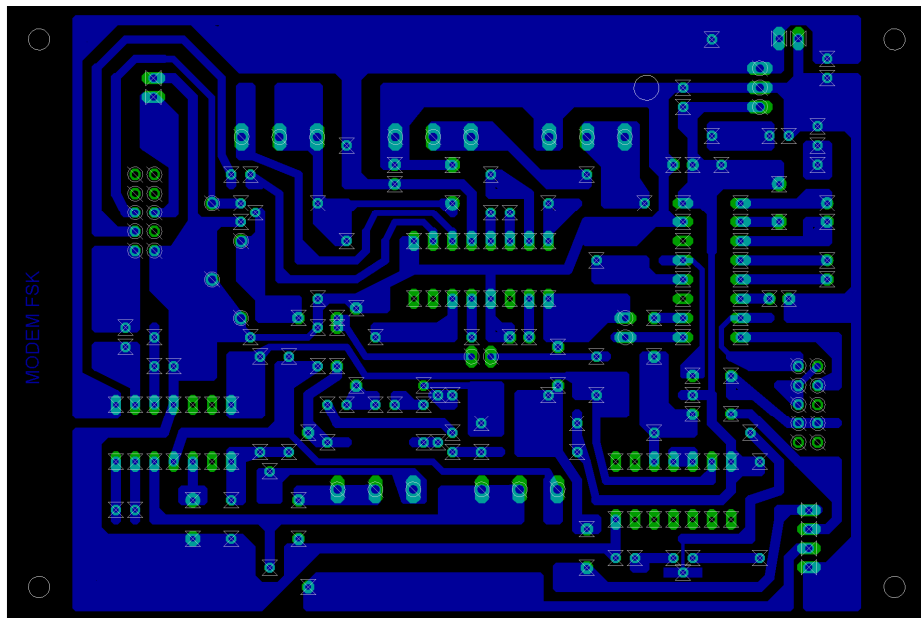


Figura 60. Vista de Impreso Tarjeta MODEM FSK

- Lista de Elementos Tarjeta MODEM FSK

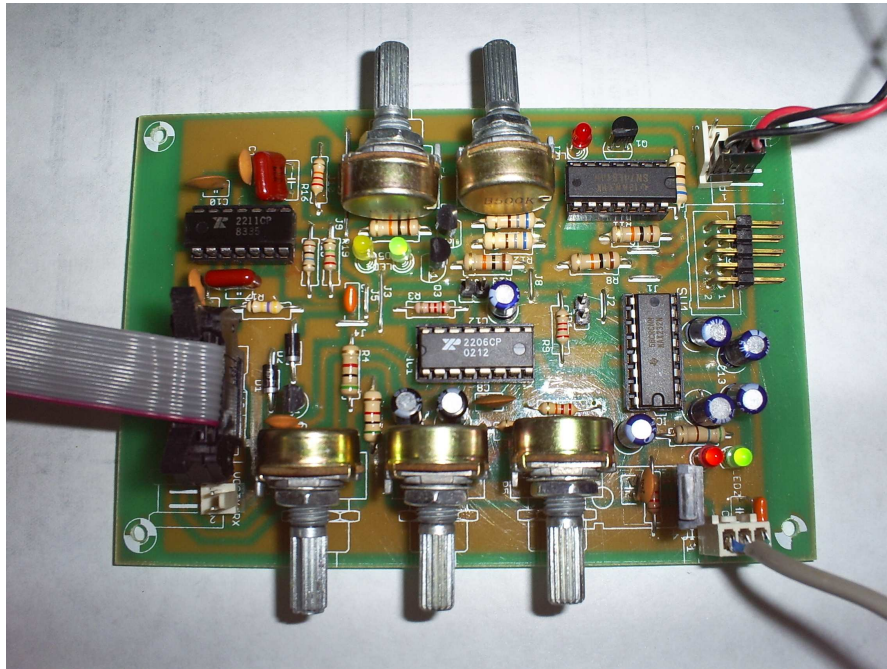
**Tabla 32. Lista de Elementos Tarjeta MODEM FSK – Parte 1**

No.	ELEMENTO	VALOR	PAQUETE	LIBRERIA	ORIENTACION
1	C1	0.33uf	C025-030X050	rcl	R270
2	C2	0.1uf	C025-030X050	rcl	R90
3	C3	0.1uf	C025-030X050	rcl	R180
4	C4	0.1uf	C025-030X050	rcl	R270
5	C5	0.1uf	E5-6	rcl	R270
6	C6	10uf	E5-6	rcl	R90
7	C7	0.22nf	C050-025X075	rcl	R90
8	C8	22nf	C025-030X050	rcl	R180
9	C9	0.1uf	E5-6	rcl	R270
10	C10	22nf	C025-030X050	rcl	R0
11	C11	0.1uf	E5-6	rcl	R270
12	C12	1uf	E2,5-6	rcl	R0
13	C13	1uf	E2,5-6	rcl	R270
14	C14	1uf	E2,5-6	rcl	R270
15	C15	1uf	E2,5-6	rcl	R0
16	C16	1uf	E2,5-6	rcl	R180
17	C17	0.33uf	C025-030X050	rcl	R180
18	C18	1uf	E2,5-6	rcl	R90
19	D1	1N4004	D041-10	diode	R270
20	D2	1N4004	D041-10	diode	R270
21	IC1	XR-2206	DIL16	exar	R180
22	IC2	XR-2211	DIL14	exar	R180
23	IC3	MAX232	DIL16	maxim	R270
24	IC4	7805T	TO220H	linear	R270
25	IC5 (V8)	7414N	DIL14	74-ttl din	R0
26	J1	J5MM	05	jumper	R0
27	J2	J5MM	05	jumper	R90
28	J3	J10MM	10	jumper	R90
29	J4	J5MM	05	jumper	R0
30	J5	J5MM	05	jumper	R90
31	J6	J5MM	05	jumper	R180
32	J7	J5MM	05	jumper	R90
33	J8	J5MM	05	jumper	R90
34	J9	J20MM	20	jumper	R270
35	J10	J5MM	05	jumper	R270
36	JP1		JP1	jumper	R180
37	JP2		JP1	jumper	R90
38	LED1	Rojo (+12V)	LED3MM	led	R180
39	LED2	Verde (+5V)	LED3MM	led	R90
40	LED3	Rx	LED3MM	led	R0
41	LED4	Tx	LED3MM	led	R0
42	LED5	PTT	LED3MM	led	R180

