

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DEPARTAMENTO DE ELECTRICA Y ELECTRONICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

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

**“PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL USO DEL ESPECTRO  
RADIOELÉCTRICO EN EL ECUADOR”**

**SUSANA PATRICIA CABRERA ROSERO**

**Sangolquí - Ecuador  
2008**

## **CERTIFICACIÓN**

Por medio de la presente certificamos que el proyecto de grado para la obtención del título en Ingeniería Electrónica titulado “Propuesta de Optimización del Uso del Espectro Radioeléctrico en el Ecuador” fue desarrollado en su totalidad por la señorita SUSANA PATRICIA CABRERA ROSERO.

Atentamente,

Ing. Gonzalo Olmedo  
**DIRECTOR**

Ing. Rubén León  
**CODIRECTOR**

## RESUMEN

En el presente estudio se determinan alternativas para la optimización del espectro radioeléctrico en el Ecuador.

Inicialmente, a través de herramientas estadísticas se consiguió determinar un bajo porcentaje de ocupación en las bandas VHF y UHF, mientras que en el rango de 7-8 GHz, la situación es bastante crítica presentando una disponibilidad del 4-5% en determinadas áreas del país, por lo que es necesaria la adopción inmediata de medidas adecuadas para administración.

Entre las alternativas propuestas se encuentran la adopción de un solo plan de canalización de las bandas de frecuencias para utilizar adecuada y eficientemente el espectro. Otra alternativa, es la reutilización del espectro en sistemas puntuales, entre ellos de cobertura y enlaces radioeléctricos. Para los primeros, se la consigue definiendo áreas de cobertura reales basadas en las características de los equipos y antenas usados comúnmente, mientras que en enlaces radioeléctricos con la colocación de los equipos de los diferentes usuarios a una distancia mínima pero suficiente para no causar interferencias perjudiciales entre ellos. Además de adoptar polarizaciones adecuadas dependiendo de las características del enlace.

Finalmente se sugiere la implementación de una nueva ruta de enlaces radioeléctricos que comunique Quito y Guayaquil, a aplicarse en la banda de 7-8 GHz. Usando el software “Radio Mobile” se determinó que el camino más eficaz comprende los cerros: Puengasí – San Francisco – Pugsalagua – Igualata- Chanlor – Negro y San Eduardo.

## **DEDICATORIA**

Le dedico este trabajo especial de grado, ante todo, a Dios por la inteligencia y fuerza que me ha dado para culminar con éxito mi carrera universitaria. A Susy mi hermosa mamita, y sobretodo mi fiel amiga, la que con su constante esfuerzo, lucha y sobretodo amor a permanecido junto a mi dándome la oportunidad de superarme. A Pao mi hermanita bella quien con su sacrificio y apoyo me a ayudado a salir en los momentos mas dificiles. A mi padre Patricio quien con sus palabras me alentó a salir adelante. Y a mis tíos y abuelita Angelita quienes nunca me olvidaron, brindándome su cariño y ayuda desinteresada.

Se que este camino es solo el comienzo de una gran historia de nuevos retos y alegrías para mi y mi familia.

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero dar un gracias infinito a mi mamita porque sin su esfuerzo y compañía nunca habría llegado a este anhelado momento, gracias por tu sacrificio, por tus lagrimas, por tus consejos, por tu hombro, por tu paciencia, por tu lucha constante, por tu amor, gracias por ser mi amiga incondicional, gracias por ser como eres mamita linda. Te agradezco hermanita a ti también por todo lo que has hecho por mi, por sacrificarte para que pueda salir adelante. Gracias a mi padre quien a la distancia me ha brindado sus sabias palabras alentándome a seguir. Muchas gracias a mi abuelita Angelita quien siempre tenía una oración para mi y me a ayudado con todo amor en lo que ha podido, sin tu amor abuelita no lo hubiese logrado. A mi abuelito Eduardo quien desde el cielo siempre me estuvo cuidando. A mis tíos Tito, Carmita, Inés, Patricio y mis otros tíos quienes siempre estuvieron pendientes de mi.

Un gracias de corazón a mi primo Rober quien me ayudo y alentó en mis primeros pasos de vida universitaria, quien no me dejó caer y siempre estuvo ayudándome en todo lo que podía.

Quiero agradecer de manera especial a una personita que ha estado conmigo este último año, a quien llevo en mi corazón, quien me ha dado su amor incondicional, su apoyo, su aliento, quien nunca me dejo sola y esta conmigo hasta en los peores momentos. Gracias mi Dibujito, mi Amor, mi Andresito.

Agradezco a todos mis compañeros de SENATEL, en especial al Ing. Byron Pabón por brindarme toda su sabiduría y amistad durante el desarrollo de la Tesis. Gracias a mis queridos profesores y compañeros universitarios, en especial a mis tutores Ing. Rubén León e Ing. Gonzalo Olmedo, por brindarme su colaboración y apoyo.

Y finalmente el mayor de los gracias a Dios, quien me dio la dicha de tener a mi alrededor a todas estas personas que nunca se olvidaron de mi, también por darme la fortaleza y constancia de seguir adelante a pesar de todos los obstáculos que se presentan.

## **PROLOGO**

El espectro radioelétrico es un recurso natural escaso y puede ser considerado como la columna vertebral de un amplio abanico de importantes sectores industriales y como parte de nuestro ambiente, tiene que ser protegido para asegurar su uso eficaz .

La creciente demanda de información y de entretenimiento significa que cada vez más sistemas de radiocomunicación están compartiendo el espectro de Radio Frecuencia. Es por esto, que es necesario realizar un estudio más profundo del estado actual de este recurso en el Ecuador y plantear posibles alternativas de optimización, quizá con el establecimiento de políticas adecuadas para la asignación del espectro radioelétrico, buscando salvaguardar la competencia potencial en el mercado de los servicios de radiocomunicaciones, evitando con ello su acaparamiento y al mismo tiempo, permitiendo el desarrollo de los servicios.

En el primer capítulo se presenta una introducción de los conceptos fundamentales de los sistemas de radiocomunicaciones, además de los entes y políticas regulatorias del espectro radioelétrico.

En el segundo capítulo se realiza una evaluación de la utilización del espectro radioelétrico en el país, con la ayuda de herramientas estadísticas y un índice de ocupación.

En el tercero y cuarto capítulo se analizan algunos de los criterios para la reutilización y optimización del espectro radioelétrico, respectivamente.

Finalmente, en el quinto capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>GLOSARIO</b> .....	<b>X</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
1.1    INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.1    Definición de Espectro Radioeléctrico .....	3
1.1.2    Distribución del Espectro Radioeléctrico.....	3
1.1.3    Regulación del Espectro Radioeléctrico.....	6
1.1.4    Plan Nacional de Frecuencias .....	11
1.2    SERVICIOS UTILIZADOS EN EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO .....	15
1.2.1    Servicios Radioeléctricos .....	15
1.2.2    Servicios de Telecomunicaciones en el Ecuador.....	21
1.2.3    Sistemas de Radiocomunicación .....	23
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>26</b>
2.1    INTRODUCCIÓN.....	26
2.2    EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO DE LOS SERVICIOS FIJO Y MÓVIL BANDAS VHF Y UHF.....	27
2.2.1    Banda VHF.....	27
2.2.1.1    Características .....	27
2.2.1.2    Sistemas que funcionan en VHF .....	27
2.2.2    Banda UHF.....	31
2.2.2.1    Características .....	31
2.2.2.2    Sistemas que funcionan en UHF .....	32
2.3    ANÁLISIS DE LOS SERVICIOS BRINDADOS EN LAS BANDAS VHF Y UHF SEGÚN EL PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS .....	46
2.4    EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO DEL SERVICIO FIJO EN BANDAS SOBRE 1 GHz .....	49
2.4.1    Banda 1 – 2 GHz .....	49
2.4.2    Banda de 3.4-3.7 GHz .....	57
2.4.3    Banda de 6-8 GHz.....	59
2.4.4    Banda de 14 – 15 GHz .....	63
2.5    ANÁLISIS DE BANDAS ASIGNADAS A SERVICIOS TELEFÓNICOS MÓVIL Y FIJO INALAMBRICO.....	71
2.5.1    Servicio Telefónico Móvil.....	71
2.5.2    Servicio Fijo Inalámbrico .....	74
2.6    ÍNDICE DE OCUPACIÓN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO .....	78
2.6.1    Análisis para Sistemas de Cobertura.....	78
2.6.2    Enlaces Radioeléctricos .....	80
2.7    ESTADÍSTICAS .....	82
2.7.1    Análisis de la Banda VHF (138 – 174 MHz).....	82
2.7.2    Análisis de la Banda UHF (450 – 512 MHz) .....	85
2.7.3    Análisis de Enlaces Radioeléctricos en bandas bajo 1 GHz.....	87
2.7.4    Análisis del Número de Abonados en Telefonía Móvil .....	90
2.7.5    Análisis del Número de Radiobases en Telefonía Celular .....	93
2.7.6    Análisis del Porcentaje de Ocupación para Enlaces de Microondas.....	95
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>98</b>
3.1    INTRODUCCIÓN.....	98
3.2    PLANES DE CANALIZACION DE LOS DIFERENTES SERVICIOS .....	98
3.2.1    Introducción.....	98
3.2.2    Banda VHF (138 – 174 MHz).....	99
3.2.3    Banda UHF (440 – 512 MHz).....	101
3.2.4    Banda 1-2 GHz.....	102
3.2.5    Banda 6 GHz .....	104
3.2.6    Banda 7 – 8 GHz.....	106

3.2.7	<i>Banda de 14 – 15 GHz</i> .....	110
3.2.8	<i>Banda de 23 GHz</i> .....	112
3.3	REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS PARA SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES	114
3.3.1	<i>Sistemas de Cobertura</i> .....	115
3.3.2	<i>Enlaces Radioeléctricos</i> .....	120
<b>CAPÍTULO 4</b> .....		<b>125</b>
4.1	INTRODUCCIÓN.....	125
4.2	PROPUESTAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO .....	125
4.3	PROPUESTA DE NUEVA RUTA DE ENLACES RADIOELÉCTRICOS PARA EL PAÍS	127
<b>CAPITULO 5</b> .....		<b>143</b>
5.1	CONCLUSIONES.....	143
5.2	RECOMENDACIONES .....	145
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....		<b>147</b>



# ÍNDICE DE TABLAS

## CAPÍTULO 1

TABLA. 1. 1. BANDAS DE FRECUENCIAS Y LONGITUDES DE ONDA .....	4
TABLA. 1. 2. REGIONES Y ZONAS .....	14
TABLA. 1. 3. CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS 470 – 890 MHz [5] .....	15

## CAPÍTULO 2

TABLA. 2. 1. ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS PARA SISTEMAS TRONCALIZADOS .....	41
TABLA. 2. 2. CANALIZACIÓN DE LAS BANDAS PARA SISTEMAS TRONCALIZADOS .....	41
TABLA. 2. 3. ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS PARA SISTEMAS BUSCAPERSONAS .....	45
TABLA. 2. 4. CUADRO DE ATRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS BANDA VHF (SISTEMAS CONVENCIONALES) .....	46
TABLA. 2. 5. CUADRO DE ATRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS BANDA VHF (ENLACES RADIOELÉCTRICOS) .....	46
TABLA. 2. 6. CUADRO DE ATRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS BANDA UHF (SISTEMAS CONVENCIONALES) .....	48
TABLA. 2. 7. CUADRO DE ATRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS BANDA UHF (ENLACES RADIOELÉCTRICOS) .....	48
TABLA. 2. 8. DISTRIBUCIÓN DE LA BANDA DE 1-2 GHz EN EL PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS .....	55
TABLA. 2. 9. DISTRIBUCIÓN DE LA BANDA DE 1.900 MHz PARA SISTEMAS TELEFÓNICOS MÓVILES EN EL PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS .....	55
TABLA. 2. 10. CARACTERÍSTICAS DE WIMAX .....	58
TABLA. 2. 11. DISTRIBUCIÓN DE LA BANDA DE 3.4 - 3.7 GHz EN EL PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS .....	58
TABLA. 2. 12. DISTRIBUCIÓN DE LA BANDA DE 6 – 8 GHz EN EL PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS .....	61
TABLA. 2. 13. DISTRIBUCIÓN DE LA BANDA DE 14 – 15 GHz EN EL PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS .....	64
TABLA. 2. 14. DISTRIBUCIÓN DE LA BANDA DE 4.4 - 5 GHz EN EL PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS .....	65
TABLA. 2. 15. DISTRIBUCIÓN DE LA BANDA DE 5.1 – 5.8 GHz EN EL PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS .....	66
TABLA. 2. 16. DISTRIBUCIÓN DE LA BANDA DE 10 – 10.68 GHz EN EL PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS .....	67
TABLA. 2. 17. DISTRIBUCIÓN DE LA BANDA DE 17 – 18,9 GHz EN EL PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS .....	68
TABLA. 2. 18. DISTRIBUCIÓN DE LA BANDA DE 21.2 – 23.6 GHz EN EL PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS .....	69
TABLA. 2. 19. DISTRIBUCIÓN DE LA BANDA DE 27,5 – 28,35 GHz EN EL PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS ..	70
TABLA. 2. 20. DISTRIBUCIÓN DE LA BANDA DE 29,1 – 29,25 GHz EN EL PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS ..	70
TABLA. 2. 21. DISTRIBUCIÓN DE LA BANDA DE 31 – 31,3 GHz EN EL PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS .....	71
TABLA. 2. 22. CANALIZACIÓN DE LAS BANDAS 3.400 – 3.600 MHz .....	75
TABLA. 2. 23. CANALIZACIÓN DE LAS BANDAS 3.600 – 3.700 MHz .....	76
TABLA. 2. 24. PRIMERA RECANALIZACIÓN DEL BLOQUE D-D' .....	76
TABLA. 2. 25. CANALIZACIÓN PARA EL BLOQUE D-D' .....	77
TABLA. 2. 26. NUEVA CANALIZACIÓN PARA EL BLOQUE E-E' Y F-F' .....	77
TABLA. 2. 27. PORCENTAJE DE OCUPACIÓN DE LA BANDA UHF (PROVINCIA DE PICHINCHA) .....	78
TABLA. 2. 28. TRAMOS OCUPADOS DE LA BANDA 7125-8500 MHz EN EL CERRO DE HOJAS .....	81
TABLA. 2. 29. BANDAS IMPORTANTES BAJO 1GHz .....	87

## CAPÍTULO 3

TABLA. 3. 1. PLAN DE CANALIZACIÓN DE LA BANDA VHF (138 – 174 MHz) .....	100
TABLA. 3. 2. PLAN DE CANALIZACIÓN DE LA BANDA UHF (440 – 512 MHz) .....	101
TABLA. 3. 3. PLAN DE CANALIZACIÓN (1.350 – 1.530 MHz) .....	103
TABLA. 3. 4. PLAN DE CANALIZACIÓN (BANDA 6 GHz, PARTE INFERIOR) .....	105
TABLA. 3. 5. PLAN DE CANALIZACIÓN (BANDA 7 GHz) .....	107
TABLA. 3. 6. PLAN DE CANALIZACIÓN (BANDA 8 GHz) .....	109
TABLA. 3. 7. PLAN DE CANALIZACIÓN (BANDA 14 – 15 GHz) .....	111
TABLA. 3. 8. PLAN DE CANALIZACIÓN (BANDA 23 GHz) .....	113
TABLA. 3. 9. CERROS IMPORTANTES PARA BRINDAR MAYOR COBERTURA A NIVEL NACIONAL .....	117
TABLA. 3. 10. CARACTERÍSTICAS TEÓRICAS TÍPICAS DE UN ENLACE RADIOELÉCTRICO .....	121

## CAPÍTULO 4

TABLA. 4. 1. PORCENTAJE DE OCUPACIÓN DE LOS CERROS CORRESPONDIENTES A LA RUTA ACTUAL .....	131
TABLA. 4. 2. CERROS CORRESPONDIENTES A LA RUTA PROPUESTA .....	132

# ÍNDICE DE FIGURAS

## CAPÍTULO 1

FIGURA. 1. 1. REGIONES Y ZONAS.....	14
-------------------------------------	----

## CAPÍTULO 2

FIGURA. 2. 1. ESTRUCTURA DE UN SISTEMA FIJO Y MÓVIL .....	28
FIGURA. 2. 2. OPERACIÓN DEL SISTEMA FIJO Y MÓVIL .....	31
FIGURA. 2. 3. ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE TELEFONÍA MÓVIL.....	34
FIGURA. 2. 4. ÁREA DE COBERTURA DE UN SERVICIO DE TELEFONÍA MÓVIL.....	36
FIGURA. 2. 5. ANALOGÍA SISTEMA CONVENCIONAL VS SISTEMA TRONCALIZADO.....	39
FIGURA. 2. 6. OPERACIÓN DE UN SISTEMA TRONCALIZADO .....	40
FIGURA. 2. 7. BLOQUE EN UN SISTEMA TRONCALIZADO .....	42
FIGURA. 2. 8. SISTEMA BUSCAPERSONAS CLÁSICO .....	44
FIGURA. 2. 9. DIFERENCIA DE ATENUACIÓN DEBIDO A LA FRECUENCIA .....	50
FIGURA. 2. 10. PROPAGACIÓN DE RF EN LA TROPÓSFERA .....	51
FIGURA. 2. 11 MODOS DE PROPAGACIÓN TROPOSFÉRICA .....	52
FIGURA. 2. 12. ANTENA TIPO REJILLA .....	54
FIGURA. 2. 13. CANALIZACIÓN BANDA 850 MHZ STMC.....	72
FIGURA. 2. 14. CANALIZACIÓN BANDA 1.900 MHZ STMC.....	73
FIGURA. 2. 15. CANALIZACIÓN BANDA 1.900 MHZ SMA.....	74
FIGURA. 2. 16. ÁREA DESPRECIABLE Y ÁREAS DE COBERTURA .....	79
FIGURA. 2. 17. ILUSTRACIÓN DE LA OCUPACIÓN DE LA BANDA 7.125 – 8.500 MHZ.....	80
FIGURA. 2. 18. RED DE ENLACES EN EL CERRO DE HOJAS .....	82
FIGURA. 2. 19. PORCENTAJE DE OCUPACIÓN DEL ESPECTRO EN VHF (AÑOS 2.002-2.003) .....	83
FIGURA. 2. 20. PORCENTAJE DE OCUPACIÓN DEL ESPECTRO EN VHF (AÑOS 2.004-2.006) .....	83
FIGURA. 2. 21. PORCENTAJE DE OCUPACIÓN DEL ESPECTRO EN VHF (AÑO 2.007) .....	84
FIGURA. 2. 22. PORCENTAJE DE OCUPACIÓN DEL ESPECTRO EN UHF (AÑOS 2.002-2.003) .....	85
FIGURA. 2. 23. PORCENTAJE DE OCUPACIÓN DEL ESPECTRO EN UHF (AÑOS 2.004-2.006) .....	86
FIGURA. 2. 24. PORCENTAJE DE OCUPACIÓN DEL ESPECTRO EN UHF (AÑO 2.007) .....	87
FIGURA. 2. 25. PORCENTAJE DE OCUPACIÓN DEL ESPECTRO PARA ENLACES RADIOELÉCTRICOS (AÑOS 2002-2003).....	88
FIGURA. 2. 26. PORCENTAJE DE OCUPACIÓN DEL ESPECTRO PARA ENLACES RADIOELÉCTRICOS (AÑOS 2004-2006).....	88
FIGURA. 2. 27. PORCENTAJE DE OCUPACIÓN DEL ESPECTRO PARA ENLACES RADIOELÉCTRICOS (AÑO 2007) .	90
FIGURA. 2. 28. NÚMERO DE ABONADOS OTECEL S.A. POR TECNOLOGÍA (AÑOS: 2003-2007).....	91
FIGURA. 2. 29. NÚMERO DE ABONADOS CONECEL S.A. POR TECNOLOGÍA (AÑOS: 2003-2007).....	91
FIGURA. 2. 30. NÚMERO DE ABONADOS TELECSA S.A. POR TECNOLOGÍA (AÑOS: 2003-2007).....	92
FIGURA. 2. 31. NÚMERO TOTAL DE ABONADOS EN LAS TRES OPERADORAS (AÑOS: 2003-2007).....	92
FIGURA. 2. 32. NÚMERO DE RADIOBASES INSTALADAS OTECEL S.A. (AÑOS: 2003-2007) .....	93
FIGURA. 2. 33. NÚMERO DE RADIOBASES INSTALADAS CONECEL S.A. (AÑOS: 2003-2007).....	94
FIGURA. 2. 34. NÚMERO DE RADIOBASES INSTALADAS CONECEL S.A. (AÑOS: 2003-2007).....	94
FIGURA. 2. 35. PORCENTAJE DE OCUPACIÓN DEL ESPECTRO EN LA BANDA DE 7125 – 8500 MHZ PARA EL AÑO 2007.....	95
FIGURA. 2. 36. PORCENTAJE DE OCUPACIÓN DEL ESPECTRO EN LA BANDA DE 14400 – 15350 MHZ, AÑO 2007 .....	96