**Tabla 33. Lista de Elementos Tarjeta MODEM FSK – Parte 2**

No.	ELEMENTO	VALOR	PAQUETE	LIBRERIA	ORIENTACION
43	P1	10K	-	Potentiometer	R0
44	P2	500K	-	Potentiometer	R0
45	P3	50K	-	Potentiometer	R180
46	P4	10K	-	Potentiometer	R180
47	P4	10K	-	Potentiometer	R180
48	P5	10K	-	Potentiometer	R180
49	Q1	2N2222	TO92	Transistor-npn	R180
50	Q2	2N2222	TO92	Transistor-npn	R90
51	Q3	2N2222	TO92	Transistor-npn	R90
52	Q4	2N2222	TO92	Transistor-npn	R270
53	R1	1.2K	0309/12	rcl	R90
54	R2	560	0309/12	rcl	R0
55	R3	220	0309/12	rcl	R180
56	R4	5.1K	0309/12	rcl	R90
57	R5	5.1K	0309/12	rcl	R90
58	R6	12K	0309/12	rcl	R0
59	R7	12K	0309/12	rcl	R0
60	R8	10K	0309/12	rcl	R0
61	R9	2.2K	0309/12	rcl	R270
62	R10	560	0309/12	rcl	R270
63	R11	10K	0309/12	rcl	R180
64	R12	560	0309/12	rcl	R0
65	R13	10K	0309/12	rcl	R0
66	R14	560	0309/12	rcl	R0
67	R15	10K	0309/12	rcl	R180
68	R16	18K	0309/12	rcl	R270
69	R17	470K	0309/12	rcl	R180
70	R18	10.6M	0309/12	rcl	R90
71	R19	2.1M	0309/12	rcl	R90
72	SV1	RS232	MIL10	conector	R270
73	SV2	Tx/Rx/Ptt/Gnd	L04P	conector	R90
74	SV3	Radios UHF	MIL10	conector	R270
75	VCC	1-12V/2-GND	L02P	conector	R0
76	VCCTx/Rx	1-Vcc/2-GND	L02P	conector	R270





**Figura 61. Tarjeta MODEM FSK**

## → MÓDULO TX – RX (UHF)

### Descripción del Módulo

El módulo provee un enlace de RF para uso en transmisión y recepción de datos digitales. La operación es en un solo canal ajustable a alguno de los rangos de frecuencia de las siguientes bandas en UHF 403-430, 450-470 MHz.

### Especificaciones de Radio

#### GENERAL

Rango de Frecuencia:	403-430 MHz o 450-470 MHz
Canales:	1
Máxima espaciado Transmisor / Receptor:	20 MHz
Conector de Antena:	SMA Tipo Hembra (Versión estándar)
Conector Externo Ribbon:	3M 3591
Voltaje de Operación:	8.5-16 VDC: 10, 12.5 o 13.8 VDC Nominal
Temperatura de Operación:	-30 a +60° C (-22 a +144° F)

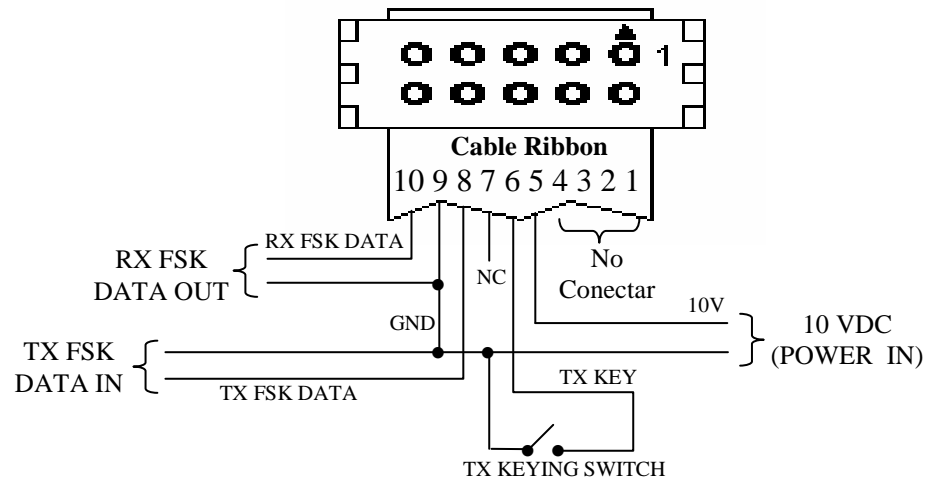
## TRANSMISOR

Potencia de Salida RF:	
10.0 VDC	2 Vatios
12.5 VDC	4 Vatios
13.8 VDC	5 Vatios
Consumo de Corriente (máx.):	730 mA a 10 VDC, 1.4 A a 13.8 VDC
Impedancia de Salida:	50 ohms
Estabilidad en Frecuencia:	+/- 5.0 PPM (+/- 2.5 PPM opcional)
Time Rise de Transmisión:	5 milisegundos máximo.
Emissiones Espurias:	-50 dBc
FM zumbido y ruido:	-33 dB
Ciclo Útil:	2 Vatios – 100%, 4 o 5 Vatios – 10%
Modulación:	16KOF1D, 16KOF2D, 16KOF3D, 16KOF3E
Respuesta de Audio:	
Entrada de Datos	+1 / -3 dB de un pre-énfasis de 6 dB por octava, característica de 300-3000 Hz
Distorsión de Audio	Menos del 3%
Impedancia de entrada de Datos:	50k Ohms
Nivel de Entrada de Datos:	13-650 mV ajustable

## RECEPTOR

Sensibilidad (12 dB SINAD):	
Salida de Datos	0.35 micro voltios
Impedancia de Entrada RF:	50 ohms
Estabilidad en Frecuencia:	+/- 5.0 PPM (+/- 2.5 PPM opcional)
Consumo de Corriente (máx.):	30mA(squelched), 60mA(unsquelched)
Attack Time:	10 milisegundos máximo
Selectividad:	- 65 dB
Intermodulación:	- 60 dB
Rechazo imagen y espurios:	- 60 dB
FM zumbido y ruido:	- 50 dB unsquelched
Aceptación de Modulación:	+/- 7.5 KHz
Respuesta de Audio:	
Salida de Datos	+2 / -8 dB de un de-énfasis de 6 dB por octava, característica de 300-3000 Hz
BW Salida de Datos	+/- 2 dB de DC a 4.5 KHz
Impedancia de Salida de Audio:	1600 ohms
Nivel de Salida de Audio:	
Salida de Datos	0 – 2.75 Vrms
Detección de Portadora:	Jumper seleccionable: Alto o Bajo
Umbral Squelch:	0.25 microvoltios máximo

**CABLE DE PODER:** Este cable puede ser fabricado usando un cable ribbon y un conector Hembra de 10 Pines (3M3591) con la siguiente configuración como se observa en la figura 62.



CONFIGURACION DE PINES DEL CABLE RIBBON	
Pin No.	Función
1	TX Wideband Data In
2	RX Wideband Data Out
3	Reservado
4	Reservado
5	Fuente de Voltaje Entrada ( + )
6	TX Key (PTT) In
7	Carrier Detect Out
8	TX Data In
9	Ground ( - )
10	Rx Data Out

**Figura 62. Configuración del Cable de Poder**

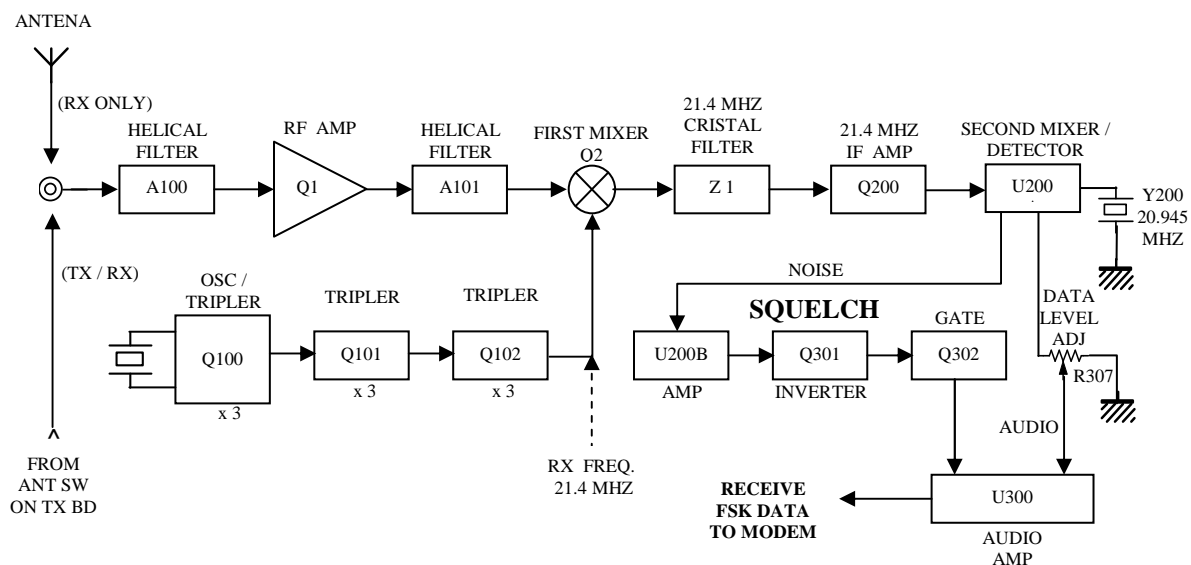


Figura 63. Diagrama en Bloques del Receptor [21]

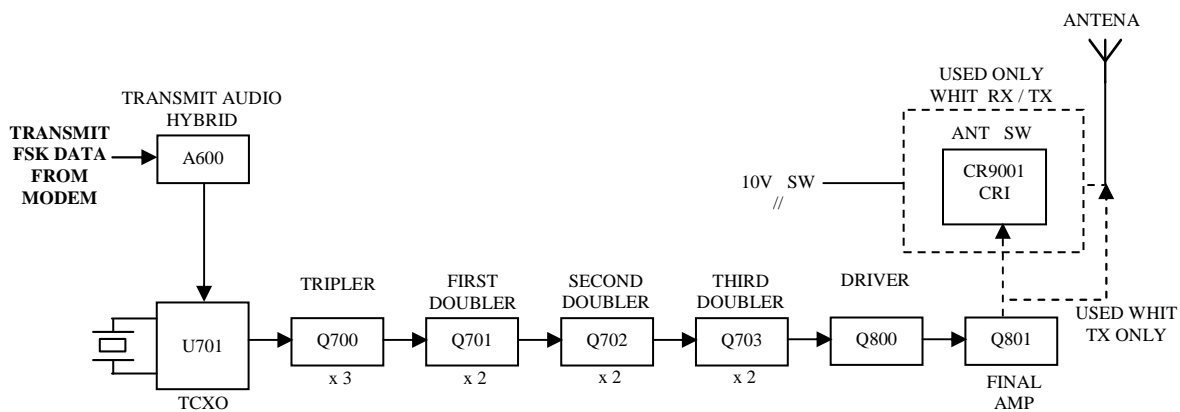


Figura 64. Diagrama en Bloques del Transmisor [22]

### **5.4.3. DISEÑO CONTROL DEL SISTEMA**

#### **→ Descripción General**

Su componente principal es el Microcontrolador PIC16F877 de Microchip, el cual esta encargado de:

- Recibir e interpretar los datos provenientes del PC, que llegan al PIC a través del enlace de radio.
- Enviar los datos de monitoreo del transmisor de FM hacia el PC, a través del enlace de radio.
- Adquirir los datos de monitoreo de las distintas variables del transmisor por medio de los puertos del PIC, y a través de ellos ejecutar comandos y acciones al sistema de control del transmisor FM.
- Generar de tramas de datos, verificar datos, transmitir y recibir datos según el protocolo de comunicaciones diseñado para el sistema.
- Controlar el estado de transmisión y recepción de datos, manejando el PTT de los radios.
- Generar y atender alarmas del sistema.

#### **→ Características Generales del Sistema**

- Posee un puerto por el cual interactúa con el sistema de control del transmisor de FM, (recibe datos de monitoreo y transmite comandos de control).
- Posee un puerto de comunicación serial RS232 para conectar el sistema directamente a un PC, o si se desea transmitir datos a través de un radio modem.
- Posee un puerto para conexión de la tarjeta MODEM FSK.
- Posee un puerto para monitoreo y control de señales externas, como por ejemplo la seguridad en planta.