### CAPÍTULO 3

FIGURA. 3. 1. CONFIGURACIÓN DE CANALES EN UNA ESTACIÓN.....	99
FIGURA. 3. 2. DISTRIBUCIÓN DE CANALES EN LA BANDA DE 1 GHZ.....	104
FIGURA. 3. 3. DISTRIBUCIÓN DE CANALES EN LA BANDA DE 6GHZ.....	105
FIGURA. 3. 4. EJEMPLO DE UNA MALA DISTRIBUCIÓN DE CANALES.....	106
FIGURA. 3. 5. DISTRIBUCIÓN DE CANALES EN LA BANDA DE 7GHZ (7.100 – 7.400 MHz).....	108
FIGURA. 3. 6. DISTRIBUCIÓN DE CANALES EN LA BANDA DE 8 GHZ (7.725 – 8.275 MHz).....	110
FIGURA. 3. 7. DISTRIBUCIÓN DE CANALES EN LA BANDA DE 14 - 15 GHZ (14500 – 15350 MHz).....	112
FIGURA. 3. 8. DISTRIBUCIÓN DE CANALES EN LA BANDA DE 23 GHZ.....	114
FIGURA. 3. 9. COBERTURA POR PROVINCIAS.....	116
FIGURA. 3. 10. COBERTURA BRINDADA PRO EL CERRO AZUL.....	117
FIGURA. 3. 11. COBERTURA BRINDADA PRO EL CERRO PILISURCO.....	118
FIGURA. 3. 12. COBERTURA BRINDADA POR EL CERRO ATACAZO.....	118
FIGURA. 3. 13. ALTERNATIVAS DE DIVISIÓN DEL ECUADOR.....	119
FIGURA. 3. 14. LÓBULO PRINCIPAL DE UNA ANTENA DE MICROONDAS.....	120
FIGURA. 3. 15. POLARIZACIÓN CRUZADA EN ENLACES RADIOELÉCTRICOS ADYACENTES.....	124

### CAPÍTULO 4

FIGURA. 4. 1. RUTA ACTUAL.....	128
FIGURA. 4. 2. ENLACE CRUZ LOMA – CHASQUI.....	128
FIGURA. 4. 3. ENLACE CHASQUI - PILISURCO.....	129
FIGURA. 4. 4. ENLACE PILISURCO – CAPADIA.....	129
FIGURA. 4. 5. ENLACE CAPADIA – BABAHOYO.....	130
FIGURA. 4. 6. ENLACE BABAHOYO – AZUL.....	130
FIGURA. 4. 7. RUTA PROPUESTA.....	132
FIGURA. 4. 8. ENLACE PUENGASÍ – SAN FRANCISCO.....	133
FIGURA. 4. 9. ENLACE SAN FRANCISCO - PUGSALAGUA.....	133
FIGURA. 4. 10. ENLACE PUGSALAGUA - IGUALATA.....	134
FIGURA. 4. 11. ENLACE IGUALATA - CHANLOR.....	134
FIGURA. 4. 12. ENLACE CHANLOR - NEGRO.....	135
FIGURA. 4. 13. ENLACE NEGRO – SAN EDUARDO.....	135
FIGURA. 4. 14. ENLACE CERRO PUENGASÍ – CERRO SAN FRANCISCO.....	136
FIGURA. 4. 15. ENLACE CERRO SAN FRANCISCO – CERRO PUGSALAGUA.....	137
FIGURA. 4. 16. ENLACE CERRO PUGSALAGUA – CERRO IGUALATA.....	138
FIGURA. 4. 17. ENLACE CERRO IGUALATA – CERRO CHANLOR.....	139
FIGURA. 4. 18. ENLACE CERRO CHANLOR – CERRO NEGRO.....	140
FIGURA. 4. 19. ENLACE CERRO NEGRO- CERRO SAN EDUARDO.....	141

## **GLOSARIO**

**UIT:** Unión Internacional de Telecomunicaciones.

**CITEL:** Comisión Interamericana de Telecomunicaciones.

**UIT-R:** Unión Internacional de Telecomunicaciones-Radiocomunicaciones.

**CONATEL:** Consejo Nacional de Telecomunicaciones.

**SENATEL:** Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

**SUPTEL:** Superintendencia de Telecomunicaciones.

**MF:** *Medium Frequencies* - Frecuencias Medias.

**VHF:** *Very High Frequencies* – Frecuencias Muy Altas.

**UHF:** *Ultra High Frequencies* – Frecuencias Ultra Alta.

**GPS:** *Global Positioning System* – Sistema de Posicionamiento Global.

**SHF:** *Super High Frequencies* – Frecuencias Superaltas.

**EHF:** *Extremely High Frequencies* – Frecuencias Extremadamente Altas.

**CMR:** Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones.

**CMTI:** Conferencias Mundiales sobre Telecomunicaciones Internacionales

**CRR:** Conferencias Regionales de Radiocomunicaciones.

**STMC:** Servicio de Telefonía Móvil Celular.

**SMA:** Servicio Móvil Avanzado.

**SVA:** Servicio de Valor Agregado.

**MDBA:** Modulación Digital de Banda Ancha.

**PMR:** *Private Mobile Radio.*

**FDMA:** *Frequency Division Multiple Access* – Acceso Múltiple por División de Frecuencia.

**PABX:** *Private Automatic Branch Exchange.*

**TDMA:** *Time Division Multiple Access* – Acceso Múltiple por División de Tiempo.

**CDMA:** *Code Division Multiple Access* – Código de División de Múltiple Acceso.

**FS:** Estaciones Fijas.

**BS:** Estación base.

**CS:** Estación de control.

**RS:** Estación repetidora.

**MS:** Estaciones móviles.

**PSTN:** *Public Switched Telephone Network.*

**MTSO:** *Mobil Telephonic Switch Office.*

**MSC:** *Mobil Switch Center.*

**HLR:** *Home Location Register* - Registro de Suscriptores Locales.

**VLR:** *Visitors Location Register* - Registro de Suscriptores Visitantes.

**SBU:** Sistema Buscapersonas Unidireccional.

**SBB:** Sistema Buscapersonas Bidireccional.

**FWA:** *Fixed Wireless Acces* - Acceso inalámbrico fijo.

**OFDM:** *Orthogonal Frequency Division* – Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales.

**IMT-2000:** Telecomunicaciones Móviles Internacionales - 2000.

**AMPS:** *Advanced Mobile Phone System* – Sistema Telefónico Móvil Avanzado.

**GSM:** *Global System for Global Communication* – Sistema Global para las Comunicaciones Móviles.

**GPRS:** *General Packet Radio Service*.

## **CAPÍTULO 1**

### **EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO**

#### **1.1 INTRODUCCIÓN**

El propósito de este capítulo es definir los conceptos fundamentales de los sistemas de comunicaciones electrónicas y principalmente de los sistemas de radicomunicaciones, cuyo fin es el intercambio de información entre dos o más ubicaciones. Esto se logra convirtiendo la información de la fuente original a energía electromagnética, transmitiéndola a uno o más destinos, como ondas de radio emitidas por el espacio libre a través de lo que se denomina el Espectro Radioeléctrico, el cual es usado como medio de transmisión y que para facilitar su manejo se encuentra dividido en subsectores o bandas, las cuales se designan por grupos a determinadas aplicaciones, como se verá posteriormente.

Por otro lado, se conocerá como el espectro radioeléctrico es administrado y regulado tanto a nivel mundial por entidades como: UIT, CITELE, UIT-R, entre otras; y a nivel nacional por otras como: CONATEL, SENATEL y SUPTEL. En nuestro país, la distribución del Espectro Radioeléctrico consta en un documento llamado “Plan Nacional de Frecuencias” [1], el mismo que es considerado como una herramienta indispensable para su gestión.

Los Servicios de Radiocomunicaciones a nivel global están regulados por la UIT, pero cada nación ejerce su propia soberanía para su administración. En este capítulo se identificarán estos servicios, centrándose en los aplicados en el Ecuador.

Adicionalmente, durante el desarrollo de este estudio aparecerán algunos términos cuyo significado debe establecerse con claridad, a continuación se presentan las definiciones más importantes tomadas del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT [2]:

- **Ondas Electromagnéticas (OE):** Están formadas por un campo magnético y un campo eléctrico perpendiculares entre sí, se propagan en cualquier medio; no precisan de medios materiales para su propagación. En el vacío dicha propagación avanza a la velocidad de luz,  $c=300.000$  km/s. Así las O.E., transportan energía sin que haya transporte de materia.
- **Frecuencia:** Número de ciclos producidos en un segundo.
- **Radio:** Término general que se aplica al empleo de las ondas radioeléctricas o electromagnéticas.
- **Radiocomunicación:** Toda telecomunicación transmitida por ondas radioeléctricas.
- **Telecomunicación:** Toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad o medios ópticos.
- **Estación:** Uno o más transmisores o receptores, o una combinación de transmisores y receptores, incluyendo las instalaciones accesorias, necesarios para asegurar un servicio de radiocomunicación, o el servicio de radioastronomía en un lugar determinado.
- **Servicio de Radiocomunicación:** Implica la transmisión, la emisión o la recepción de ondas radioeléctricas para fines específicos de telecomunicación [2].



### 1.1.1 Definición de Espectro Radioeléctrico

Según la UIT<sup>1</sup> el espectro radioeléctrico es el conjunto de ondas electromagnéticas, cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de 3 000 GHz, que se propagan por el espacio sin guía artificial.

El espectro radioeléctrico es un recurso natural, de carácter limitado, que constituye un bien de dominio público, sobre el cual el Estado ejerce su soberanía.

La Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada en el Art. 2 establece [1]: *“El espectro radioeléctrico es un recurso natural de propiedad exclusiva del estado y como tal constituye un bien de dominio público, inalienable e imprescriptible, cuya gestión, administración y control corresponde al Estado.*

### 1.1.2 Distribución del Espectro Radioeléctrico

El espectro radioeléctrico se subdivide en nueve bandas de frecuencias, que se designan por números enteros, en orden creciente, de acuerdo a la Tabla. 1.1. Dado que la unidad de frecuencia es el hertzio (Hz), las frecuencias se expresan:

- En kilohertzios (kHz) hasta 3 000 kHz, inclusive;
- En megahertzios (MHz) por encima de 3 MHz hasta 3 000 MHz, inclusive;
- En gigahertzios (GHz) por encima de 3 GHz hasta 3 000 GHz, inclusive.

Tabla. 1. 1. Bandas de frecuencias y longitudes de onda

<b>DISTRIBUCIÓN CONVENCIONAL DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO</b>					
<b>SIGLA</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>LONGITUD DE ONDA</b>	<b>GAMA DE FRECUENC.</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>USO TIPICO</b>
<b>VLF</b>	<b>VERY LOW FRECUENCIES</b> Frecuencias muy bajas	30.000 m a 10.000 m	10 KHz a 30 KHz	Propagación por onda de tierra, atenuación débil. Características estables.	ENLACES DE RADIO A GRAN DISTANCIA
<b>LF</b>	<b>LOW FRECUENCIES</b> Frecuencias bajas	10.000 m. a 1.000 m.	30 KHz a 300 KHz	Similar a la anterior, pero de características menos estables.	ENLACES DE RADIO A GRAN DISTANCIA, AYUDA A LA NAVEGACIÓN AÉREA Y MARÍTIMA.
<b>MF</b>	<b>MEDIUM FRECUENCIES</b> Frecuencias medias	1.000 m. a 100 m.	300 KHz a 3 MHz	Similar a la precedente pero con una absorción elevada durante el día. Propagación prevalentemente Ionosférica durante la noche.	RADIODIFUSIÓN
<b>HF</b>	<b>HIGH FRECUENCIES</b> Frecuencias altas	100 m. a 10 m.	3 MHz a 30 MHz	Propagación prevalentemente Ionosférica con fuertes variaciones estacionales y en las diferentes horas del día y de la noche.	COMUNICACIONES DE TODO TIPO A MEDIA Y LARGA DISTANCIA
<b>VHF</b>	<b>VERY HIGH FRECUENCIES</b> Frecuencias muy altas	10 m. a 1 m.	30 MHz a 300 MHz	Prevalentemente propagación directa, esporádicamente propagación Ionosférica o Troposférica.	ENLACES DE RADIO A CORTA DISTANCIA, TELEVISIÓN, FRECUENCIA MODULADA
<b>UHF</b>	<b>ULTRA HIGH FRECUENCIES</b> Frecuencias ultra altas	1 m. a 10 cm.	300 MHz a 3 GHz	Exclusivamente propagación directa, posibilidad de enlaces por reflexión o a través de satélites artificiales.	ENLACES DE RADIO, RADAR, AYUDA A LA NAVEGACIÓN AÉREA, TELEVISIÓN
<b>SHF</b>	<b>SUPER HIGH FRECUENCIES</b> Frecuencias superaltas	10 cm. a 1 cm.	3 GHz a 30 GHz	COMO LA PRECEDENTE	RADAR, ENLACES DE RADIO

<b>DISTRIBUCIÓN CONVENCIONAL DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO</b>					
<b>SIGLA</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>LONGITUD DE ONDA</b>	<b>GAMA DE FRECUENC.</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>USO TIPICO</b>
<b>EHF</b>	<b>EXTRA HIGH FRECUENCIES</b> Frecuencias extra-altas	1 cm. a 1 mm.	30 GHz a 300 GHz	COMO LA PRECEDENTE	COMO LA PRECEDENTE
<b>EHF</b>	<b>EXTRA HIGH FRECUENCIES</b> Frecuencias extra-altas	1 mm. a 0,1 mm.	300 GHz a 3.000 GHz	COMO LA PRECEDENTE	COMO LA PRECEDENTE

Es importante notar que la longitud de onda  $\lambda$ , expresada en unidades métricas y la frecuencia  $f$  están relacionadas estrechamente con la siguiente relación:

$$\lambda = \frac{C}{f} [m], \quad (1.1)$$

donde podemos observar que mientras la frecuencia aumenta la longitud de onda disminuye y viceversa. De esta manera, se afirma que las bandas pueden utilizar una nomenclatura que da idea del orden en magnitud de las longitudes de onda correspondientes a las bandas, denominada designación métrica.

Muchas estaciones locales de radiodifusión comercial de todo el mundo aún utilizan ondas portadoras de frecuencia media, comprendidas entre 500 y 1.700 kHz, para transmitir su programación diaria. Esta banda de frecuencias, comprendida dentro de la banda MF, se conoce como Onda Media (OM) o *Medium Wave* (MW). Sus longitudes de onda se miden en metros, partiendo desde los 1 000 m y disminuyendo progresivamente hasta llegar a los 100 m. Por tanto, como se podrá apreciar, la longitud de onda disminuye a medida que aumenta la frecuencia.

Si se emiten frecuencias más altas, comprendidas entre 3 y 30 MHz, se tienen las denominadas frecuencias altas de onda corta (OC) o SW (*Short Wave*), insertadas dentro de la banda HF. Las frecuencias de ondas cortas las emplean, fundamentalmente, estaciones de radiodifusión comerciales y gubernamentales que transmiten programas dirigidos a otros países. Cuando las ondas de radio alcanzan esas

altas frecuencias, su longitud de onda se reduce progresivamente, desde los 100 a los 10m.

Dentro del espectro electromagnético de las ondas de radiofrecuencia se incluye las bandas de VHF y UHF. Dentro de la banda de UHF funcionan también los teléfonos móviles o celulares, los receptores *Global Positioning System* – Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y las comunicaciones espaciales. A continuación de la UHF se encuentran las bandas SHF y EHF. En la banda SHF funcionan los satélites de comunicación, radares, enlaces por microonda y los hornos domésticos de microondas. En la banda EHF funcionan también las señales de radares y equipos de radionavegación

### 1.1.3 Regulación del Espectro Radioeléctrico

La base legal tiene por objeto normar en el territorio nacional la instalación, operación, utilización y desarrollo de toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, imágenes, sonidos e información de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos y otros sistemas electromagnéticos. Por tanto, exclusivamente el Estado tiene la potestad de normar el uso de recursos naturales como el Espectro de Frecuencias radioeléctricas, administrando, regulando y controlando su utilización en sistemas de telecomunicaciones en todo el territorio ecuatoriano.

No obstante, el uso del Espectro Radioeléctrico debe ser compatible y armonizado alrededor del mundo, para lo cual la mayor parte de países, fabricantes, operadores e instituciones particulares se agrupan en la UIT y sus dependencias para establecer las mejores condiciones de este recurso. Algunas de estas dependencias son las que se describen a continuación:

- **UIT:** Es un organismo perteneciente a las Naciones Unidas, encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional. Creada el 9 de diciembre de 1932 en sustitución de la UTI y URI. La normativa generada por la UIT está contenida en un amplio conjunto de documentos denominados Recomendaciones, agrupados por series. Cada serie está compuesta por las Recomendaciones correspondientes a un mismo tema, por ejemplo Tarificación,

Mantenimiento, etc. Aunque en las Recomendaciones nunca se "ordena", solo se "recomienda", su contenido, a nivel de relaciones internacionales, es considerado como mandatario por las Administraciones y Empresas Operadoras.