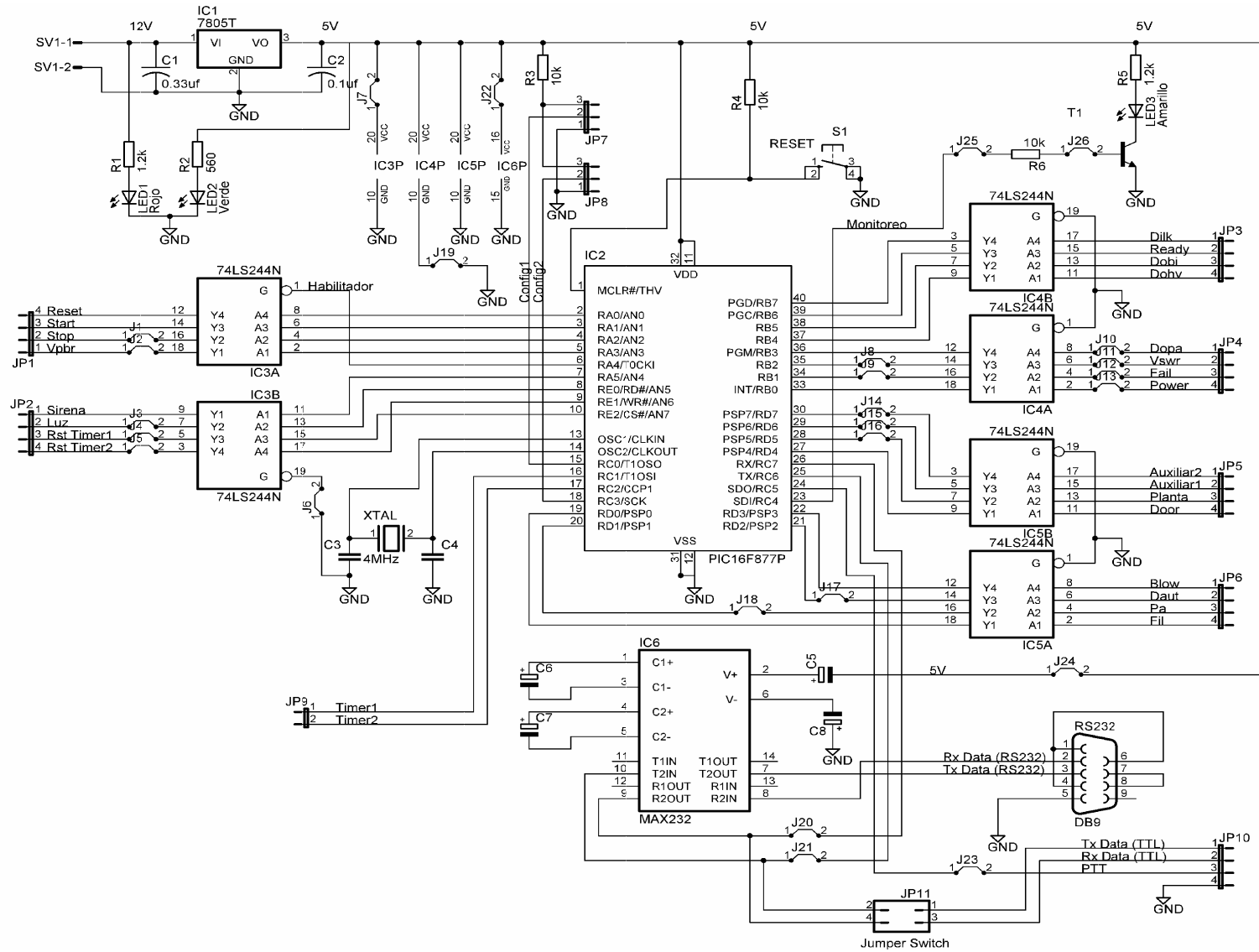


Figura 65. Circuito Total Tarjeta CONTROL STTRU

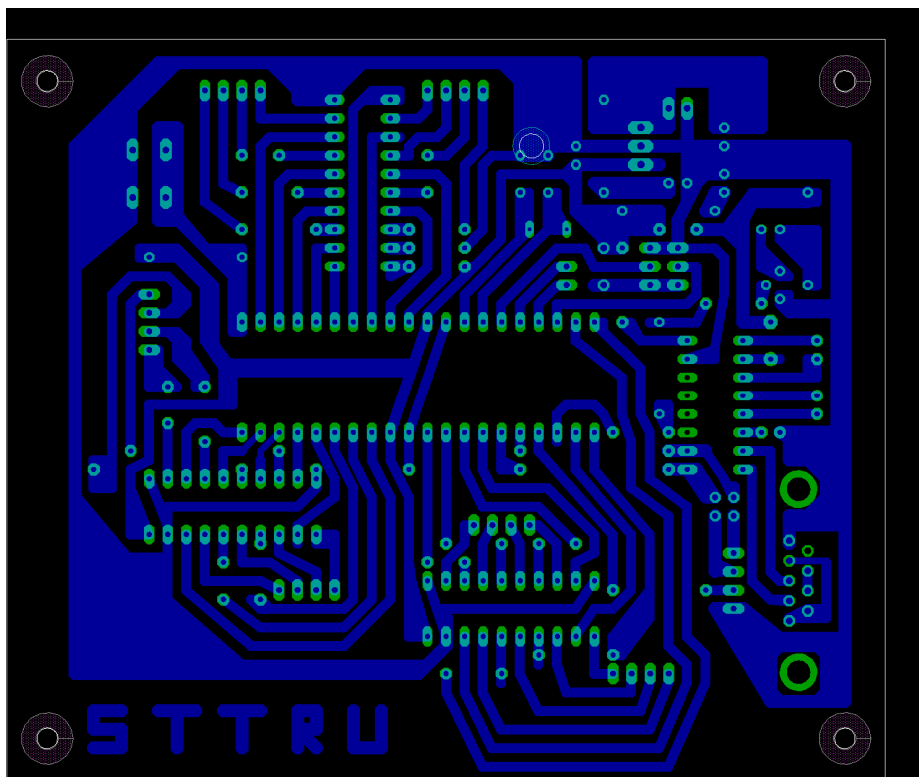
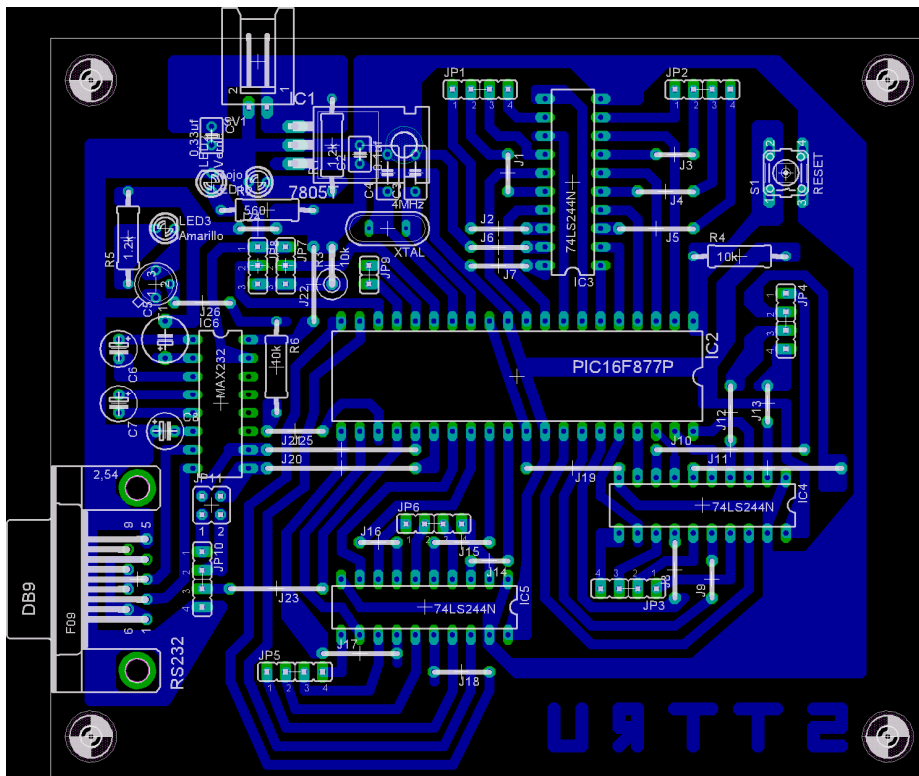


Figura 66. Tarjeta Control STTRU Vista de Componentes e Impreso

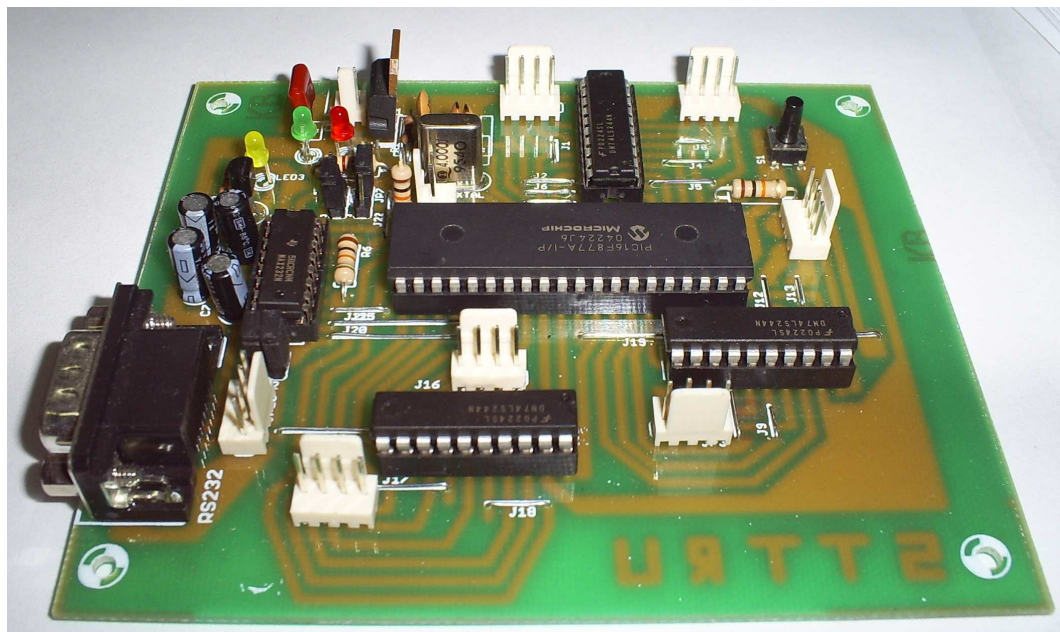
**Tabla No. 34 Lista de Elementos Tarjeta CONTROL STTRU – Parte 1**

No.	ELEMENTO	VALOR	PAQUETE	LIBRERIA	ORIENTACION
1	C1	0.33uf	C025-030X050	rcl	R270
2	C2	0.1uf	C025-030X050	rcl	R90
3	C3	15pf	C050-030X075	rcl	R90
4	C4	15pf	C050-030X075	rcl	R90
5	C5	1uf	E5-6	rcl	R90
6	C6	1uf	E2,5-5	rcl	R270
7	C7	1uf	E2,5-5	rcl	R270
8	C8	1uf	E2,5-5	rcl	R0
9	IC1	7805T	TO220H	linear	R270
10	IC2	PIC16F877P	DIL40	Microchip	R180
11	IC3	74LS244N	DIL20	74xx-us	R90
12	IC4	74LS244N	DIL20	74xx-us	R180
13	IC5	74LS244N	DIL20	74xx-us	R180
14	IC6	MAX232	DIL16	maxim	R270
15	J1	J5MM	05	Jumper	R270
16	J2	J7MM	07	Jumper	R0
17	J3	J5MM	05	Jumper	R180
18	J4	J7MM	07	Jumper	R180
19	J5	J10MM	10	Jumper	R180
20	J6	J7MM	07	Jumper	R0
21	J7	J7MM	07	Jumper	R180
22	J8	J7MM	07	Jumper	R90
23	J9	J5MM	05	Jumper	R90
24	J10	J20MM	20	Jumper	R0
25	J11	J20MM	20	Jumper	R0
26	J12	J7MM	07	Jumper	R90
27	J13	J5MM	05	Jumper	R90
28	J14	J5MM	05	Jumper	R180
29	J15	J7MM	07	Jumper	R180
30	J16	J5MM	05	Jumper	R0
31	J17	J10MM	10	Jumper	R0
32	J18	J7MM	07	Jumper	R180
33	J19	J12MM	12	Jumper	R180
34	J20	J20MM	20	Jumper	R0
35	J21	J20MM	20	Jumper	R0
36	J22	J10MM	10	Jumper	R90
37	J23	J12MM	12	Jumper	R180
38	J24	J5MM	05	Jumper	R0
39	J25	J7MM	07	Jumper	R180
40	J26	J7MM	07	Jumper	R180
41	JP1		JP4	Jumper	R0
42	JP2		JP4	Jumper	R0
43	JP3		JP4	Jumper	R180
44	JP4		JP4	Jumper	R270
45	JP5		JP4	Jumper	R0
46	JP6		JP4	Jumper	R0
47	JP7		JP2	Jumper	R270
48	JP8		JP2	Jumper	R270



**Tabla No. 35 Lista de Elementos Tarjeta CONTROL STTRU – Parte 2**

No.	ELEMENTO	VALOR	PAQUETE	LIBRERIA	ORIENTACION
49	JP9		JP1	Jumper	R180
50	JP10		JP4	Jumper	R270
51	JP11		JP2Q	Jumper	R0
52	LED1	Rojo	LED3MM	Led	R180
53	LED2	Verde	LED3MM	Led	R90
54	LED3	Amarillo	LED3MM	Led	R0
55	R1	1.2k	0309/12	rcl	R90
56	R2	560	0309/12	rcl	R0
57	R3	10k	0414V	rcl	R90
58	R4	10k	0309/12	rcl	R0
59	R5	1.2k	0309/12	rcl	R90
60	R6	10k	0309/12	rcl	R270
61	DB9	Conector	F09HP	con-subd	R90
62	S1	Push Button	B3F-10XX	switch-omron	R90
63	SV1		L029	con-amp-mt	R0
64	T1	2N2222	T018	transistor	R270
65	XTAL	4MHz	QS	special	R180