- **UIT-R:** Es el Sector de la UIT encargado de la Radiocomunicaciones, su función es garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los que utilizan la órbita de los satélites geoestacionarios, y llevar a cabo estudios en todas las gamas de frecuencias, sobre la base de los cuales se adoptan Recomendaciones.
- **CITEL:** La Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL), es una entidad de la Organización de los Estados Americanos, con sede en Washington, DC, donde los gobiernos y el sector privado se reúnen para coordinar los esfuerzos regionales para desarrollar la Sociedad Global de la Información. Participan 35 estados miembros y más de 200 miembros asociados. Esta organización tiene autonomía para realizar sus funciones dentro de los límites prescritos por la Carta de la OEA, su Estatuto y los mandatos de la Asamblea General. Sus objetivos incluyen facilitar y promover el continuo desarrollo de las telecomunicaciones en el hemisferio.
- **Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT:** Las frecuencias radioeléctricas se propagan a menudo a través de las fronteras nacionales de manera intencionada o inevitable. Ello hace necesario asegurar que las señales no se interfieran entre sí. También es importante armonizar la utilización del espectro radioeléctrico a escala internacional porque muchas aplicaciones de radiocomunicaciones se utilizan en movimiento; por ejemplo, los equipos radioeléctricos a bordo de barcos o de aeronaves o los teléfonos móviles. Con la armonización internacional se puede reducir el coste de los equipos y se pueden aprovechar las economías de escala. El Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT proporciona el marco internacional para lograr dicha armonización. Dentro de este marco, que es bastante flexible, los países pueden elaborar y adoptar su propia legislación y regulación nacional para la utilización del espectro radioeléctrico.

El Reglamento de Radiocomunicaciones, que es el tratado internacional que gobierna la utilización del espectro de radiofrecuencias y de las órbitas de los satélites geoestacionarios y no geoestacionarios, es redactado y actualizado por los Estados Miembros de la UIT en las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones (CMR). Este reglamento también proporciona reglas para el mantenimiento de los registros de frecuencias y las órbitas de los satélites que utilizan las administraciones. [3]

- **CMR:** Es un acontecimiento fundamental para el cumplimiento de las principales responsabilidades de la UIT, para asegurar una utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de radiofrecuencias por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los que utilizan las órbitas de los satélites geoestacionarios o de otro tipo de satélites.

La CMR es parte del Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R), que es el único Sector de la Unión que elabora textos con carácter de tratado internacional. Otros organismos que pueden elaborar textos con carácter de tratado son la Conferencia de Plenipotenciarios, las Conferencias Mundiales sobre Telecomunicaciones Internacionales (CMTI) y las Conferencias Regionales de Radiocomunicaciones (CRR).

Las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones normalmente se convocan cada dos o tres años. De forma general, una CMR puede:

- Revisar el Reglamento de Radiocomunicaciones de forma parcial o, en casos excepcionales, de forma total.
- Abordar cualquier asunto relativo a las radiocomunicaciones con carácter mundial dentro de su competencia.
- Encargar a la Junta del Reglamento de Radiocomunicaciones y a la Oficina de Radiocomunicaciones que lleven a cabo ciertas actividades específicas y revisen dichas actividades.
- Determinar temas de estudio para la Asamblea de Radiocomunicaciones y las Comisiones de Estudio del UIT-R.
- Identificar los asuntos que debe considerar la Asamblea a la hora de preparar futuras Conferencias de Radiocomunicaciones.

Además, las CMR consideran y aprueban el Informe del Director de la BR<sup>2</sup> relativo a las actividades llevadas a cabo por el Sector de Radiocomunicaciones desde la CMR anterior. También puede incluir en sus decisiones las instrucciones o peticiones dirigidas al Secretario General y a los Sectores de la Unión para que realicen tareas específicas[3].

Dentro de los instrumentos legales y reglamentarios más importantes que rigen las telecomunicaciones y particularmente el espectro radioeléctrico en el país, se tienen los siguientes:

- ***Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada:*** Esta Ley constituye el marco legal vigente del sector mediante la cual se establece una transformación fundamental en el régimen de las telecomunicaciones ecuatorianas al acoger como principio general la libre competencia en la prestación de estos servicios y sólo como régimen de excepción, la operación de aquellos que serán prestados en régimen de exclusividad regulada.
- ***Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones:*** Es un documento usado en el Ecuador con la finalidad de establecer las normas y procedimientos generales aplicables a las funciones de planificación, regulación, gestión y control de la prestación de servicios de telecomunicaciones y la operación, instalación y explotación de los mismos.
- ***Reglamento de Radiocomunicaciones:*** El Reglamento de Radiocomunicaciones es un instrumento jurídico sobre las radiocomunicaciones, que establece los procedimientos y principios que rigen a los servicios y sistemas que hacen uso del espectro radioeléctrico en el país.
- ***Plan Nacional Frecuencias:*** En este Plan se establecen las normas para la atribución de las bandas, subbandas y canales radioeléctricos para los diferentes servicios de radiocomunicaciones, en el Ecuador. Una descripción más detallada de este instrumento se realizará en el punto 1.1.4.

El sector de telecomunicaciones en el país tiene una estructura, definida en la Ley, en la que existen cuatro entidades que realizan las funciones de administrar, regular y controlar las cuales se describen a continuación:

El *Consejo Nacional de Telecomunicaciones* (CONATEL) es el ente encargado de dictar políticas y normas para regular los servicios de Telecomunicaciones. Está facultado por la Ley para otorgar concesiones y permisos para la explotación de los servicios de Telecomunicaciones mediante procedimientos dictados por la Ley. Entre sus funciones se incluyen:

- Dictar las políticas de Estado con relación al sector.
- Aprobar el Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones.
- Aprobar los pliegos tarifarios de los servicios de telecomunicaciones, así como los cargos por interconexión.
- Establecer términos, condiciones y plazos para otorgar las concesiones y autorizaciones del uso de frecuencias, así como la autorización de la explotación de los servicios finales y portadores de telecomunicaciones.
- Declarar de utilidad pública, con fines de expropiación, los bienes indispensables para el normal funcionamiento del sector.

La *Secretaría Nacional de Telecomunicaciones* (SENATEL) es el órgano ejecutor de las políticas y resoluciones del CONATEL. Entre sus funciones constan:

- Cumplir con las resoluciones del CONATEL.
- Elaborar el Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones, el Plan de Frecuencias y de uso del Espectro Radioeléctrico y someterlo a la aprobación del CONATEL.
- Conocer los pliegos tarifarios de los servicios de telecomunicaciones abiertos a la correspondencia pública propuestos por los operadores y presentar el correspondiente informe al CONATEL.
- Suscribir, a nombre del CONATEL y bajo su autorización, los contratos de concesión para la explotación de los servicios de telecomunicaciones.



La *Superintendencia de Telecomunicaciones* (SUPTTEL) es el organismo encargado de gestionar, administrar y controlar el uso del espectro radioeléctrico y de vigilar que las empresas que prestan servicios de telecomunicaciones cumplan con lo establecido en la Ley y en los contratos de concesión; entre sus funciones se encuentran:

- Cumplir y supervisar la observancia de las regulaciones del CONATEL.
- Controlar y monitorear el espectro radioeléctrico.
- Ser el órgano de control técnico de las empresas que exploten servicios de telecomunicaciones.
- Supervisar el cumplimiento de los contratos de concesión para la explotación de los servicios de telecomunicaciones.
- Controlar la correcta aplicación de los pliegos tarifarios aprobados por el CONATEL.
- Imponer sanciones en caso de infracción.

El *Consejo Nacional de Radio y Televisión* (CONARTEL), es el encargado de otorgar frecuencias o canales para radiodifusión y televisión, teniendo también como funciones las de regular y autorizar estos servicios en el territorio nacional. El control del segmento lo realizará la Superintendencia de Telecomunicaciones.

#### **1.1.4 Plan Nacional de Frecuencias**

El Plan Nacional de Frecuencias es un documento que expresa la soberanía del Estado en materia de administración del Espectro Radioeléctrico y de los servicios de radiocomunicaciones. Siendo una de las herramientas indispensables de las que debe disponer el órgano Regulador de las Telecomunicaciones para proceder a la adecuada y eficaz gestión del Dominio Público Radioeléctrico.

El Plan está formado por 3 partes:

- Términos y definiciones establecidas por la UIT.
- Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias en el rango de 9 KHz – 1000 GHz.
- Descripción de la Notas de pie de cuadro tanto nacionales como internacionales.

En resumen el Plan Nacional de Frecuencias establece:

- Atribución de bandas y subbandas a los servicios.
- Servicios específicos.
- Adjudicaciones y reserva de frecuencias para usos específicos.
- Calendarios de ocupación y migración de bandas.
- Adaptabilidad de nuevas tecnologías.

A continuación se presentan las definiciones más importantes relacionadas con la administración del espectro:

- **Administración:** Todo departamento o servicio gubernamental responsable del cumplimiento de las obligaciones derivadas de la Constitución de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, del Convenio de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y de sus Reglamentos Administrativos [3].
- **Atribución (de una banda de frecuencias):** Inscripción en el Cuadro de atribución de bandas de frecuencias, de una banda de frecuencias determinada, para que sea utilizada por uno o varios servicios de radiocomunicación terrenal o espacial o por el servicio de radioastronomía en condiciones especificadas. Este término se aplica también a la banda de frecuencias considerada.
- **Adjudicación (de una frecuencia o de un canal radioeléctrico):** Inscripción de un canal determinado en un plan, adoptado por una conferencia competente, para ser utilizado por una o varias administraciones para un servicio de radiocomunicación terrenal o espacial en uno o varios países o zonas geográficas determinados y según condiciones especificadas.
- **Asignación (de una frecuencia o de un canal radioeléctrico):** Autorización que da una administración para que una estación radioeléctrica utilice una frecuencia o un canal radioeléctrico determinado en condiciones especificadas.
- **Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias:** Cuadro donde se inscriben las bandas de frecuencias atribuidas a diferentes servicios de radiocomunicación

terrenal o por satélite o para servicios de radioastronomía, señalando la categoría atribuida a los diferentes servicios así como las condiciones específicas y restricciones en el uso de algunas frecuencias por determinados servicios de radiocomunicación.

Para conocer los servicios de telecomunicaciones disponibles en determinada banda, acudimos al Cuadro Nacional, donde primeramente buscamos la banda de interés y revisamos la información requerida. Durante el proceso se deben tener en cuenta algunas consideraciones:

- Cuando, en una casilla del cuadro, una banda de frecuencias se atribuye a servicios “primarios”, el nombre está impreso en letras “mayúsculas”; para servicios “secundarios” estará impreso en “caracteres normales”.
- Las observaciones complementarias se indican en caracteres normales.
- La banda de frecuencias a que se refiere cada atribución se indica en la esquina izquierda de la casilla en cuestión.
- Cuando una atribución del Cuadro Nacional vaya acompañada de una indicación entre paréntesis, la atribución al servicio se limitará al tipo de explotación indicado.
- Los números que aparecen en la parte inferior de las casillas del Cuadro Nacional, debajo de los nombres del servicio o de los servicios a los que atribuye la banda, son referencias a notas situadas al pie de las páginas, que se aplican a todas las atribuciones que figuran en la casilla de que se trate.
- Los números que figuran, en algunos casos, a la derecha del nombre de un servicio, son referencias a notas que aparecen al pie de página, que se refieren únicamente a este servicio.
- En el Cuadro Nacional se ha considerado la columna referida a la Región 2 del Cuadro de Atribución de bandas de frecuencias del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT y la columna relacionado al Ecuador. La columna de la Región 2 excluye las notas de pie de Cuadro referentes a la Región 1 y 3; y en la columna de Ecuador se indicarán únicamente las notas generales de pie de Cuadro de la Región 2.

Desde el punto de vista de la atribución de las bandas de frecuencias, la ITU ha dividido al mundo en tres Regiones indicadas en la Figura. 1.1 y Tabla. 1.2. En la Figura. 1.1 la parte sombreada representa la Zona Tropical [4].

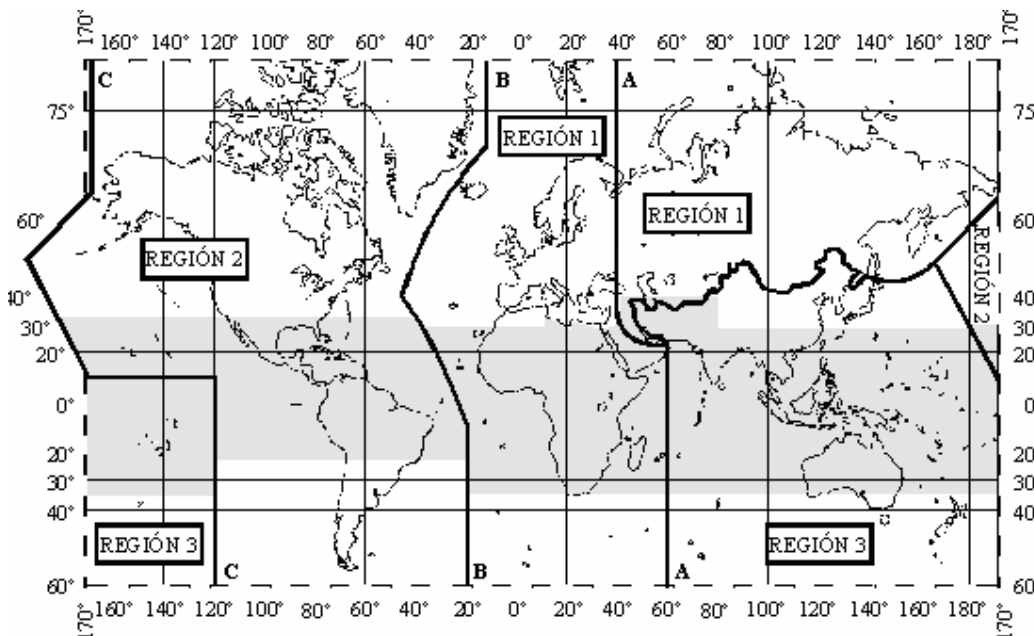


Figura. 1. 1. Regiones y Zonas

Tabla. 1. 2. Regiones y Zonas

REGION 1	REGION 2	REGION 3
Europa África Medio Oriente Mongolia Repúblicas de la ex Unión Soviética	Países de las Américas	Resto del mundo principalmente Asia y Oceanía

Por lo tanto el Ecuador pertenece a la Región 2 y maneja un Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias basándose en el asignado para esta Región, pero ejerciendo su soberanía al momento de designar el servicio a cada una de estas bandas, así como podemos observar en la Tabla. 1.3:

**Tabla. 1. 3. Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de frecuencias 470 – 890 MHz [5]**

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	NOTAS
470 - 512 RADIODIFUSIÓN Fijo Móvil S5.292 S5.293	470 - 512 FIJO MÓVIL S5.293	EQA.55 EQA.60 EQA.115
512 - 608 RADIODIFUSIÓN S5.297	512 - 608 RADIODIFUSIÓN	EQA.120
608 - 614 RADIOASTRONOMÍA Móvil por satélite salvo móvil aeronáutico por satélite (Tierra-espacio)	608 - 614 RADIOASTRONOMÍA Móvil por satélite salvo móvil aeronáutico por satélite (Tierra-espacio)	
614 - 806 RADIODIFUSIÓN Fijo Móvil S5.293 S5.309 S5.311	614 - 806 RADIODIFUSIÓN Fijo Móvil S5.293 S5.311	EQA.125 EQA.130
806 - 890 FIJO MÓVIL S5.XXX RADIODIFUSIÓN S5.317 S5.318	806 - 890 FIJO MÓVIL S5.XXX S5.317	EQA.135 EQA.140 EQA.145

La asignación de los servicios se basa principalmente en las recomendaciones internacionales, pero el país al ejercer su soberanía, especifica mediante las Notas. EQA<sup>3</sup> los servicios que están disponibles, de acuerdo a su manera de administración y regulación del Espectro Radioeléctrico.

## 1.2 SERVICIOS UTILIZADOS EN EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

### 1.2.1 Servicios Radioeléctricos

A nivel mundial para los diferentes servicios radioeléctricos hay una asignación de frecuencias efectuada por la UIT, en el cual están representadas todas las naciones interesadas. A fin de estandarizar la denominación de las diferentes operaciones de radiocomunicaciones la UIT a definido los siguientes servicios:

- **Servicio de radiocomunicación:** Servicio que implica la transmisión, la emisión o la recepción de ondas radioeléctricas para fines específicos de telecomunicación.

- ***Servicio fijo:*** Servicio de radiocomunicación entre puntos fijos determinados.
- ***Servicio fijo por satélite:*** Servicio de radiocomunicación entre estaciones terrenas situadas en emplazamientos dados cuando se utilizan uno o más satélites; el emplazamiento dado puede ser un punto fijo determinado o cualquier punto fijo situado en una zona determinada; en algunos casos, este servicio incluye enlaces entre satélites que pueden realizarse también dentro del servicio entre satélites; el servicio fijo por satélite puede también incluir enlaces de conexión para otros servicios de radiocomunicación espacial.
- ***Servicio entre satélites:*** Servicio de radiocomunicación que establece enlaces entre satélites artificiales.
- ***Servicio de operaciones espaciales:*** Servicio de radiocomunicación que concierne exclusivamente al funcionamiento de los vehículos espaciales, en particular el seguimiento espacial, la telemedida espacial y el telemando espacial. Estas funciones serán normalmente realizadas dentro del servicio en el que funcione la estación espacial.
- ***Servicio móvil:*** Servicio de radiocomunicación entre estaciones móviles y estaciones o únicamente entre estaciones móviles (CV).
- ***Servicio móvil por satélite: Servicio de radiocomunicación:***
  - Entre estaciones terrenas móviles y una o varias estaciones espaciales o entre estaciones espaciales utilizadas por este servicio
  - Entre estaciones terrenas móviles por intermedio de una o varias estaciones espaciales.También pueden considerarse incluidos en este servicio los enlaces de conexión necesarios para su explotación.
- ***Servicio móvil terrestre:*** Servicio móvil entre estaciones de base y estaciones móviles terrestres o entre estaciones móviles terrestres.

- ***Servicio móvil terrestre por satélite:*** Servicio móvil por satélite en el que las estaciones terrenas móviles están situadas en tierra.
- ***Servicio móvil marítimo:*** Servicio móvil entre estaciones costeras y estaciones de barco, entre estaciones de barco, o entre estaciones de comunicaciones a bordo asociadas; también pueden considerarse incluidas en este servicio las estaciones de embarcación o dispositivo de salvamento y las estaciones de radiobaliza de localización de siniestros.
- ***Servicio móvil marítimo por satélite:*** Servicio móvil por satélite en el que las estaciones terrenas móviles están situadas a bordo de barcos; también pueden considerarse incluidas en este servicio las estaciones de embarcación o dispositivo de salvamento y las estaciones de radiobaliza de localización de siniestros.
- ***Servicio de operaciones portuarias:*** Servicio móvil marítimo en un puerto o en sus cercanías, entre estaciones costeras y estaciones de barco, o entre estaciones de barco, cuyos mensajes se refieren únicamente a las operaciones, movimiento y seguridad de los barcos y, en caso de urgencia, a la salvaguardia de las personas.
- ***Servicio de movimiento de barcos:*** Servicio de seguridad, dentro del servicio móvil marítimo, distinto del servicio de operaciones portuarias, entre estaciones costeras y estaciones de barco, o entre estaciones de barco, cuyos mensajes se refieren únicamente a los movimientos de los barcos.  
Quedan excluidos de este servicio los mensajes con carácter de correspondencia pública.
- ***Servicio móvil aeronáutico:*** Servicio móvil entre estaciones aeronáuticas y estaciones de aeronave, o entre estaciones de aeronave, en el que también pueden participar las estaciones de embarcación o dispositivo de salvamento; también pueden considerarse incluidas en este servicio las estaciones de radiobaliza de localización de siniestros que operen en las frecuencias de socorro y de urgencia designadas. Reservado a las comunicaciones

aeronáuticas relativas a la seguridad y regularidad de los vuelos, principalmente en las rutas nacionales o internacionales de la aviación civil. Destinado a asegurar las comunicaciones, incluyendo las relativas a la coordinación de los vuelos, principalmente fuera de las rutas nacionales e internacionales de la aviación civil.