**Figura 67. Tarjeta CONTROL STTRU**

#### 5.4.4. SISTEMA DE CONTROL TRANSMISOR FM MARCA IRADIO

##### Funciones del Sistema de Control

El control cumple funciones tanto de manejo del transmisor, como de control y aviso de situaciones de alarma. Dentro de dichas funciones están:

- Detección de condiciones de alarma: Falla de ventilación y/o puerta abierta, detección de sobrecargas, detección de condición de VSWR anormal.
- Temporización de funciones de control: Temporización de interlock de filamentos, temporización de fail.
- Protección del equipo.
- Recepción y validación de comandos: Verificación de interlock de placa, reset de nivel de VSWR (alarma de potencia reflejada).
- Generación de señales de operación.
- Modo de encendido automático o manual.
- Información de estado de operación.

El sistema de control del transmisor esta integrado por seis (6) tarjetas:

- MCCC01 : Tarjeta de microcontroladores

En esta tarjeta se encuentran los dos microcontroladores que realizan las rutinas de control. Un microcontrolador está programado con la rutina de detección de sobrecargas. A partir de las señales de detección se establece la ocurrencia de alguna sobrecarga, el microcontrolador determina dicha alarma e informa al segundo microcontrolador sobre la sobrecarga para que este proteja al transmisor. Además el segundo microcontrolador está programado con las rutinas de encendido del transmisor, señalización y estado del transmisor.

- CCC01 : Tarjeta de temporización y drivers

Realiza la temporización del sistema mediante cuatro (4) circuitos astables, uno de los cuales es variable. Además, tres (3) transistores son los drivers de las señales de control de los relevos de estado sólido de placa, filamentos y alto voltaje respectivamente.

- OLDC01 : Tarjeta de detección de sobrecarga

Esta tarjeta tiene la función de detectar la ocurrencia de una sobrecarga, recibe las muestras de las señales del transmisor y establece las alarmas de sobrecarga que son enviadas a la tarjeta de microcontroladores.

- VSWRCL : Tarjeta de detección de nivel de VSWR

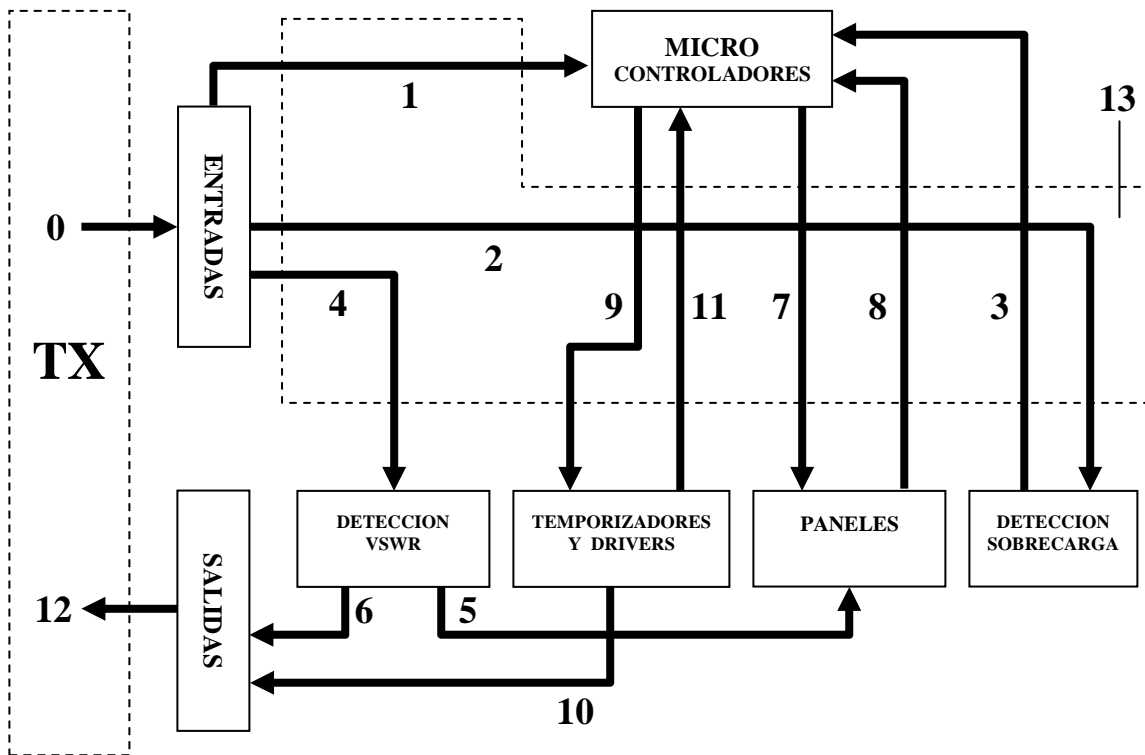
La operación de esta tarjeta incluye la detección de nivel de VSWR para determinar una alarma de potencia reflejada superior a la máxima tolerable. El circuito proporciona una salida general de indicación de VSWR anormal activada en caso de detección de alarma. Además esta tarjeta protege al transmisor durante una condición de alarma suspendiendo la señal del excitador.

- CCA01 : Tarjeta de acople de circuitos de control

La función de esta tarjeta consiste en acoplar las cuatro tarjetas anteriores, recibir todas las señales provenientes del transmisor y enrutarlas hacia las tarjetas. Del mismo modo enruta las señales de información hacia los paneles del sistema de control. Estas conexiones se realizan por medio de cable blindado para evitar la influencia de la radiofrecuencia.

- PCD : Tarjeta del panel de comandos

El panel de comandos está diseñado para recibir los comandos del operario y realizar la señalización de las variables relacionadas con el encendido, interlocks, Ready y las alarmas de overloads, puertas y ventiladores.



**Figura 68. Diagrama en Bloques Sistema de Control Microcontrolado**

#### **Descripción del Sistema de Control:**

0. Las entradas del sistema son todas las señales tomadas del transmisor necesarias para realizar las funciones de control e información. Dentro de estas señales se encuentran las muestras de puertas, interlock de placa, ventiladores, screen, bias, alto voltaje, filamentos, potencia reflejada, excitador, driver y fuente de driver.
1. Las muestras de puertas, interlock de placa y ventiladores son utilizadas por los microcontroladores para validar condición de alarma.
2. Las muestras tomadas de screen, placa, bias y alto voltaje son usadas por la tarjeta de detección de sobrecargas para determinar la ocurrencia de una alarma.