- ***Servicio móvil aeronáutico por satélite:*** Servicio móvil por satélite en el que las estaciones terrenas móviles están situadas a bordo de aeronaves; también pueden considerarse incluidas en este servicio las estaciones de embarcación o dispositivo de salvamento y las estaciones de radiobaliza de localización de siniestros. Reservado a las comunicaciones relativas a la seguridad y regularidad de los vuelos, principalmente en las rutas nacionales o internacionales de la aviación civil.
- ***Servicio móvil aeronáutico por satélite:*** Servicio móvil aeronáutico por satélite destinado a asegurar las comunicaciones, incluyendo las relativas a la coordinación de los vuelos, principalmente fuera de las rutas nacionales e internacionales de la aviación civil.
- ***Servicio de radiodifusión:*** Servicio de radiocomunicación cuyas emisiones se destinan a ser recibidas directamente por el público en general. Dicho servicio abarca emisiones sonoras, de televisión o de otro género (CS).
- ***Servicio de radiodifusión por satélite:*** Servicio de radiocomunicación en el cual las señales emitidas o retransmitidas por estaciones espaciales están destinadas a la recepción directa por el público en general.  
En el servicio de radiodifusión por satélite la expresión «recepción directa» abarca tanto la recepción individual como la recepción comunal.
- ***Servicio de radio determinación:*** Servicio de radiocomunicación para fines de radio determinación.



- ***Servicio de radiodeterminación por satélite:*** Servicio de radiocomunicación para fines de radiodeterminación, y que implica la utilización de una o más estaciones espaciales.  
Este servicio puede incluir también los enlaces de conexión necesarios para su funcionamiento.
- ***Servicio de radionavegación:*** Servicio de radiodeterminación para fines de radionavegación.
- ***Servicio de radionavegación por satélite:*** Servicio de radiodeterminación por satélite para fines de radionavegación.  
También pueden considerarse incluidos en este servicio los enlaces de conexión necesarios para su explotación.
- ***Servicio de radionavegación marítima:*** Servicio de radionavegación destinado a los barcos y a su explotación en condiciones de seguridad.
- ***Servicio de radionavegación marítima por satélite:*** Servicio de radionavegación por satélite en el que las estaciones terrenas están situadas a bordo de barcos.
- ***Servicio de radionavegación aeronáutica:*** Servicio de radionavegación destinado a las aeronaves y a su explotación en condiciones de seguridad.
- ***Servicio de radionavegación aeronáutica por satélite:*** Servicio de radionavegación por satélite en el que las estaciones terrenas están situadas a bordo de aeronaves.
- ***Servicio de radiolocalización:*** Servicio de radiodeterminación para fines de radiolocalización.
- ***Servicio de radiolocalización por satélite:*** Servicio de radiodeterminación por satélite utilizado para la radiolocalización.  
Este servicio puede incluir asimismo los enlaces de conexión necesarios para su explotación.

- ***Servicio de ayudas a la meteorología:*** Servicio de radiocomunicación destinado a las observaciones y sondeos utilizados en meteorología, con inclusión de la hidrología.
- ***Servicio de exploración de la Tierra por satélite:*** Servicio de radiocomunicación entre estaciones terrenas y una o varias estaciones espaciales que puede incluir enlaces entre estaciones espaciales y en el que:
  - Se obtiene información sobre las características de la Tierra y sus fenómenos naturales, incluidos datos relativos al estado del medio ambiente, por medio de sensores activos o de sensores pasivos a bordo de satélites de la Tierra.
  - Se reúne información análoga por medio de plataformas situadas en el aire o sobre la superficie de la Tierra.
  - Dichas informaciones pueden ser distribuidas a estaciones terrenas dentro de un mismo sistema.

Este servicio puede incluir también los enlaces de conexión necesarios para su explotación.

- ***Servicio de meteorología por satélite:*** Servicio de exploración de la Tierra por satélite con fines meteorológicos.
- ***Servicio de frecuencias patrón y de señales horarias:*** Servicio de radiocomunicación para la transmisión de frecuencias especificadas, de señales horarias, o de ambas, de reconocida y elevada precisión, para fines científicos, técnicos y de otras clases, destinadas a la recepción general.
- ***Servicio de frecuencias patrón y de señales horarias por satélite:*** Servicio de radiocomunicación que utiliza estaciones espaciales situadas en satélites de la Tierra para los mismos fines que el servicio de frecuencias patrón y de señales horarias.

Este servicio puede incluir también los enlaces de conexión necesarios para su explotación.

- **Servicio de investigación espacial:** Servicio de radiocomunicación que utiliza vehículos espaciales u otros objetos espaciales para fines de investigación científica o tecnológica.
- **Servicio de aficionados:** Servicio de radiocomunicación que tiene por objeto la instrucción individual, la intercomunicación y los estudios técnicos, efectuado por aficionados, esto es, por personas debidamente autorizadas que se interesan en la radiotecnia con carácter exclusivamente personal y sin fines de lucro.
- **Servicio de aficionados por satélite:** Servicio de radiocomunicación que utiliza estaciones espaciales situadas en satélites de la Tierra para los mismos fines que el servicio de aficionados.
- **Servicio de radioastronomía:** Es el servicio que se utiliza para la determinación de datos y parámetros científicos relacionados con la astronomía y cuyo fin es el progreso de la ciencia en general.
- **Servicio de seguridad:** Todo servicio de radiocomunicación que se explote de manera permanente o temporal para garantizar la seguridad de la vida humana y la salvaguardia de los bienes.
- **Servicio especial:** Servicio destinado exclusivamente a satisfacer necesidades determinadas de interés general y no abierto a la correspondencia pública<sup>4</sup> [6].

### 1.2.2 Servicios de Telecomunicaciones en el Ecuador

En el país estos servicios son establecidos por la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, normando su instalación, operación y utilización. Por lo tanto la actual Ley indica que los servicios abiertos a la correspondencia pública se dividen en servicios finales y servicios portadores.

- **Servicios finales de telecomunicaciones:** Son aquellos servicios de telecomunicaciones que proporcionan la capacidad completa para la comunicación entre usuarios, incluidas las funciones del equipo Terminal, generalmente con el requerimiento de elementos de conmutación.

Forman parte de estos servicios inicialmente:

- *Servicio de Telefonía Móvil Celular (STMC):* Este servicio es prestado desde finales de 1993 por las Operadoras Celulares CONECEL Y OTECEL.
- *Servicio Móvil Avanzado (SMA):* Con la finalidad de promover la competencia en el sector y permitir el ingreso de inversión extranjera, se realizó la suscripción del contrato de concesión el 3 de abril de 2003, a TELECSA S.A (Telecomunicaciones Móviles del Ecuador).
- *Servicio de Telefonía Fija Local*
- *Servicio Telefónico de Larga Distancia Internacional*
- *Prestación de Servicios finales de telecomunicaciones a través de terminales de telecomunicaciones de uso público.*
- *Explotación de servicios de telecomunicaciones fijo y móvil por satélites no geoestacionarios que se prestan directamente a usuarios finales a través de sistemas globales.*
- **Servicios portadores:** Aquellos que proporcionan a terceros la capacidad necesaria para la transmisión de signos, señales, datos, imágenes y sonidos entre puntos de terminación de una red definidos, usando uno o más segmentos de una red. El suministro de estos servicios puede ser a través de redes públicas conmutadas o no conmutadas integradas por medios físicos, ópticos y electromagnéticos.

Forman parte de estos servicios:

- Portadores Nacionales
- Portadores Regionales: En el ámbito provincial, con excepción de las provincias que se mencionan a continuación donde se ha realizado una subdivisión en las ciudades más importantes: Guayas (Guayaquil; resto de Guayas), Azuay (Cuenca; resto de Azuay), y Pichincha (Quito; resto de Pichincha).

Además se puede destacar que en este tipo de servicios existen dos modalidades:

- a. Servicios que utilizan redes de telecomunicaciones conmutadas para enlazar los puntos de terminación, tales como la transmisión de datos por redes de conmutación de paquetes, por redes de conmutación de circuitos, por la red conmutada o por la red télex.
- b. Servicios que utilizan redes de telecomunicación no conmutadas. Pertenecen a este grupo, entre otros, el servicio de alquiler de circuitos.

Además, el Reglamento general a la Ley introdujo los denominados Servicios de Valor Agregado (SVA) que pueden ser ubicados dentro de este grupo ya que el acceso a los usuarios finales de los prestadores de servicios de valor agregado deberá realizarse a través de un concesionario de un servicio final.

### 1.2.3 Sistemas de Radiocomunicación

Los sistemas de radiocomunicaciones en el país forman parte de los servicios radioeléctricos definidos por la UIT los cuales rigen a nivel mundial y tienen por objeto, fomentar el uso y explotación del espectro radioeléctrico, de una manera eficaz, eficiente y regulada dentro del territorio nacional, a fin de obtener el máximo provecho de este recurso.

Entre los sistemas de radiocomunicación, se consideran:

- **Modulación Digital de Banda Ancha (MDBA):** Sistema que utiliza la técnica de codificación, en la cual la señal transmitida es expandida y enviada sobre un rango de frecuencias mayor que el mínimo requerido por la señal de información.

- **Sistemas Comunales:** Sistema Comunal de los servicios fijo y móvil terrestre, es el conjunto de estaciones de radiocomunicación utilizadas por el usuario y que comparte en el tiempo un canal radioeléctrico para establecer comunicaciones entre sus estaciones de abonado. Son sistemas especiales de explotación.
- **Sistemas Buscapersonas:** Es un sistema del servicio de radiocomunicaciones móvil terrestre, destinado a cursar mensajes individuales o a grupos, en modo unidireccional o bidireccional, desde redes alámbricas, inalámbricas o ambas hacia una o varias estaciones terminales del sistema. Las estaciones terminales de un Sistema Buscapersonas pueden ser móviles o fijas, esto es, portátiles o estar instaladas en puntos fijos no determinados o en vehículos. Es un sistema de explotación del servicio de radiocomunicaciones.
- **Sistemas Convencionales:** Los sistemas de radio convencional de dos vías son usados ampliamente para aplicaciones de despacho de voz y seguridad a nivel empresarial, privado y gubernamental.
- **Sistema Troncalizado:** Sistema de Radiocomunicación de los Servicios Fijo y Móvil terrestre, que utiliza múltiples pares de frecuencias, en que las estaciones establecen comunicación mediante el acceso en forma automática a cualquiera de los canales que estén disponibles.
- **Enlace radioeléctrico:** Sistema que utiliza el espectro radioeléctrico como medio de transmisión con características específicas para comunicar dos puntos fijos. Conjunto de instalaciones terminales y red de interconexión que funciona en un modo particular a fin de permitir el intercambio de información entre equipos.
- **Satelital privado:** Son servicios de radiocomunicación que se prestan a través de estaciones terrenas, las que hacen uso de capacidad satelital de uno o más satélites nacionales, extranjeros o internacionales, en las frecuencias asociadas para tal efecto. Los Sistemas satelitales comprenden uno o más satélites, con sus frecuencias asociadas, y sus respectivos centros de control, que operan en forma

integrada para hacer disponible capacidad satelital para la prestación de servicios satelitales.

- ***Banda ciudadana:*** El Servicio de Banda Ciudadana es el servicio de radiocomunicaciones fijo y móvil terrestre, establecido para comunicaciones exclusivamente de tipo personal de corta distancia y de experimentación, sin fines políticos, religiosos o de lucro.
  
- ***Radioaficionados:*** Es el servicio de radiocomunicación que tiene por objeto la instrucción individual, la intercomunicación y los estudios técnicos efectuados por radioaficionados, esto es por personas debidamente autorizadas que se interesen en la radiotecnica con carácter exclusivamente personal y sin fines de lucro. Existen radioaficionados novatos, generales, internacionales, de tránsito, se distinguen por el área en donde están permitidos operar.

## **CAPÍTULO 2**

### **EVALUACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN EL PAÍS**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN**

Este capítulo pretende evaluar como el espectro radioeléctrico está siendo utilizado en el Ecuador, se comenzará describiendo a los Servicios Fijo y Móvil en las bandas VHF y UHF, explicando su funcionamiento y la asignación de esta banda en el Plan Nacional de Frecuencias.

Posteriormente, se analizará el Servicio Fijo en bandas sobre 1 GHz, con una descripción de los parámetros técnicos más importantes tales como: características de propagación, alcance, antenas, capacidad, entre otras.

En el país los Servicios Telefónicos Móvil y Fijo Inalámbrico presentan una gran demanda, por lo que es de vital importancia visualizar como han ido evolucionando y creciendo a pasos agigantados. Para tener una visión más clara de este punto se mostrarán estadísticas de su crecimiento. Además se mostrará el porcentaje de ocupación del espectro radioeléctrico en determinadas bandas y servicios, sobre la base de herramientas estadísticas, todo esto para tener una pauta de su ocupación y determinar las medidas a tomar para una administración más eficiente.



## **2.2 EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO DE LOS SERVICIOS FIJO Y MÓVIL BANDAS VHF Y UHF**

### **2.2.1 Banda VHF**

#### **2.2.1.1 Características**

La banda VHF ocupa el rango de frecuencias de 30 MHz a 300 MHz. Conocida como banda métrica ya que su longitud de onda que va de uno a diez metros. En esta banda la propagación se da por onda espacial troposférica ideal para comunicaciones terrestres.

Las antenas utilizadas en los sistemas que operan en esta banda suelen ser antenas lineales constituidas por un radiador con una línea de transmisión abierta y excitada de forma simétrica en uno de sus extremos. Produce campos con polarización lineal, horizontal (H) o vertical (V) según la posición de la antena. La familia de las antenas lineales es muy amplia, y comprende dipolos, apilamientos de dipolos, antenas yagui, paneles, etc [7].

#### **2.2.1.2 Sistemas que funcionan en VHF**

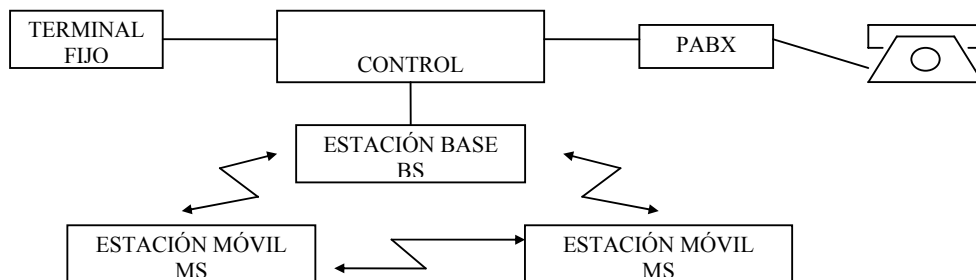
##### **A) Sistema Fijo y Móvil**

###### **◆ Introducción**

Los sistemas de radiocomunicaciones móviles permiten el intercambio de información entre terminales móviles, a bordo de vehículos o transportados por personas y terminales fijos a través de un medio de transmisión radioeléctrico. Estos sistemas suelen ser de cobertura zonal, pudiendo estar los terminales en cualquier punto del área de cobertura. Además, permiten efectuar conexiones entre usuarios fijos desde centros de control o a través de la red telefónica, con usuarios móviles que dispongan del equipo apropiado, constituyéndose de este modo enlaces de telecomunicación de gran ubicuidad, versatilidad y flexibilidad.

Esta gama de aplicaciones ha dado lugar a los sistemas de radiotelefonía privada, *Private Mobile Radio* (PMR), que se caracterizan porque tienen una cobertura básicamente local y no están conectados a la red telefónica pública conmutada. La estructura conceptual de un sistema privado, que comprende una serie de terminales conectados al centro de

control, bien directamente o a través de una pequeña central telefónica privada, *Private Automatic Branch Exchange* (PABX), una estación base y un conjunto de terminales móviles, como se muestra en la Figura 2.1.



**Figura. 2. 1. Estructura de un Sistema Fijo y Móvil**

En las redes móviles tradicionales el problema del acceso al medio se resuelve mediante una asignación rígida de canales. Se trata de un acceso múltiple por división en frecuencia, *Frequency Division Multiple Access* (FDMA). Debido a la escasez de canales RF para el servicio móvil, se están utilizando ya en sistemas más avanzados técnicas de multiacceso basadas en la compartición de frecuencias, denominadas de concentración de enlaces (*Trunking*).

El desarrollo de las comunicaciones móviles se debe principalmente a la evolución de los sistemas de control de las mismas. Se ha pasado de una señalización y control basados en corriente continua y tonos a una señalización digital, mucho más sofisticada. El grado de madurez alcanzado hace viable técnica y económicamente la interconexión entre redes móviles y la red telefónica pública conmutada, estableciéndose nuevos sistemas, denominados de Telefonía Móvil Automática (TMA), con coberturas que se extienden desde el territorio de una nación a un continente entero.

En la actualidad, se han comenzado a utilizar las técnicas digitales para las comunicaciones móviles, lo cual permite la aplicación de nuevas metodologías de acceso, como son las de acceso múltiple por división en el tiempo, *Time Division Multiple Access* (TDMA), con técnicas de banda estrecha, y el acceso múltiple por división de código, *Code Division Multiple Access* (CDMA) con técnicas de espectro ensanchado [8].

### ◆ Componentes de un Sistema Fijo y Móvil

- **Estaciones Fijas (FS):** Estación radioeléctrica exclusivamente de uso fijo y no en movimiento.
- **Estación base (BS):** Estaciones fijas que pueden ser controladas por una unidad de control.
- **Estación de control (CS):** Estaciones fijas que controlan automáticamente las emisiones o el funcionamiento de otra estación fija.
- **Estación repetidora (RS):** Estaciones que retransmiten señales recibidas y permiten la cobertura en una zona no accesible por la estación base.
- **Estaciones móviles (MS):** Conocidas también como terminales. Son estaciones radioeléctricas del servicio móvil usadas en un vehículo en marcha o que efectúa paradas en puntos indeterminados, este tipo de estaciones incluye a los equipos portátiles o de mano, transportables.
- **Equipos de Control:** El conjunto de equipos de control lo forman los dispositivos necesarios para el gobierno de las estaciones de base, la generación y recepción de llamadas, localización e identificación de usuarios, de equipos y vehículos, transferencia de llamadas a red telefónica, señalización de canales, etc. En las comunicaciones móviles de datos se incluyen aquí los terminales de datos (pantallas, impresoras), miniordenadores y controladores.

### ◆ Funcionamiento

Los sistemas fijos y móviles de acuerdo al sector de aplicación, ocupan la banda VHF de la siguiente manera [8]:

- Banda <<Baja>> de 30 a 80 MHz
- Banda <<Alta>> de 140 a 170 MHz
- Banda <<III>> de 223 a 235 MHz

Se caracterizan porque su área de acción territorial suele estar limitada y no están conectados de forma expresa a la red telefónica pública conmutada, *Public Switched Telephone Network* (PSTN).