3. Una vez la tarjeta de detección de sobrecargas establece un valor anormal de voltaje en alguna de las muestras tomadas del transmisor, genera las señales de aviso al microcontrolador de sobrecargas.
4. Las señales de potencia reflejada son usadas por la tarjeta de detección de nivel de VSWR anormal para establecer la ocurrencia de una alarma.
5. Cuando se establece la ocurrencia de un nivel de VSWR superior al máximo establecido, se generan las señales respectivas de información utilizadas por los paneles del sistema para informar al operario la ocurrencia de la alarma.
6. La tarjeta de detección de condición de VSWR anormal tiene la función de generar las señales respectivas de información y las señales de control en respuesta a la ocurrencia de una alarma de este género. Cuando se produce una alarma de VSWR se protege al transmisor suspendiendo la señal del excitador, (luego la señal aplicada al amplificador final es cero). Las señales de control para realizar esta protección, son generadas en esta tarjeta.
7. La tarjeta de microcontroladores genera las señales de indicación para los paneles del sistema de cada una de las alarmas detectadas, puertas, ventiladores, y sobrecargas.
8. Los paneles del sistema proporcionan a los microcontroladores todas las ordenes de comandos dadas por el operario, como filamentos ON/OFF, reset, reset de overloads, y modo de operación (manual/automático).
9. Cuando se determina la ocurrencia de una alarma, el microcontrolador genera las señales de control respectivas para proteger el transmisor, estas señales son manejadas por la tarjeta de temporizadores y manejadores (drivers de salida).
10. Las señales de control de filamentos, placa y alto voltaje generadas en la tarjeta de microcontroladores, son enviadas al transmisor por medio de la tarjeta de temporizadores y manejadores, en la cual se tienen testigos para estas señales de control facilitando su revisión.

11. Para el funcionamiento de los microcontroladores es necesaria una base de tiempo (reloj del sistema) que es obtenida de la tarjeta de temporizadores y manejadores. Igualmente, esta tarjeta proporciona todas las señales necesarias para manejar los temporizadores del sistema mediante los cuales los microcontroladores generan los diferentes espacios de tiempo que intervienen en las funciones de control.
12. Las salidas son todas las señales de control que genera el sistema en respuesta a un comando o alarma. Dentro de estas salidas se tienen los comandos para encender y apagar placa, filamentos y alto voltaje, así mismo como la respuesta a una alarma de VSWR que suspende la señal del excitador (causando que la potencia aplicada al tubo sea cero).
13. Todo el enrutamiento de las señales de conexión entre tarjetas, se realiza por medio de la tarjeta de acople (CCA01), donde se encuentran todos los conectores de entrada y salida de señales del sistema, los conectores de acople para las tarjetas MCCC01, CCC01, OLDC01 y VSWRCL y los conectores para los cables de conexión de los paneles de sistema.

## CONCLUSIONES

- La Radiodifusión Sonora es el medio de comunicación masivo mas idóneo en el Departamento del Cauca, puesto que es el único medio al cual los habitantes de la región tienen un total acceso, debido a sus características de propagación y fácil adquisición de los equipos receptores. Para la Universidad del Cauca es de vital importancia tener presencia en la totalidad del Departamento, por lo cual se ha visto en la necesidad de buscar medios para cumplir con este objetivo, es por esto que ve en la Radio Universidad del Cauca como una solución para ello.
- Este proyecto surge como una solución de aumento de cobertura para la Radio Unicauca, brindando la posibilidad de enlazar la emisora de la Universidad con emisoras comunitarias del Departamento.
- En el transcurso de este proyecto se ha evidenciado el gran interés que tienen las emisoras comunitarias del Departamento del Cauca por hacer parte de una red como la planteada en este trabajo. Además, se constató el deficiente estado en que se encuentran las emisoras comunitarias del Departamento, en cuanto a equipos, y situación jurídica.
- Existe un gran interés por parte de los directores de las emisoras comunitarias para que la Universidad del Cauca los pueda asesorar en la solución de problemas que se han presentado en la legalización de sus licencias de funcionamiento. A través de este proyecto se ha encontrado un vínculo que

permitirá a dichas emisoras tener una mejor conexión y relación con la Universidad.

- Los trayectos que según el análisis fueron viables realizar los enlaces son: Popayán – Munchique, Munchique – Santander de Quilichao, Munchique – Piendamó y Munchique – Patía, puesto que son trayectos en los cuales se puede realizar los enlaces en un solo salto, los requerimientos de potencia para los transmisores no exceden los 20 Vatios estando sobre el valor máximo estipulado por el Ministerio de Comunicaciones de Colombia.
- El trayecto Munchique – Guapi, no es viable para realizar un enlace en un solo salto, puesto que no existe las condiciones técnicas para hacerlo, no existe línea de vista entre los dos puntos, el trayecto supera los 103 km de distancia, los requerimientos de potencia para este trayecto sin obstrucciones superan los 20 Vatios, lo cual no es permitido por el Ministerio de Comunicaciones de Colombia para este tipo de enlaces.
- El Municipio de Guapi es uno de los principales puntos a donde quiere hacer presencia la Universidad del Cauca, en el transcurso de este proyecto se logró hacer un estudio de esa región, identificando las necesidades, de comunicación, de educación y salud que esa comunidad presenta, siendo este proyecto un paso para el logro de este objetivo.
- Este trabajo sirve como soporte técnico y jurídico para la solicitud de una frecuencia de enlace para el repetidor contemplado en el proyecto, ante el Ministerio de Comunicaciones de Colombia.
- El diseño de este repetidor es innovador, no existe en el mercado un sistema de repetidor para esta banda de frecuencia 300 – 330 MHz, que cumpla con las características contempladas en este diseño.



- Este proyecto sirve como base para la generación de nuevos proyectos que involucren emisoras de Interés Público y emisoras Comunitarias en el Departamento del Cauca.
- El prototipo de Sistema de Telemetría del Transmisor de FM, brinda la información necesaria para que en futuros proyectos se pueda implementar una aplicación que permita monitorear y controlar la totalidad funcional del transmisor de radiodifusión sonora FM de la Universidad.

## RECOMENDACIONES

- Fomentar e impulsar un grupo de trabajo, el cual por medio de la Universidad del Cauca, brinde un servicio de asesoría a las emisoras comunitarias del Departamento, con miras al fortalecimiento y legalización de dichas emisoras.
- Estudiar otras posibilidades de tecnologías de comunicaciones que permitan llevar la señal de la emisora Radio Universidad del Cauca hacia la Costa Pacífica del Departamento.
- Se ve la necesidad en la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de adquirir un equipo GPS con el cual los estudiantes puedan realizar las diferentes prácticas que algunos proyectos requirieren.
- Generar proyectos de grado en Radiodifusión y Teledifusión que involucren la vinculación de la División de Comunicaciones de la Universidad, ya que esta dependencia tiene la disposición de apoyar y fomentar trabajos de grado y de investigación en este campo.