Para los cálculos de cobertura en el servicio móvil se debe tener presente que el alcance de una estación es del orden de la distancia al horizonte radioeléctrico  $d_h$ , la cual depende de la altura  $h_t$  de la antena de transmisión sobre el nivel medio del terreno circundante y de la altura de la antena del receptor sobre el suelo  $h_r$ .

$$d_h (km) = 4.1 \left[ \sqrt{h_t (m)} + \sqrt{h_r (m)} \right] \quad (2.1)$$

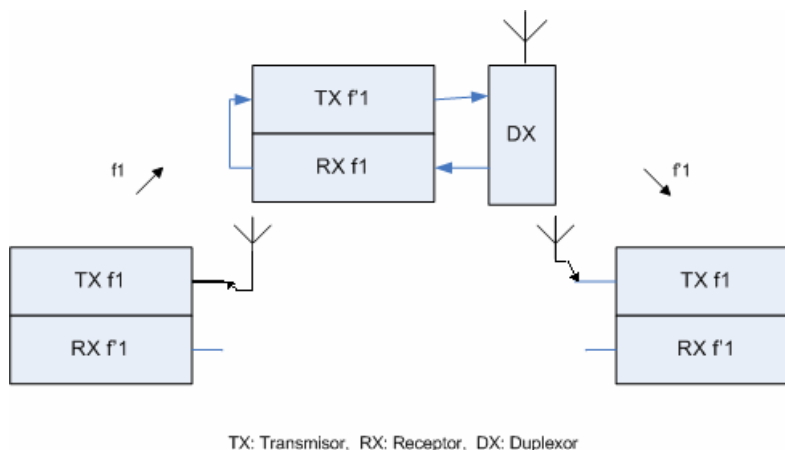
Por lo tanto la elección adecuada de  $h_t$  es importante para lograr el alcance deseado. Los valores típicos de alturas son:

- Estaciones de base: 15-100m
- Estaciones repetidoras: 50-1.000 m
- Estaciones móviles: 1,5-3 m

Aunque la altura de las repetidoras pueden ser mucho más grandes.

Este sistema puede usar canalización normal con separación de canales  $\Delta f=25$  kHz, desviación de frecuencia utilizada  $f_d=5$  kHz, y ancho de banda necesaria para la transmisión de 16 kHz. Así también se puede usar canalización estrecha que es exclusiva para este tipo de sistemas, donde la separación de canales es  $\Delta f=12,5$  kHz. La excursión de frecuencia toma el valor  $f_d=1,5$  kHz, y ancho de banda necesaria es de 8,5 kHz. Como la diferencia entre ancho de canal y ancho de banda necesaria es más pequeña que en el caso anterior la tolerancia de frecuencia de la portadora deberá ser algo más estricta. Actualmente ya existen equipos que operan con una separación de canales de 6,25 kHz.

El tipo de operación más usado es semidúplex en la cual para lograr comunicación de todos con todos en los canales simples a dos frecuencias, se configura la estación de base de forma que retransmita las señales que recibe, procedimiento denominado *talk-through* (TT). En este caso, la estación de base funciona en dúplex y los móviles en simplex. A este tipo de circuitos, que son simplex en un extremo y dúplex en el otro, se les denomina semidúplex. En la Figura 2.2 se representa su esquema.



**Figura. 2. 2. Operación del Sistema Fijo y Móvil**

La estación de base transmite en  $f_1'$  y recibe en  $f_1$ , las móviles transmiten en  $f_1$  y reciben en  $f_1'$  (frecuencias << cruzadas >>). La estación de base dispone de un *duplexor* (DX) y las móviles utilizan un conmutador de antena el cual generalmente se implementa a través de un pulsador que efectúa el cambio de canal denominado *Push to Talk* (PTT). La base está dispuesta para retransmitir automática y simultáneamente en  $f_1'$  y cualquier señal que originen las estaciones móviles en  $f_1$ . El duplexor permite la utilización de una sola antena en la base para transmisión y recepción simultáneas. Un móvil lanza en  $f_1$  una llamada que es recibida por la base y retransmitida en  $f_1'$  a todos los móviles [8].

## 2.2.2 Banda UHF

### 2.2.2.1 Características

La banda UHF ocupa el rango de frecuencias de 300 MHz a 3 GHz. En esta banda se produce la propagación por onda espacial troposférica, con una atenuación adicional máxima de 1dB si existe despejamiento de la primera zona de Fresnel.

Esta banda es ampliamente usada por agencias de servicio público para comunicación con radios de dos vías, usando modulación de frecuencias de banda angosta, también son usadas para teléfonos móviles y sistemas de posicionamiento global.

Adicionalmente, es necesario conocer que la transmisión punto a punto de ondas de radio es afectado por muchas variables: humedad atmosférica, corriente de partículas del sol llamadas “viento solar”, y la hora del día, todo tendrá un efecto sobre la transmisión de la señal. Todas las ondas de radio son parcialmente absorbidas por la humedad atmosférica. La absorción atmosférica reduce, o atenúa, la potencia de las señales de radio sobre distancias largas. Los efectos de atenuación aumentan según la frecuencia. La banda UHF es generalmente más degradada por la humedad que bandas inferiores como VHF. La ionosfera está llena de partículas cargadas que pueden reflejar ondas de radio. La reflexión de ondas de radio puede ser provechosa en la transmisión de una señal de radio sobre distancias largas. UHF se beneficia menos de los efectos de reflexión que bandas de frecuencias mas bajas.

Un aspecto muy importante de la transmisión UHF es la longitud de onda corta producida por una frecuencia alta. El tamaño del equipo para transmisión y recepción, (especialmente antenas), es acorde al tamaño de la onda de radio. Antenas más pequeñas y menos visibles pueden ser usadas en esta banda a diferencia de los equipos usados con frecuencias mas bajas. La señal de UHF, especialmente en la parte alta de la banda, viaja por rutas con línea de vista. Las transmisiones generadas por radios de dos vías y teléfonos inalámbricos tienen zonas de coberturas limitadas para no interferir con transmisiones locales [9].

### **2.2.2.2 Sistemas que funcionan en UHF**

#### **A) Sistemas de Telefonía Móvil**

##### **◆ Características**

La parte baja de la banda ha sido usada para brindar servicios de radios de 2 vías cuyo funcionamiento es similar al de los sistemas que funcionan en la banda VHF, aunque actualmente se impulsa el desarrollo de nuevas tecnologías como CDMA 450 MHz que tiene como principal ventaja la gran propagación de la señal con la utilización de una sola estación base, lo que hace que el despliegue sea mas barato porque se necesitan menos estaciones base para cubrir un área determinada.

Adicionalmente, en ésta banda el Sistema de Telefonía Móvil tiene como finalidad el proporcionar al usuario un servicio telefónico, permitiendo mantener

comunicación desde equipos móviles de la misma forma que si utilizaran un teléfono fijo convencional. Un usuario móvil puede efectuar y recibir llamadas telefónicas automáticas con cualquier otro abonado fijo o móvil de la red telefónica. El usuario de telefonía móvil puede realizar llamadas nacionales e internacionales en sus desplazamientos, manteniendo en su zona de cobertura la disponibilidad telefónica de su domicilio.

Se maneja un gran número de abonados móviles dispersos por una amplia zona con explotación automática. Esto supone resolver una serie de aspectos:

- Conmutación automática de la comunicación y su continuidad.
- Radiobúsqueda de un móvil, que debe preceder a toda comunicación.
- Consecución de un nivel de calidad de la conmutación con la selección automática de estaciones para mantener esa calidad en el curso de la conversación.

En estos sistemas se necesita conseguir una amplia cobertura con gran capacidad de tráfico y con un número limitado de frecuencias. Esto se consigue gracias a la reutilización sistemática de las frecuencias, lo que se logra mediante estructuras celulares.

#### ◆ Componentes de un Sistema de Telefonía Móvil

- **Estaciones Base:** Son los equipos que establecen el contacto con los teléfonos móviles del cliente y por tanto determina la cobertura del servicio. Consiste en un ordenador y un transmisor/receptor conectado a una antena. Existe una amplia red de Estaciones Base las cuales están conectadas a Centrales de Conmutación específicas para la Telefonía Móvil, *Mobil Telephonic Switch Office* (MTSO) o *Mobil Swith Center* (MSC).
- **Centrales de Conmutación para Telefonía Móvil (MSC):** Este elemento del sistema actúa como centro neurálgico del mismo. Se halla enlazado a los subsistemas de estaciones base de una zona a través de enlaces punto a punto. Además de controlar la señalización y el procesamiento de las llamadas, coordina al traspaso entre células cuando el Terminal móvil se traslada de una célula a otra. El MSC es equivalente a una central de conmutación en la red de

telefonía fija, pero con funciones específicas que contemplan la movilidad. Adicionalmente ciertos MSC se conectan a otras redes (red telefónica, RDSI, red de conmutación de paquetes, etc.), actuando como pasarelas entre ellas y la red de telefonía móvil.

- **Zona de cobertura:** La superficie total a la que se extiende el servicio es dividida en subáreas o celdas atendidas por una estación base, éstas subáreas corresponden a la zona de cobertura de cada estación.
- **Estación móvil:** Es el terminal telefónico móvil, el que tiene la capacidad de indicar al usuario cuando se encuentra dentro de la zona de cobertura.

La Figura. 2.3 muestra la estructura básica de un Sistema de Telefonía Móvil en la banda UHF:

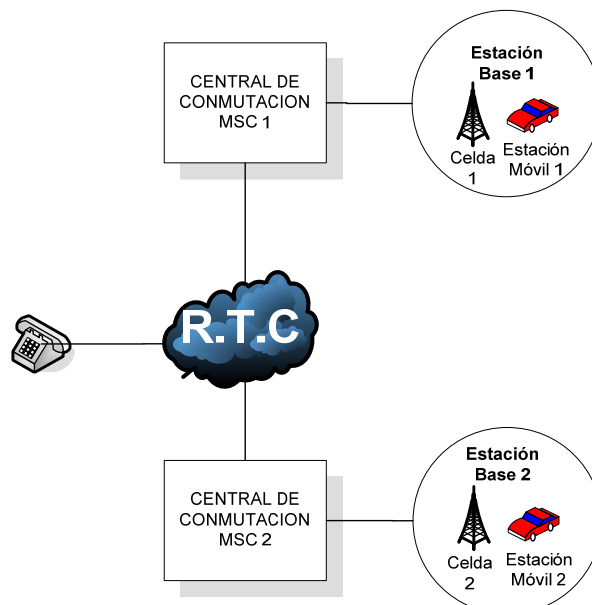


Figura. 2. 3. Estructura de un Sistema de Telefonía Móvil

#### ◆ Funcionamiento

Los sistemas de Telefonía Móvil de acuerdo al sector de aplicación, ocupan la banda UHF de la siguiente manera:

- Banda de 862 a 960 MHz
- Banda de 1.800 a 1.900 MHz



Para sistemas móviles analógicos, se puede usar una canalización normal donde la desviación de frecuencia es  $f_d=9,5$  kHz y el ancho de banda necesaria es de 24 kHz. Logrando así una mejor calidad de voz. A diferencia de los sistemas móviles digitales que usan canalización estrecha, la cual suele ser un múltiplo del valor estándar 25 kHz. Así en el sistema GSM panaeuropeo se emplea una canalización igual a  $8*25=200$  kHz. Por otro lado, para sistemas móviles digitales se requieren canalización de banda ancha, del orden de 1,5 MHz.

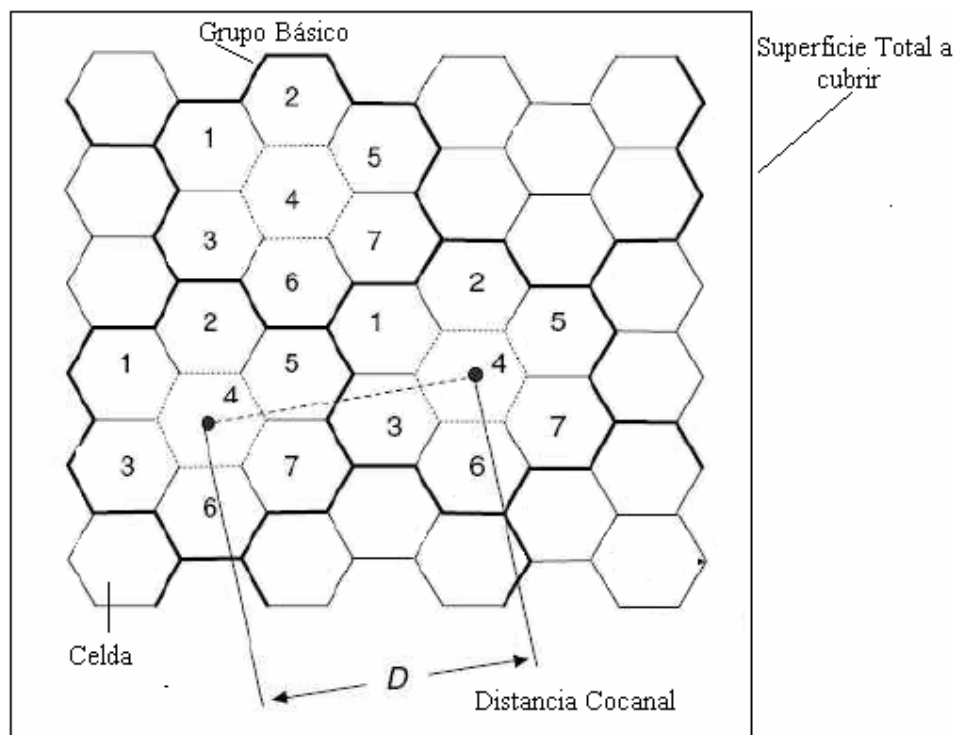
Para establecer una comunicación con un usuario del servicio de telefonía móvil no necesitan saber dónde se encuentra éste, ya que el propio sistema se encarga automáticamente de localizarlo para establecer la comunicación.

La comunicación base-móvil o móvil-móvil en una frecuencia específica sólo es posible si no se supera una distancia entre ellos denominada radio de cobertura, cuyo valor es proporcional a la altura de las antenas de la Estación Móvil y la Estación Base [10]. Superada esta distancia la atenuación es tan elevada que no es posible la comunicación.

Los sistemas celulares se basan en subdividir la superficie total a cubrir en zonas más pequeñas llamadas celdas o células, a las que se asigna una Estación Base con un cierto número de frecuencias o canales. Como el espectro radioeléctrico y el número de canales o comunicaciones posibles al mismo tiempo son limitados, se puede dividir la superficie total a cubrir en celdas de modo que las frecuencias que se usan en una celda puedan ser reutilizadas en otra celda lejana. Separando adecuadamente las celdas a una distancia llamada distancia cocanal o de reutilización determinada por la relación de protección de RF, puede reutilizarse el mismo juego o conjunto de frecuencias en diversas celdas. Reutilizando frecuencias de forma adecuada, un sistema celular puede cursar un nivel de tráfico superior al número de frecuencias asignadas a la banda.

En la práctica, el número total de canales disponibles, “C”, se divide entre las celdas de una configuración unitaria básica denominada grupo básico. En los sistemas tradicionales un tamaño típico para el grupo es siete si las estaciones base utilizan

antenas omnidireccionales, nombrándose las celdas, del 1 al 7. La Figura. 2.4 muestra lo descrito anteriormente.



**Figura. 2. 4. Área de Cobertura de un Servicio de Telefonía Móvil**

Se podría suponer que a cada célula se le asigna de forma fija un número de canales. Pero si en una célula existe congestión (todos sus canales están ocupados) y en otra contigua hay canales libres, podríamos pensar en tomar prestados algunos de estos canales sólo durante el período de congestión.

La operación de este sistema es como se describe a continuación: las estaciones base BS están conectadas a los centros de Conmutación del Servicio Móvil MSC, que son centrales de conmutación especializadas para ejecutar las funciones necesarias para el funcionamiento del sistema. La conexión BS-MSC se realiza mediante enlaces dedicados.

Las comunicaciones en los Sistemas de Telefonía Móvil son *full-duplex* por lo que se requieren dos frecuencias diferentes para cada conexión, una en el sentido móvil-base y otra en el sentido contrario. Además a cada BS se le asigna un canal de señalización y control para tareas tales como el establecimiento de la conexión.

Los abonados deben estar localizados en todo momento para poder dirigirles las llamadas que se produzcan. Para ello, todo MSC dispone de dos tipos de bases de datos: el *Home Location Register* - Registro de Suscriptores Locales. (HLR) donde se inscriben los abonados locales y el *Visitors Location Register* - Registro de Suscriptores Visitantes (VLR) donde se inscriben los abonados que están de paso.

Cuando el abonado conecta su equipo, éste explora los canales de control de la BS y se sintoniza en aquel en el que reciba mayor señal, retornando su identificación. Si está en su MSC local se inscribe en la HLR, de lo contrario se inscribe en la VLR y se notifica a la HLR de su MSC. De esta forma, cuando llegue una llamada a su MSC, éste, tras consultar el HLR, podrá redirigirla al MSC en cuyo VLR esté inscrito el abonado. A esta facilidad de conexión del móvil donde quiera que esté se denomina roaming. El MSC convierte el número del abonado destino en el código de identificación del abonado y difunde un mensaje de búsqueda (*paging message*) en las BSs que dependen de la MSC de paso en la que se encuentre el abonado [11].

En estos sistemas, por su naturaleza celular, los radios de cobertura tienden a ser pequeños sobre todo en medios urbanos, por lo que las alturas de las antenas son moderadas. Aunque en medios rurales sean algo mayores hay que tener cuidado para evitar sobrecanales, que pueden ocasionar interferencias. Así el tamaño de las células es importante y puede clasificarse así de acuerdo a su radio de cobertura:

- Macrocélulas: Con radios comprendidos entre 1,5 y 20 Km para cobertura rural, carreteras y poblaciones cercanas.
- Minicélulas : Con radios comprendidos entre 0,7 y 1,5 Km para coberturas de medios urbanos importantes.
- Microcélulas: Con radios de 0,3 a 0,7 Km para coberturas de zonas de ciudades con elevada densidad de tráfico y penetración en interiores de edificios.
- Picocélulas: Con radios de 30 a 200 m para coberturas localizadas en interiores: Aeropuertos, Centros Comerciales, Bancos, etc.

## **B) Sistemas Troncalizados**

### **◆ Introducción**

Un Sistema Troncalizado o Trunking es el compartidor automático de canales en un sistema múltiple de repetición. Las ventajas del trunking incluyen menos esperas para tener acceso al sistema y a la capacidad de canal creciente para una calidad dada del servicio. Puesto que la probabilidad de que todos los canales que estén ocupados en el mismo instante es baja, especialmente en sistemas más grandes, la ocasión del bloqueo es mucho menor cuando solo un canal puede ser alcanzado.