## REFERENCIAS

[1] Constitución Política de Colombia, se puede obtener en formato PDF de la página Web: [www.cna.gov.co/cont/documentos/legislacion/constitucion.pdf](http://www.cna.gov.co/cont/documentos/legislacion/constitucion.pdf)

[2] Plan Nacional de Cultura (2001-2006), documento obtenido de la página Web: [www.gobant.gov.co/vigias/paginas/marcolegal/plandecultura.doc](http://www.gobant.gov.co/vigias/paginas/marcolegal/plandecultura.doc)

[3] Plan de Desarrollo Educativo del Cauca, documento obtenido de la página Web: [www.rgs.gov.co/documentos](http://www.rgs.gov.co/documentos), el nombre del archivo es, Plan\_Educativo\_Dep\_Cauca\_Resumen.doc

[4] Plan Nacional de Desarrollo (2002-2006), documento obtenido de la página Web: [www.mininteriorjusticia.gov.co/adminFiles/](http://www.mininteriorjusticia.gov.co/adminFiles/)

[5] Políticas de Descentralización de la Universidad, documento facilitado por el Centro de Educación Abierta y a Distancia de la Universidad del Cauca, septiembre de 2005.

[6] Políticas de Radio Universidad del Cauca, documento facilitado por la División de Comunicaciones de la Universidad del Cauca, 2006.

[7] Decreto 1446 de 1995, obtenido en la página: [www.presidencia.gov.co/decretoslinea/1995/agosto/30/dec1446301995.pdf](http://www.presidencia.gov.co/decretoslinea/1995/agosto/30/dec1446301995.pdf)

[8] Decreto 1326 de 1998, obtenido en la página: [www.presidencia.gov.co/decretoslinea/1998/julio/13/dec1326131998.doc](http://www.presidencia.gov.co/decretoslinea/1998/julio/13/dec1326131998.doc)

**[9]** Decreto 195 y 223 de 1999, obtenidos de la página del Ministerio de Comunicaciones de Colombia: [www.mincomunicaciones.gov.co/](http://www.mincomunicaciones.gov.co/)

**[10]** Decreto 1981 de 2003, obtenido de la página:  
[www.comusuarios.gov.co/documentos/Normatividad/Radiodifusion/DEC\\_1981\\_2003.doc](http://www.comusuarios.gov.co/documentos/Normatividad/Radiodifusion/DEC_1981_2003.doc)

**[11]** Constitución Política de Colombia

**[12]** Mapa Digital del Departamento del Cauca obtenido del software Radio Mobil.

**[13]** Mapa del Departamento del Cauca obtenido del software Google Earth

**[14]** Figura obtenida del documento (stl4140.pdf) descargado de la página:  
[www.tftinc.ocm/](http://www.tftinc.ocm/)

**[15]** Figura obtenida del Data Sheet del Equipo RX STL de marca NICOM, descargado de la página: [www.nicomusa.com/](http://www.nicomusa.com/)

**[16]** Figura obtenida del Data Sheet del Equipo TX STL de marca NICOM, descargado de la página: [www.nicomusa.com/](http://www.nicomusa.com/)

**[17]** Multicanal RS232, Figura obtenida del Data Sheet del Drive/Receiver RS232

**[18]** Esquema Interno XR-2206, Figura obtenida del Data Sheet del Modulador XR2206 de marca EXAR

**[19]** Esquema Interno XR-2206, Figura obtenida del Data Sheet del Modulador XR2206 de marca EXAR

**[20]** Figura Obtenida del Manual: 3410 UHF TELEMETRY MODULE SERVICE MANUAL de marca EFJohnson, sección 3, figura 3-1, facilitado por el Área de Equipos de la Universidad del Cauca

**[21]** Figura Obtenida del Manual: 3410 UHF TELEMETRY MODULE SERVICE MANUAL de marca EFJohnson, sección 3, figura 3-3, facilitado por el Área de Equipos de la Universidad del Cauca

## BIBLIOGRAFÍA

CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS:  
Ministerio de Comunicaciones de Colombia, 2006. Disponible en:  
<http://www.mincomunicaciones.gov.co/>

DECRETO 1446 DE 1995: Ministerio de Comunicaciones de Colombia, 2006.  
Disponible en: <http://www.mincomunicaciones.gov.co/>

DECRETO 1445 DE 1995: Ministerio de Comunicaciones de Colombia, 2006.  
Disponible en: <http://www.mincomunicaciones.gov.co/>

DECRETO 1981 DE 2003: Ministerio de Comunicaciones de Colombia, 2006.  
Disponible en: <http://www.mincomunicaciones.gov.co/>

DECRETO NÚMERO 348 DE 1997: Ministerio de Comunicaciones de Colombia,  
2006. Disponible en: <http://www.mincomunicaciones.gov.co/>

ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN SONORA EN FRECUENCIA MODULADA  
Clase A, B, C y D: Ministerio de Comunicaciones de Colombia, 2006. Disponible  
en: <http://www.mincomunicaciones.gov.co/>

ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN SONORA EN FRECUENCIA MODULADA  
Clase D (Comunitarias y otras): Ministerio de Comunicaciones de Colombia, 2006.  
Disponible en: <http://www.mincomunicaciones.gov.co/>

IRADIO Ltda., Manual de Usuario Transmisor IRFM10KW, Colombia, 1994.

EFJohnson, UHF Telemetry Module Service Manual, 1992.

PHILIPS, *ECG Products: Master Replacement Guide, 2000. 19<sup>TH</sup> Edition.*

Plan Técnico Nacional de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada:  
Ministerio de Comunicaciones de Colombia, 2006. Disponible en:  
<http://www.mincomunicaciones.gov.co/>

Políticas para la Radiodifusión en Colombia, Bogotá, D.C.,2004. Disponible en:  
<http://www.mincomunicaciones.gov.co/>

ROMO, Harold, Fundamentos de Radio Propagación para Onda Terrestre y Línea  
de Vista: Universidad del Cauca, 2000.

<http://www.astronwireless.com/>

<http://www.kathrein-scala.com>

<http://www.martielectronics.com/>

<http://www.tft.inc.com/>

[http://www.radioptica.com/Radio/calculo\\_radioenlaces.asp](http://www.radioptica.com/Radio/calculo_radioenlaces.asp)