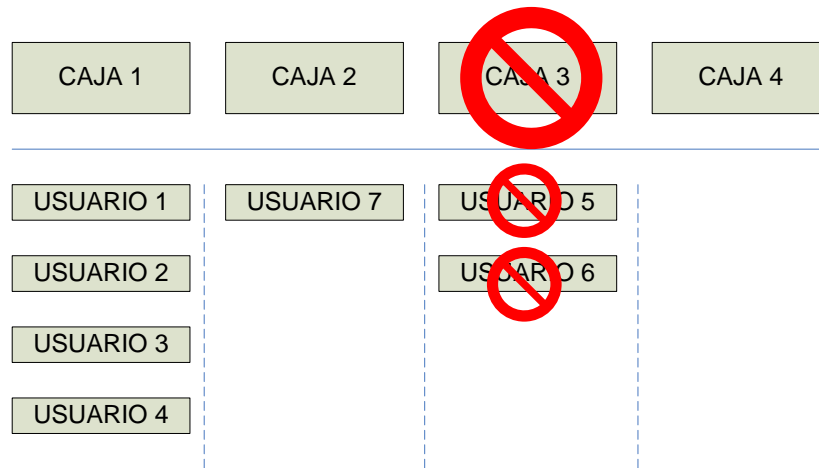
### **◆ Funcionamiento y Características**

Primeramente se pondrá en claro el funcionamiento de un Sistema Convencional de radios de dos vías para entender de manera mas sencilla la operación de un sistema troncalizado, se usará la analogía con un banco, donde las cajas representan los canales usados para la comunicación, la atención o no del cliente representa el establecimiento o no del servicio.

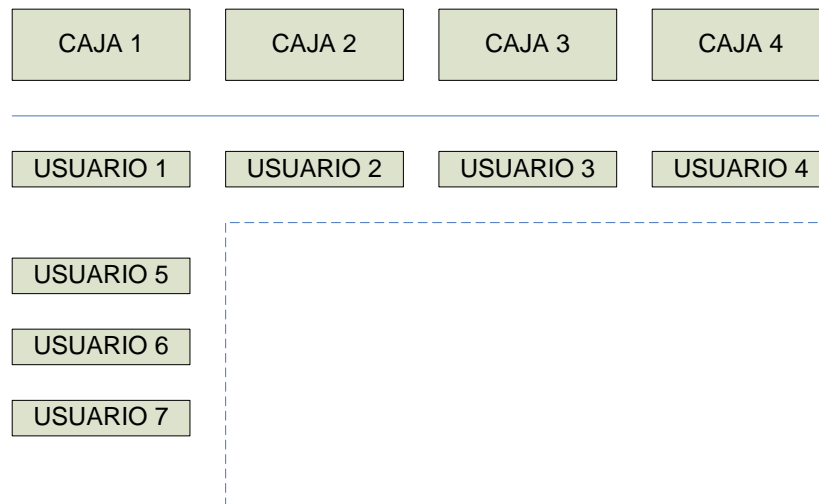
Para un Sistema Convencional los usuarios que requieren del servicio deben hacer fila en las distintas cajas, canales disponibles, presentándose el caso en que varios usuarios deben aguardar por la misma caja, canales, hasta que se vaya liberando, produciendo un tiempo de espera bastante prolongado. Por otro lado, puede ser que alguna caja este vacía, sin ningún usuario y se desperdicie ese recurso, pero también puede suceder que se dañe alguna de ellas dejando sin servicio al usuario o a varios de ellos.

Por otra parte, los sistemas troncalizados también cuentan con una gama de canales con sus respectivas frecuencias Tx-Rx, que están a disposición de los usuarios, pero en este caso los usuarios deben realizar una sola fila y accederán al canal que este disponible en determinado instante, de esta manera se logra una mejor utilización de los recursos, reduciendo de forma considerable el tiempo de espera, ya que la probabilidad de que todos los canales estén ocupados al mismo instante no es tan elevada, y si esto ocurre la espera es imperceptible para el usuario. En este sistema la falla de alguno de los canales es transparente para el usuario ya que se descarta este canal y se asigna otro

en correcto funcionamiento. La asignación de los canales es dinámica, observando su disponibilidad, además del orden en que el usuario ha hecho el pedido de la comunicación, aunque es posible tomar en cuenta ciertos criterios de prioridad dependiendo de la aplicación. En la Figura. 2.5 se observa la analogía de un Banco a un Sistema Convencional y a un Sistema Troncalizado:



#### Sistema Convencional

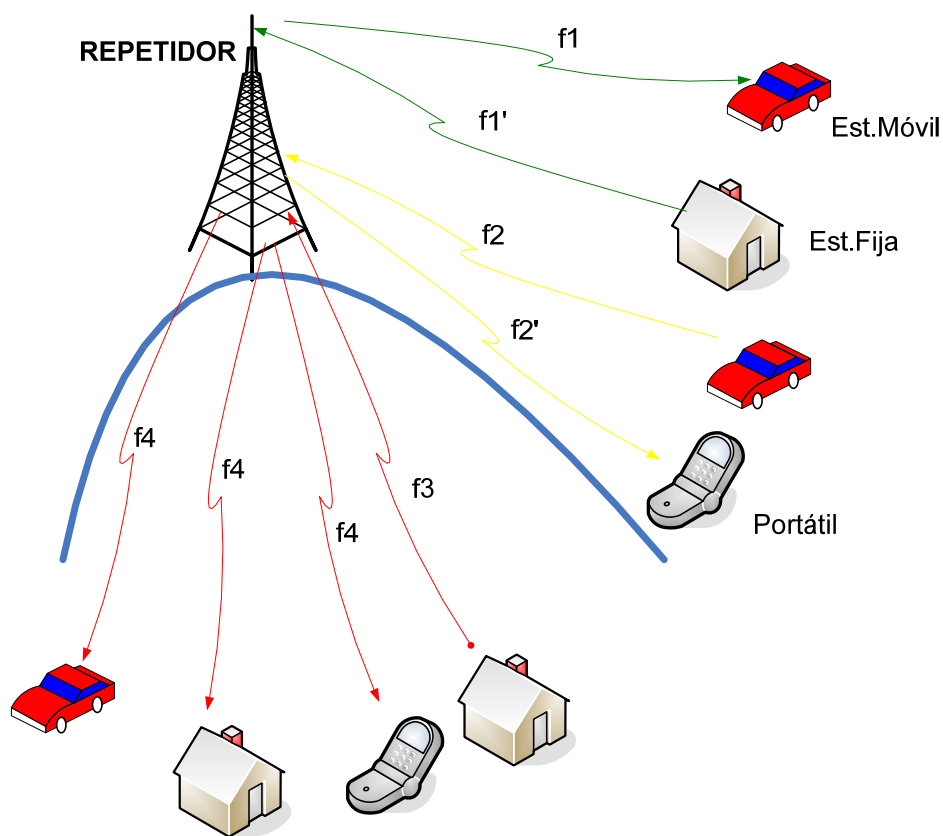


#### Sistema Troncalizado

Figura. 2. 5. Analogía Sistema Convencional vs Sistema Troncalizado

En la operación de un Sistema Troncalizado intervienen repetidores los cuales se encargan de la recepción y transmisión de datos a través de un par de frecuencias (Tx-Rx), hacia estaciones fijas, estaciones móviles, equipos portátiles, entre otros.

La asignación dinámica del canal es realizada a través de un combinador, el cual determinará el canal disponible con su respectivo par de frecuencias, donde es posible usar un repetidor para cada canal o para varios canales. La comunicación puede ser punto - punto o punto – multipunto. En la Figura. 2.6 se esquematiza de manera sencilla lo descrito anteriormente, donde  $f_1 - f_1'$ ,  $f_2 - f_2'$  representan el par de frecuencias (Tx-Rx) en una comunicación punto-punto,  $f_3$  la frecuencia de transmisión y  $f_4$  la frecuencia de recepción para una comunicación punto-multipunto



**Figura. 2. 6. Operación de un Sistema Troncalizado**

En el Ecuador para la instalación y operación de los Sistemas Troncalizados se usan las bandas de 800 y 900 MHz, atribuidas a título primario a los Servicios Fijo y Móvil Terrestre como se detalla en la Tabla. 2.1.

**Tabla. 2. 1. Atribución de Bandas de Frecuencias para Sistemas Troncalizados**

BANDA (MHz)	TECNOLOGIA	ANCHO DE BANDA DEL CANAL (KHz)
806-811/851-856	Digital	25*
811-824 / 856-869	Analógica	25
896-898/935-937	Digital	25*
902-904/932-934	Digital	25*

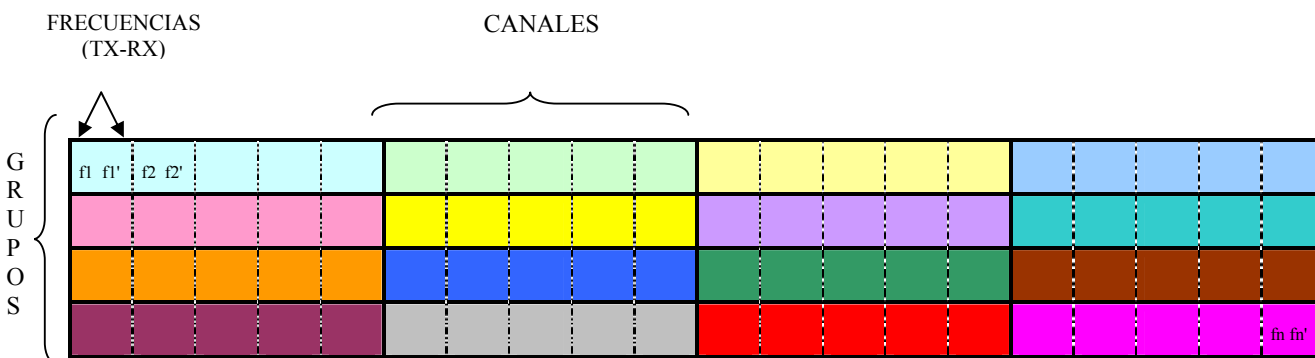
\* El CONATEL podrá reducir la canalización de estas bandas a 12,5 kHz, en caso que la tecnología lo permita.

La canalización de las bandas se describe en la Tabla. 2.2.

**Tabla. 2. 2. Canalización de las Bandas para Sistemas Troncalizados**

BANDA (MHz)	# CANALES (TX y RX)	SEPARACIÓN ENTRE TX-RX (MHz)	OBSERVACIONES
806-811/851-856	200	45	La banda de 806-811 MHz será utilizada para transmisión y la banda de 851-856 MHz será utilizada para recepción en la estación de abonado o estación terminal.
811-824 / 856-869	500	45	La banda de 811 - 824 MHz será utilizada para transmisión y la banda de 856 - 869 MHz será utilizada para recepción en la estación de abonado o estación terminal
896-898/935-937	80	39	La banda de 896 - 898 MHz será utilizada para transmisión y la banda de 935 - 937 MHz será utilizada para recepción en la estación de abonado o estación terminal.
902-904/932-934	80	30	La banda de 902 - 904 MHz será utilizada para transmisión y la banda 932 - 934 MHz será utilizada para recepción en la estación de abonado o estación terminal.

La operación de estos sistemas se realiza mediante bloques, cada uno de los cuales posee cuatro grupos, cada grupo tiene cinco canales radioeléctricos y cada canal se forma con dos frecuencias, una de transmisión y otra de recepción, como se ilustra en la Figura. 2.7.



**Figura. 2. 7. Bloque en un Sistema Troncalizado**

Para los Sistemas Troncalizados Digitales la separación entre canales de un mismo grupo es de 25 kHz y 125 kHz entre grupos. Se destinan los bloques del 1 al 10 y del 37 al 44 con los pares de frecuencias del No. 1 al No. 200 y del No. 721 al No. 880, que corresponden a las bandas de: 806-811 MHz y 851-856 MHz; 896-898 MHz y 935-937 MHz; y, 902-904 MHz y 932-934 MHz.

Para los Sistemas Troncalizados Analógicos, la separación entre canales de un mismo grupo es de 1 MHz y 250 KHz entre grupos. Se destinan los bloques del 11 al 36 con los pares de frecuencias del No. 201 al No. 720 que corresponden a la banda 811-824 Mhz y 856-869 MHz.

En estos sistemas se usan antenas omnidireccionales tipo dipolo, cuya intensidad de campo en el límite del área de cobertura es de 38,5 dBmV/m<sup>2</sup>. El área de cobertura depende del sitio en donde se encuentre ubicada la repetidora.



### C) Sistemas Buscapersonas

#### ◆ Características y Funcionamiento

Es un sistema del servicio de radiocomunicaciones móvil terrestre, destinado a cursar mensajes individuales o a grupos, en modo unidireccional o bidireccional, desde redes inalámbricas hacia una o varias estaciones terminales del sistema. Las estaciones terminales de un Sistema Buscapersonas pueden ser móviles o fijas, esto es, portátiles o estar instaladas en puntos fijos no determinados o en vehículos.

Los sistemas buscapersonas pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- **Sistema Buscapersonas Unidireccional (SBU).**- Permite cursar mensajes, en forma analógica o digital, desde una o varias estaciones transmisoras o de base hacia las estaciones terminales del sistema, equipadas únicamente para recepción. Estos sistemas podrán cursar tráfico hacia redes públicas o privadas de telecomunicaciones.

Sus componentes son:

- **Estación de Base o de Transmisión:** Esta se encarga de recibir la información desde el Administrador del sistema y transmitirla a las estaciones terminales del sistema.
- **Administrador:** Es la interfase entre la red pública telefónica o de datos y las estaciones de base en donde se codifica, decodifica, comprime o empaqueta los mensajes cursados hacia las estaciones terminales del sistema mediante medios inalámbricos.
- **Estación Terminal del Sistema:** Es una estación de radiocomunicación móvil o fija ubicada en puntos no determinados que recepta los mensajes emitidos desde la estación de base.
- **Centro de Gestión y Control del Sistema:** Permite conocer el estado de operación de un sistema buscapersonas, habilitar y deshabilitar estaciones terminales del sistema, cambiar áreas de cobertura de servicio, activar claves de uso y seguridad, activar características de tráfico, etc.

En la Figura. 2.8. se esquematiza a un Sistema Buscapersonas clásico:

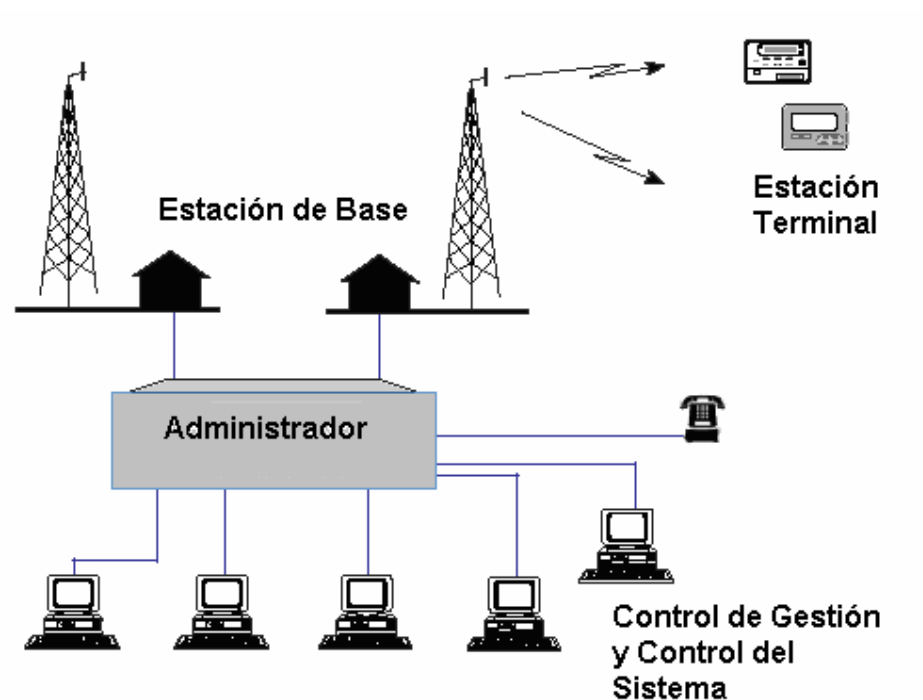


Figura. 2. 8. Sistema Buscapersonas Clásico

- **Sistema Buscapersonas Bidireccional (SBB).**- Permite intercambiar mensajes entre una o varias estaciones de base con las estaciones terminales del sistema, además realiza el intercambio de mensajes entre estaciones terminales del sistema y entre éstas con las redes públicas o privadas de telecomunicaciones.

Sus componentes son:

- **Estaciones de base y estaciones terminales:** Transmiten y reciben mensajes.
- **Administrador:** Opera de manera similar que el Sistema Buscapersonas Unidireccional (SBU)
- **Controlador:** Permite la intercomunicación entre las estaciones de base y el Administrador, para la transmisión y recepción de mensajes con las estaciones terminales del sistema.

Los mensajes SBU o SBB pueden ser enviados y recibidos a través de un centro de operadoras, sistemas automáticos, acceso remoto y red de internet.

Los mensajes podrán ser:

- Tonos: El subscriptor solo recibe un tono (beep) en su equipo.
- Voz: Se escucha un mensaje audible en el buscapersonas
- Numéricos: El subscriptor recibe un mensaje numérico que generalmente representa un teléfono.
- Alfanuméricos : Texto y números aparecen en el buscapersonas
- E-mail
- Datos [12]

Su Área de Operación está delimitada por el contorno en el cual se tenga un nivel de señal de -85 dBm ó 13 mV.

De acuerdo al Plan Nacional de Frecuencias, los sistemas buscapersonas, operarán en las bandas de frecuencias detalladas en la Tabla. 2.3, atribuidas a los servicios fijo y móvil.

**Tabla. 2. 3. Atribución de Bandas de Frecuencias para Sistemas Buscapersonas**

<b>BANDA DE FRECUENCIAS (MHz)</b>	
<b>Banda de 400 MHz</b>	<b>Banda de 900 MHz</b>
470 – 472	901 - 902
482 – 487	929 - 932
	940 – 941

La banda de frecuencias en 900 MHz está destinada exclusivamente para sistemas buscapersonas. Las bandas en 400 MHz se comparten con otros sistemas de radiocomunicaciones.

Referente a la Canalización en este sistema, las bandas de frecuencias indicadas anteriormente están divididas en canales de 25 KHz para los sistemas SBU y en canales de 50 KHz para los sistemas SBB.

### 2.3 ANÁLISIS DE LOS SERVICIOS BRINDADOS EN LAS BANDAS VHF Y UHF SEGÚN EL PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS

De acuerdo al Plan Nacional de Frecuencias en el Ecuador estas dos bandas se encuentran divididas en Subbandas, las cuales serán atribuidas para el servicio fijo y móvil terrestre excepto enlaces radioeléctricos entre estaciones fijas con antenas direccionales punto-punto, punto-multipunto, y servicio Fijo (enlaces radioeléctricos entre estaciones fijas con antenas direccionales punto-punto, punto-multipunto), con sus respectivas características de operación y Notas EQA. como se detalla en las tablas 2.4, 2.5, 2.6 y 2.7.

**Tabla. 2. 4. Cuadro de Atribución de Frecuencias Banda VHF (Sistemas Convencionales)**

Subbanda (MHz)	Subbandas Tx - Rx	Anchuras de Banda por frecuencia Central (kHz)	Separación F(Tx)-F(Rx) (MHz)	Potencia Máxima salida Tx (Watts)	Modo de Operación	Nota EQA
138 – 144	Indistinto	6,25; 12,5 o 25	Mínimo: 0,6 Máximo: 5	30	Simplex y Semidúplex	EQA.45 EQA.60
148 – 149.9	Indistinto	6,25; 12,5 o 25	Mínimo: 0,6	30	Simplex y Semidúplex	EQA.40 EQA.50 EQA.60
150,05 – 156,7625	Indistinto	6,25; 12,5 o 25	Máximo: 5	30	Simplex y Semidúplex	EQA.55 EQA.60
156,7625 - 170	Indistinto	6,25; 12,5 o 25	Mínimo: 0,6	30	Simplex y Semidúplex	EQA.55 EQA.60
170 – 174	Indistinto	6,25; 12,5 o 25	Máximo: 5	30	Simplex y Semidúplex	EQA.55 EQA.60

**Tabla. 2. 5. Cuadro de Atribución de Frecuencias Banda VHF (Enlaces Radioeléctricos)**

Subbanda (Tx) (MHz)	Subbanda (Rx) (MHz)	Anchuras de Banda por frecuencia Central (kHz)	Separación F(Tx)-F(Rx) (MHz)	Modo de Operación	Nota EQA
235 – 239	240 – 244	6,25; 12,5 o 25	5	Semidúplex	EQA 75
234 – 236	244 – 245	6,25; 12,5 o 25	---	Simplex	EQA 75

A continuación se detallan las Notas EQA mencionadas anteriormente, éstas indican los servicios que se brindan en las distintas bandas de frecuencias:

- **EQA 40:** Las bandas 137 - 138 MHz; 148 – 149,9 MHz; 312 - 315 MHz; 387 - 390 MHz; 400,15 - 401 MHz; 1.525 – 1.544 MHz; 1.545 – 1.559 MHz; 1.610 – 1.626,5 MHz; 1.626,5 – 1.645,5 MHz; 1.646,5 - 1.660,5 MHz; 2.170 – 2.200 MHz; 2.483,5 – 2.500 MHz; 2.500 – 2.520 MHz; 2.670 –2.690 MHz; 18,8 – 19,3 GHz; 19,3 – 19,6 GHz; 19,7 – 20,1 GHz; 20,1 – 20,2 GHz; 20,2 – 21,2 GHz; 28,6 – 29,1 GHz; 29,5 – 29,9 GHz; 30 – 31 GHz están proyectadas para compartirse con los sistemas satelitales no geoestacionarios.
- **EQA 45:** La banda 138 – 144 MHz, es atribuida a los servicios FIJO, MÓVIL, RADIOLOCALIZACIÓN e INVESTIGACION ESPACIAL (espacio-Tierra) excepto enlaces radioeléctricos entre estaciones fijas con antenas direccionales punto – punto, punto – multipunto.
- **EQA 50:** La banda 148 – 149,9 MHz, es atribuida a los servicios FIJO, MÓVIL y MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) excepto enlaces radioeléctricos entre estaciones fijas con antenas direccionales punto – punto, punto – multipunto.
- **EQA 55:** Las bandas 150,05 – 156,7625 MHz; 156,8375 - 174 MHz; 450 – 455 MHz; 456 – 459 MHz; 460 – 470 MHz; 472 – 482 MHz; 487 – 500 MHz; 503 – 506 MHz y 509 – 512 MHz, son atribuidas a los servicios FIJO y MÓVIL excepto enlaces radioeléctricos entre estaciones fijas con antenas direccionales punto – punto, punto – multipunto. Dentro de las bandas 150.050 – 156.7625 MHz, 156.8375 – 174 MHz operan frecuencias para el servicio móvil marítimo, según el detalle del Anexo 1 denominado “Cuadro de frecuencias de transmisión en la banda móvil marítima de ondas métricas” del APENDICE 18 (CMR – 2000) del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.
- **EQA 60:** En las bandas 138 - 144 MHz; 148 – 149,9 MHz; 150,05 – 156,7625 MHz; 156,8375 - 174 MHz y 450 - 512 MHz, atribuidas a los servicios FIJO y MÓVIL, operan en forma compartida con Sistemas Comunales de Explotación.
- **EQA 75:** En las bandas 235 – 245 MHz, 360 – 370 MHz, atribuidas a los servicios FIJO y MÓVIL, operan exclusivamente enlaces radioeléctricos entre estaciones fijas con antenas direccionales punto – punto, punto – multipunto.

**Tabla. 2. 6. Cuadro de Atribución de Frecuencias Banda UHF (Sistemas Convencionales)**

Subbandas Tx (MHz)	Subbandas Rx (MHz)	Anchuras de Banda por frecuencia Central (kHz)	Separación F(Tx)-F(Rx) (MHz)	Potencia Máxima salida Tx (Watts)	Modo de Operación	Nota EQA
440 – 445	445-450	6,25; 12,5 o 25	5	35	Semidúplex	EQA 105
450 – 455	455-460	6,25; 12,5 o 25	5	35	Semidúplex	EQA 60 EQA 110
465 – 470	460-465	6,25; 12,5 o 25	5	35	Semidúplex	EQA 55 EQA 60
470 – 472	---	6,25; 12,5 o 25	5	35	Simplex	EQA 55 EQA 60 EQA 112 EQA 115
472-477	477-482	6,25; 12,5 o 25	5	35	Semidúplex	EQA 55 EQA 60 EQA 112 EQA 115
482 – 488	---	6,25; 12,5 o 25	---	35	Simplex	EQA 55 EQA 60 EQA 112 EQA 115
488-494 500-506	494-500 506-512	6,25; 12,5 o 25	6	35	Semidúplex	EQA 55 EQA 60 EQA 112 EQA 115

**Tabla. 2. 7. Cuadro de Atribución de Frecuencias Banda UHF (Enlaces Radioeléctricos)**

Subbanda Tx (MHz)	Subbanda Rx (MHz)	Anchuras de Banda por frecuencia Central (kHz)	Separación F(Tx)-F(Rx) (MHz)	Modo de Operación	Nota EQA
360 – 364	365 – 369	6,25; 12,5 o 25	5	Semidúplex	EQA 75
364 – 365	369 - 370	6,25; 12,5 o 25	5	Simplex	EQA 75
430- 434	435 – 439	6,25; 12,5 o 25	5	Semidúplex	EQA 100
434- 435	439 – 440	6,25; 12,5 o 25	5	Simplex	EQA 100

A continuación se detallan las Notas EQA mencionadas anteriormente, éstas indican los servicios que se brindan en las distintas bandas de frecuencias:

- **EQA 100:** En la banda 430 – 440 MHz, atribuida a los servicios FIJO, MÓVIL, RADIOLOCALIZACIÓN, operarán exclusivamente enlaces radioelétricos entre estaciones fijas con antenas direccionales punto – punto, punto – multipunto.
- **EQA 105:** La banda 440 – 450 MHz, es atribuida a los servicios FIJO y MÓVIL salvo móvil aeronáutico excepto enlaces radioelétricos entre estaciones fijas con antenas direccionales punto – punto, punto – multipunto.
- **EQA 110:** Las bandas 455 – 456 MHz, 459 – 460 MHz son atribuidas a los servicios FIJO, MÓVIL y MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) excepto enlaces radioelétricos entre estaciones fijas con antenas direccionales punto – punto, punto – multipunto.
- **EQA 112:** En las bandas 479 – 482 MHz y 489 – 492,975 MHz atribuidas a los servicios FIJO y MOVIL, operan en forma compartida Sistemas Convencionales, Sistemas Comunales y Servicios de Telecomunicaciones con cobertura en áreas rurales.

En la banda 482 – 483,480 MHz atribuidas a los servicios FIJO y MOVIL, operan en forma compartida en modalidad simplex Sistemas Convencionales, Sistemas Comunales, Sistemas Buscapersonas Unidireccional y Servicios de Telecomunicaciones con cobertura en áreas rurales.

- **EQA 115:** En las bandas 470 - 472 MHz; 483,480 - 488 MHz, atribuidas a los servicios FIJO y MÓVIL, operan en forma compartida Sistemas Convencionales en modalidad simplex, Sistemas Comunales en modalidad simplex y Sistemas Buscapersonas Unidireccionales, excepto enlaces radioelétricos entre estaciones fijas con antenas direccionales punto – punto, punto – multipunto [5].

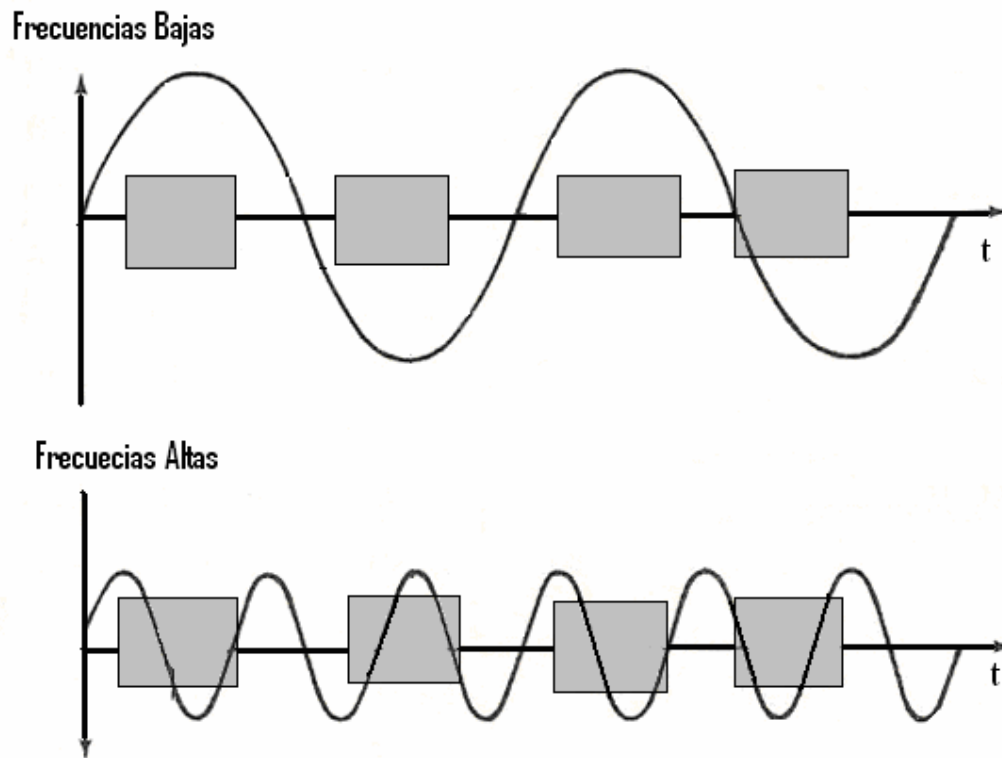
## **2.4 EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO DEL SERVICIO FIJO EN BANDAS SOBRE 1 GHz.**

### **2.4.1 Banda 1 – 2 GHz**

#### **◆ Características Generales**

Denominada también “Banda L”, es usada principalmente para radioenlaces terrenales del servicio fijo, los cuales son sistemas de radiocomunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de

transmisión de información con unas características de disponibilidad y calidad determinadas. En esta banda el alcance es largo, ya que debido a sus frecuencias bajas la longitud de onda aumenta, originando oscilaciones poco continuas lo que facilita su propagación, pudiendo llegar a mayores distancias evitando atenuaciones debido a obstáculos, como lo podemos observar en la Figura. 2.9:



**Figura. 2. 9. Diferencia de Atenuación debido a la frecuencia**

En este rango de frecuencias, la propagación se realiza a través de las capas bajas de la atmósfera terrestre, en la región denominada tropósfera, entre antenas elevadas varias longitudes de onda sobre el suelo. Por lo tanto es necesario conocer la trayectoria de la onda en estos casos y sobretodo su posición relativa respecto de los accidentes del terreno, puesto que éstos pueden interceptar el rayo, produciendo una atenuación importante.

En cuanto a su capacidad medida por el número de canales telefónicos para los radioenlaces analógicos o por la velocidad de bits para los radioenlaces digitales, esta banda se encuentra en el rango de Baja Capacidad, hasta unos 30 canales para enlaces analógicos o 2 Mbit/s para enlaces digitales.



La Canalización de las distintas bandas ha sido establecida conforme a las recomendaciones de la UIT-R y de las necesidades del país. Es por esto que en ésta banda las frecuencias están distribuidas en pasos de 0,5 MHz. Esta canalización será analizada en detalle en los capítulos siguientes.

Se debe mencionar, que una de las aplicaciones principales en esta banda y la banda de 14-15 GHz, la cual se estudiará más adelante, es en la Red de Acceso, la cual permite a los usuarios finales llegar hasta el Core o Red de Backbone que es donde se mueven los datos para llegar a un destino concreto. Es posible usar estas bandas para este tipo de aplicación ya que el ancho de banda disponible de 1 – 2 GHz es bastante limitado, por lo que es adecuado usarlo para enlaces de acceso los cuales no transportan demasiado tráfico, y además cubren distancias bastante largas.

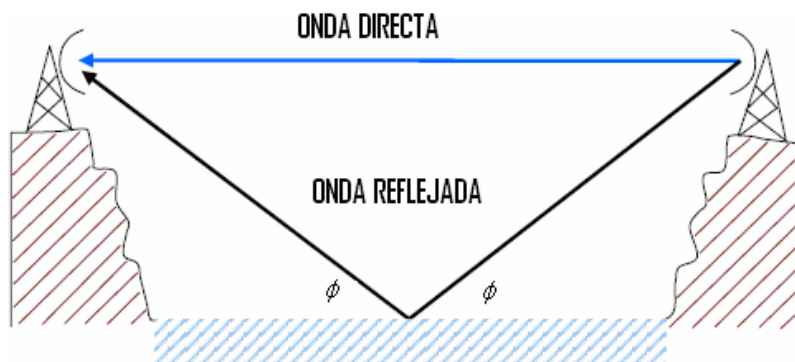
#### ◆ Modo de Propagación

Los radioenlaces del servicio fijo en las bandas: 1 – 2 GHz, 6 – 8 GHz y 14 – 15 GHz, hacen uso de la propagación troposférica, la tropósfera se encuentra entre los 11 Km y 16 Km. En esta capa se forman nubes y la temperatura desciende rápidamente debido a la altura. Cuando se produce la inversión del gradiente de temperatura, se generan los denominados canales de ionización, los cuales son ideales para que las ondas de radio puedan viajar [13]. La Figura. 2.10 muestra el efecto que tiene la capa troposférica en las señales de RF a altas frecuencias.



Figura. 2. 10. Propagación de RF en la Tropósfera

La propagación troposférica tiene lugar de dos modos diferentes, uno directo, desde la antena emisora hasta el receptor, y otro reflejado sobre la superficie de la Tierra o los obstáculos que encuentra en su camino, como se muestra en la Figura. 2.11.



**Figura. 2. 11 Modos de Propagación Troposférica**

Para la propagación directa de las ondas tiene una importancia considerable la altura de las antenas. En los alrededores de las ciudades se ven antenas que se elevan más de un centenar de metros, los reemisores para las emisoras de radio y televisión se levantan a grandes alturas, sobre los montículos dominantes de la orografía del terreno que se desee cubrir con la señal, lo cual condiciona la longitud de onda y el alcance directo de la emisión.

Cuando las antenas emisora y receptora están a la vista, la señal que recibe esta última no es única, sino que es la resultante de dos ondas, la onda directa y la reflejada. Ambas se encuentran y se suman, de tal modo que la onda resultante puede quedar reforzada o disminuida según que dichas señales lleguen en fase o en oposición de fase.

En la práctica se procurará adecuar la longitud, la altura de la antena receptora y la situación de ésta con relación a la dirección de propagación, para que ésta sea directa y evitando en lo posible la interposición de obstáculos entre emisor y receptor.

Cuando se hace el análisis de reflexión uno debe recordar que el punto de reflexión cambiará cuando cambie el factor  $k$ , siendo  $k$  una constante de corrección relativa a la curvatura de la tierra. Es posible con un posicionamiento cuidadoso de las alturas de las antenas minimizar la atenuación para la condición promedio de  $k$ , mientras se asegure que la atenuación aceptable sea pequeña, para valores bajos y altos de  $k$ .

Así  $k$  toma algunos valores, por ejemplo, en climas templados  $k=4/3$ , es decir, la tierra resulta más plana que la realidad para la propagación troposférica. Esto ocurre siempre que  $k>1$ , y supone mayores alcances. En cambio, cuando  $k<1$ , la Tierra ficticia es más curva que la real, lo que implica condiciones de propagación menos favorables. Según los valores de  $k$ , se clasifica la tropósfera en:

- Subrefractiva intensa  $0 < k < 1$
- Subrefractiva, para  $1 < k < \frac{4}{3}$
- Standard, para  $k = \frac{4}{3}$
- Superrefractiva, para  $k > \frac{4}{3}$
- Conductiva, para  $k < 0$

#### ◆ Antenas

Debido a las distancias largas de los enlaces radioeléctricos que en esta banda se manejan, las antenas direccionales son las más adecuadas. Se caracterizan por su alta ganancia, que va desde unos 15dBi, llegando en los modelos superiores hasta los 24dBi. Cuanta más alta es la ganancia de este tipo de antenas, más alta es su direccionalidad, ya que se reduce muchísimo el ángulo en el que irradian la señal, llegando a ser tan estrechos como  $8^\circ$  de apertura [14].

Un tipo de antenas direccionales son las tipo rejillas, como la mostrada en la Figura. 2.12, pueden ser usadas en frecuencias de microondas bajas, por debajo de 2,5 GHz. La ventaja de las antenas rejillas es que tienen significativamente menos carga de viento (*wind loading*) sobre la torre.

Desde un punto de vista eléctrico tienen los mismos parámetros de la antena de plato sólido, exactamente puede ser usado el mismo terminal alimentador (*conector*).

La longitud de onda se escoge tal que la “abertura” entre las rejillas no afecta el comportamiento eléctrico de la antena. Eléctricamente no hay diferencia entre un reflector sólido y un reflector tipo rejilla.



**Figura. 2. 12. Antena Tipo Rejilla**

Se debe mencionar que en esta banda los alimentadores empleados son las Líneas Coaxiales, usadas hasta unos 3 GHz, son flexibles y relativamente fáciles de instalar, su impedancia es de  $50\Omega$ .

Las antenas de rejillas tienden a ser significativamente más económicas que las antenas sólidas. Los costos por transporte, una porción significativa del costo de una antena, son también reducidos debido a que pueden ser distribuidos en partes.

Por otro lado, es importante mencionar que la parte alta de la banda de 1 GHz, especialmente la banda de 1.900 MHz está destinada a Servicios de Telefonía Móvil, es así que operadoras Celulares como CONECCEL S.A., OTECEL S.A. y TELCSA S.A. usan esta porción del espectro al momento de establecer una comunicación.

#### ◆ **La Banda de 1-2 GHz en el Plan Nacional de Frecuencias**

Esta banda ha sido distribuida en el Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias de acuerdo a la Tabla. 2.8.

**Tabla. 2. 8. Distribución de la Banda de 1-2 GHz en el Plan Nacional de Frecuencias**

REGION 2	ECUADOR	
Subbanda (MHz)	Subbanda (MHz)	Notas EQA
<b>1427 - 1429</b> OPERACIONES ESPACIALES (Tierra-espacio) FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.341	<b>1427 - 1429</b> OPERACIONES ESPACIALES (Tierra-espacio) FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.341	EQA. 155
<b>1429 - 1452</b> FIJO MÓVIL 5.343 5.339A 5.341	<b>1429 - 1452</b> FIJO MÓVIL 5.343 5.339A 5.341	EQA. 155
<b>1452 - 1492</b> FIJO MÓVIL 5.343 RADIODIFUSIÓN 5.345 5.347 RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE 5.345 5.347 5.347A 5.341 5.344	<b>1452 - 1492</b> FIJO MÓVIL 5.343 RADIODIFUSIÓN 5.345 RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE 5.345 5.347A 5.341	
<b>1492 - 1518</b> FIJO MÓVIL 5.343 5.341 5.344	<b>1492 - 1518</b> FIJO MÓVIL 5.343 5.341 5.348	EQA. 155
<b>1518 - 1525</b> FIJO MÓVIL 5.343 MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.348 5.348A 5.348B 5.348C 5.341 5.344	<b>1518 - 1525</b> FIJO MÓVIL 5.343 MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.348 5.348A 5.348B 5.348C 5.341	EQA. 155

Como se mencionó anteriormente la banda de 1.900 MHz está destinada a los Sistemas Telefónicos Móviles, en la Tabla. 2.9 se detalla su distribución en el Plan Nacional de Frecuencias:

**Tabla. 2. 9. Distribución de la Banda de 1.900 MHz para Sistemas Telefónicos Móviles en el Plan Nacional de Frecuencias**

REGION 2	ECUADOR	
Subbanda (MHz)	Subbanda (MHz)	Notas EQA
<b>1710 - 1930</b> FIJO MÓVIL 5.380 5.384A 5.388A 5.388B 5.149 5.341 5.385 5.386 5.388	<b>1710 - 1930</b> FIJO MÓVIL 5.380 5.384A 5.388A 5.149 5.341 5.385 5.386 5.388	EQA.175 EQA.180
<b>1930 - 1970</b> FIJO MÓVIL 5.388A 5.389B Móvil por satélite (Tierra-espacio) 5.388	<b>1930 - 1970</b> FIJO MÓVIL 5.388A Móvil por satélite (Tierra-espacio) 5.388	EQA.180
<b>1970 - 1980</b> FIJO MÓVIL 5.388A 5.388B 5.388	<b>1970 - 1980</b> FIJO MÓVIL 5.388A 5.388	EQA.180
<b>1980 - 2010</b> FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.351A 5.388 5.389A 5.389B	<b>1980 - 2010</b> FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.351A 5.388 5.389A 5.389B	EQA.180

REGION 2	ECUADOR	
Subbanda (MHz)	Subbanda (MHz)	Notas EQA
2025 - 2110 OPERACIONES ESPACIALES (Tierra-espacio) (espacio-espacio) EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (Tierra-espacio) (espacio-espacio) FIJO MÓVIL 5.391 INVESTIGACIÓN ESPACIAL (Tierra-espacio) (espacio-espacio) 5.392	2025 - 2110 OPERACIONES ESPACIALES (Tierra-espacio) (espacio-espacio) EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (Tierra-espacio) (espacio-espacio) FIJO MÓVIL 5.391 INVESTIGACIÓN ESPACIAL (Tierra-espacio) (espacio-espacio) 5.392	
2110 - 2120 FIJO MÓVIL 5.388A 5.388B INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio lejano) (Tierra-espacio) 5.388	2110 - 2120 FIJO MÓVIL 5.388A INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio lejano) (Tierra-espacio) 5.388	EQA.180
2120 - 2160 FIJO MÓVIL 5.388A 5.388B Móvil por satélite (espacio-Tierra) 5.388	2120 - 2160 FIJO MÓVIL 5.388A Móvil por satélite (espacio-Tierra) 5.388	EQA.180
2160 - 2170 FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.388 5.389C 5.389E 5.390	2160 - 2170 FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.388 5.389C 5.389E 5.390	EQA.180
2170 - 2200 FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.351A 5.388 5.389A	2170 - 2200 FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.388 5.389 <sup>a</sup>	EQA.40 EQA.180

Cabe indicar que la banda de 2,5 GHz está destinada a la operación de Sistemas de Distribución Multicanal Multipunto (MMDS).

A continuación se detallan las Notas EQA mencionadas anteriormente, éstas indican los servicios que se brindan en las distintas bandas de frecuencias:

- **EQA 40:** Las bandas 137 - 138 MHz; 148 – 149,9 MHz; 312 - 315 MHz; 387 - 390 MHz; 400,15 - 401 MHz; 1.525 – 1.544 MHz; 1.545 – 1.559 MHz; 1.610 – 1.626,5 MHz; 1.626,5 – 1.645,5 MHz; 1.646,5 - 1.660,5 MHz; 2.170 – 2.200 MHz; 2.483,5 – 2.500 MHz; 2.500 – 2.520 MHz; 2.670 –2.690 MHz; 18,8 – 19,3 GHz; 19,3 – 19,6 GHz; 19,7 – 20,1 GHz; 20,1 – 20,2 GHz; 20,2 – 21,2 GHz; 28,6 – 29,1GHz; 29,5 – 29,9 GHz; 30 – 31 GHz están proyectadas para compartirse con los sistemas satelitales no geoestacionarios.
- **EQA 155:** En las bandas 917 – 922 MHz y 941- 944 MHz, 925 - 929 MHz y 951 – 955 MHz, 934 – 935 MHz y 955 – 956 MHz, 1.427 – 1.452 MHz, 1.492 – 1.525 MHz; 3.700 – 4.200 MHz; 5.925 – 6.700 MHz; 6.892 – 7.075 MHz, 7.075

- 8.500 MHz; 14,5 – 15,35 GHz; 17,8 – 18,8 GHz; 21,2 – 23,6 GHz, operan enlaces radioeléctricos del Servicio FIJO.
- **EQA 175:** Las bandas de 1.710 – 1.885 MHz, atribuida a los servicios FIJO y MOVIL, se reserva para introducir las Telecomunicaciones Móviles Internacionales – 2000 (IMT – 2000) conforme la nota NOTA 5.384A del Cuadro de atribución de bandas de frecuencias (Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT) o Servicios de Comunicación Personal. En esta banda operan los Servicios de Telefonía Móvil Celular y Servicio Móvil Avanzado.
  - **EQA 180:** Las bandas de 1.885 – 2.025 MHz y 2.110 – 2.200 MHz, atribuida a los servicios FIJO y MOVIL, se reserva para introducir las Telecomunicaciones Móviles Internacionales – 2000 (IMT – 2000) conforme la nota NOTA 5.388 del Cuadro de atribución de bandas de frecuencias (Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT), o Servicios de Comunicación Personal en la primera banda. En esta banda operan los Servicios de Telefonía Móvil Celular y Servicio Móvil Avanzado.

#### 2.4.2 Banda de 3.4-3.7 GHz

##### ◆ Características Generales

En el Ecuador esta banda está atribuida a la operación de Sistemas de Acceso Fijo Inalámbrico (FWA). El mayor desarrollo en esta banda se encuentra orientado a la operación de un sistema con tecnología Wi-Max (estándar IEEE 802.16) de lo cual se hará una breve descripción.

El estándar inicial IEEE 802.16 se encontraba inicialmente en la banda de frecuencias de 10-66 GHz. La nueva versión IEEE 802.16a, ratificada en marzo de 2003, utiliza una banda del espectro más estrecha y baja, de 2-11 GHz.

Esta tecnología de acceso transforma las señales de voz y datos en ondas de radio dentro de la citada banda de frecuencias. Está basada en *Orthogonal Frequency Division* – Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales (OFDM), y con 256 subportadoras puede cubrir un área de 48 kilómetros, aunque en la práctica sólo llega a

2 – 3 Km permitiendo la conexión sin línea vista, es decir, con obstáculos interpuestos, con capacidad para transmitir datos a una tasa de hasta 75 Mbps con una eficiencia espectral de 5,0 bps/Hz y dará soporte para miles de usuarios con una escalabilidad de canales de 1,5 MHz a 20 MHz. En la Tabla. 2.10 se indican las principales características del estándar:

**Tabla. 2. 10. Características de WIMAX**

	<b>802.16</b>	<b>802.16a</b>	<b>802.16e</b>
<b>Espectro</b>	10 - 66 GHz	< 11 GHz	< 6 GHz
<b>Funcionamiento</b>	Solo con visión directa	Sin visión directa (NLOS)	Sin visión directa (NLOS)
<b>Modulación</b>	QPSK, 16QAM y 64 QAM	OFDM con 256 subportadoras QPSK, 16QAM, 64QAM	Igual que 802.16a
<b>Movilidad</b>	Sistema fijo	Sistema fijo	Movilidad pedestre
<b>Anchos de banda</b>	20, 25 y 28 MHz	Seleccionables entre 1,25 y 20 MHz	Igual que 802.16a con los canales de subida para ahorrar potencia
<b>Radio de celda típico</b>	2 - 5 km aprox.	5 - 10 km aprox. (alcance máximo de unos 50 km)	2 - 5 km aprox.

◆ **La Banda de 3.4 - 3.7 GHz en el Plan Nacional de Frecuencias**

Esta banda ha sido atribuida a Sistemas FWA de acuerdo a las Notas EQA aplicables, como se muestra en el Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias de la Tabla. 2.11:

**Tabla. 2. 11. Distribución de la Banda de 3.4 - 3.7 GHz en el Plan Nacional de Frecuencias**

<b>REGION 2</b>	<b>ECUADOR</b>	
<b>Subbanda (MHz)</b>	<b>Subbanda (MHz)</b>	<b>Notas EQA</b>
<b>3400 - 3500</b> FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) Aficionados Móvil Radiolocalización 5.433 5.282	<b>3400 - 3500</b> FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) Aficionados Móvil Radiolocalización 5.433 5.282	EQA. 210
<b>3500 - 3700</b> FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico Radiolocalización 5.433	<b>3500 - 3700</b> FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico Radiolocalización 5.433	EQA. 210



A continuación se detallan las Notas EQA mencionadas anteriormente, éstas indican los servicios que se brindan en las distintas bandas de frecuencias:

- **EQA 210:** En la banda 3.400 – 3.500 MHz, atribuida a los servicios FIJO, FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra), operan Sistemas de Acceso Fijo Inalámbrico (FWA).

En la banda 3.500 – 3.700 MHz, atribuida a los servicios FIJO, FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) y MÓVIL salvo móvil aeronáutico, operan Sistemas de Acceso Fijo Inalámbrico (FWA). [5]

### 2.4.3 Banda de 6-8 GHz

#### ◆ Características Generales

Denominada también “Banda C”, al igual que la Banda de 1-2 GHz es usada para radioenlaces terrenales del servicio fijo, pero con la diferencia que la distancia disminuye debido al aumento de frecuencia, llegando a proporcionar enlaces de mediano alcance. En consecuencia, para salvar las limitaciones de alcance impuestas por la redondez de la Tierra y los obstáculos geográficos del terreno, se requiere en muchos casos la utilización de estaciones repetidoras. El modo de propagación es Troposférico.

La capacidad en la Banda de 6-8 GHz, está igualmente medida por el número de canales telefónicos para radioenlaces analógicos o por la velocidad de bits para radioenlaces digitales, esta banda se encuentra en el rango de Mediana Capacidad, hasta unos 240 canales para enlaces analógicos o 8 Mbit/s para enlaces digitales.

La Canalización en esta banda se maneja principalmente con anchos de banda de 7 MHz, 14 MHz y 28 MHz de acuerdo a las recomendaciones emitidas por la UIT-R, lo cual se analizará más adelante.

Es importante mencionar que esta banda es usada en el país para la Red de *Backbone* o de *Core*, la cual está compuesta por enlaces de gran capacidad o una serie de nodos de conexión que forman un eje de conexión principal y que deberá entre otras cosas cursar grandes volúmenes de tráfico con un muy elevado grado de confiabilidad.

### ◆ Antenas

Las antenas utilizadas habitualmente en los radioenlaces en ésta banda son del tipo reflectores de bocina o paraboloides de revolución alimentados en el foco. Se caracteriza por llevar un reflector parabólico, pueden ser usadas como antenas transmisoras o como antenas receptoras. En las antenas parabólicas transmisoras el reflector parabólico refleja la onda electromagnética generada por un dispositivo radiante, mientras que en las antenas parabólicas receptoras el reflector parabólico concentra la onda incidente en su foco, para ser recibida por un detector. El diámetro máximo de los paraboloides suele ser de uno 3 m y tienen una ganancia elevada. Las características que se deben tomar en cuenta en una antena son:

- Ganancia isótropa
- Anchura de haz
- Diagrama de radiación

La ganancia en dB viene dada por:

$$G(\text{dB}) = 20,4 + 10 \log k + 20 \log D(\text{m}) + 20 \log f(\text{GHz}), \quad (2.3)$$

$k$ : Rendimiento, comprendido generalmente entre 0.55 y 0.6

$D$ : Diámetro de la antena

$f$ : Frecuencia

El diagrama de radiación suele presentarse en forma relativa, asignando convencionalmente 0 dB a la dirección de máxima radiación e indicando niveles de 10, 20, 30 dB por debajo de este máximo, todo ello en función del ángulo con respecto al eje de la antena (que es la dirección del máximo), en un sistema de coordenadas polares.

Conforme crece el número de radioenlaces instalados, aumenta potencialmente el peligro de interferencias entre sistemas. Para reducir estos efectos, los organismos reguladores dictan una serie de normas que deben cumplir los diagramas de radiación de las antenas en aplicaciones punto a punto. En particular, las especificaciones indican que los lóbulos secundarios de la antena (radiación espúrea en otras direcciones distintas

del lóbulo o haz principal) deben encontrarse por debajo de ciertos niveles. Estas especificaciones suelen representarse en forma de plantilla para poder compararse posteriormente con el diagrama de radiación de la antena.

#### ♦ La Banda de 6-8 GHz en el Plan Nacional de Frecuencias

Esta banda ha sido distribuida en el Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias de acuerdo a la Tabla. 2.12.

**Tabla. 2. 12. Distribución de la Banda de 6 – 8 GHz en el Plan Nacional de Frecuencias**

REGION 2	ECUADOR	
Subbanda (MHz)	Subbanda (MHz)	Notas EQA
5850 - 5925 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL Aficionados Radiolocalización 5.150	5850 - 5925 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL Aficionados Radiolocalización 5.150	
5925 - 6700 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.457A MÓVIL 5.149 5.440 5.458	5925 - 6700 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.457A MÓVIL 5.149 5.440 5.458	EQA.155 EQA.216 EQA.221 EQA.223
7075 - 7145 FIJO MÓVIL 5.458	7075 - 7145 FIJO MÓVIL 5.458	EQA.155
7145 - 7235 FIJO MÓVIL INVESTIGACIÓN ESPACIAL (Tierra-espacio) 5.460 5.458	7145 - 7235 FIJO MÓVIL INVESTIGACIÓN ESPACIAL (Tierra-espacio) 5.460 5.458 5.460	EQA.155
7235 - 7250 FIJO MÓVIL 5.458	7235 - 7250 FIJO MÓVIL 5.458	EQA.155
7250 - 7300 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL 5.461	7250 - 7300 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL 5.461	EQA.155
7300 - 7450 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.461	7300 - 7450 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.461	EQA.155
7450 - 7550 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.461A	7450 - 7550 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.461A	EQA.155
7550 - 7750 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico	7550 - 7750 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico	EQA.155

REGION 2	ECUADOR	
Subbanda (MHz)	Subbanda (MHz)	Notas EQA
7750 - 7850 FIJO METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.461B	7750 - 7850 FIJO METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.461B	EQA.155
7850 - 7900 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico	7850 - 7900 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico	EQA.155
7900 - 8025 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL salvo móvil aeronáutico	7900 - 8025 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL salvo móvil aeronáutico	EQA.155
8025 - 8175 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra)	7850 - 7900 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico	EQA.155
8025 - 8175 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL 5.463	8025 - 8175 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL 5.463	EQA.155
8175 - 8215 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (Tierra-espacio)	8175 - 8215 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (Tierra-espacio)	EQA.155
8215 - 8400 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL 5.463	8215 - 8400 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL 5.463	EQA.155
8400 - 8500 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra) 5.465	8400 - 8500 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra) 5.465	EQA.155

A continuación se detallan las Notas EQA mencionadas anteriormente, éstas indican los servicios que se brindan en las distintas bandas de frecuencias:

- **EQA 216:** Las bandas: 5,925 GHz - 6,7 GHz, atribuida al servicio FIJO; 6,7 GHz – 6,892 GHz, atribuida a los servicios FIJO, FIJO POR SATELITE, MOVIL; y, 12,6 – 12,7 GHz, atribuida a los servicios FIJO, MOVIL salvo móvil aeronáutico, RADIODIFUSION y RADIODIFUSION POR SATELITE, se comparten con los enlaces radioeléctricos entre estaciones fijas con antenas direccionales punto – punto, para el servicio de RADIODIFUSION de Televisión únicamente en los puntos, trayectos y frecuencias especificados en la Resolución 001-01-CONATEL-2004, del 29 de enero del 2004.
- **EQA 221:** En la banda 6.349 – 6.700 MHz, atribuida a los servicios FIJO, FIJO POR SATELITE (Tierra-espacio) y MÓVIL, operarán exclusivamente enlaces radioeléctricos entre estaciones fijas con antenas direccionales punto-punto,

punto-multipunto del servicio de radiodifusión de televisión en los puntos de enlace: Guayaquil – Cerro El Carmen – Cerro Cochabamba – Cerro Capadia – Cerro Pilisurco – Sector El Boliche (Clirsén) – Cerro Pichincha – Quito y viceversa.

- **EQA 223:** En la banda 6.300 – 6.349 MHz, atribuida a los servicios FIJO, FIJO POR SATELITE (Tierra-espacio) y MOVIL, operarán exclusivamente enlaces radioeléctricos entre estaciones fijas con antenas direccionales punto-punto, punto-multipunto del servicio de radiodifusión de televisión.

#### 2.4.4 Banda de 14 – 15 GHz

##### ◆ Características Generales

Denominada también “Banda Ku”, usada para radioenlaces terrenales del servicio fijo, el alcance de esta banda se reduce significativamente en comparación a las bandas analizadas anteriormente, debido a las frecuencias elevadas del rango, llegando a alcanzar distancias máximas de 15 km aproximadamente.

Por otro lado, en este caso las interferencias no serán producidas únicamente por obstáculos, ya que en bandas superiores a los 10 GHz los gases y vapores atmosféricos, principalmente el oxígeno y el vapor de agua, producen una absorción de la energía electromagnética, lo que se traduce en una atenuación adicional para las señales, similar efecto es producido por las precipitaciones, sobretodo la lluvia, y en ciertos casos, las nubes y la nieve. Las absorciones atmosférica y por lluvia producen, además, un aumento en la temperatura de ruido de la antena receptora y una despolarización de la señal. Este es otro motivo por el cual los enlaces en estas bandas deben ser de corto alcance a fin de poder evitar atenuación en su propagación a través de la tropósfera.

En la Banda de 14-15 GHz la capacidad es alta, para poder medirla se tomará como base el número de canales telefónicos para radioenlaces analógicos o la velocidad de bits para radioenlaces digitales, se manejan de 300 a 2700 canales para enlaces analógicos y por encima de 34 Mbit/s para enlaces digitales.

Al igual que en la banda de 6 – 8 GHz se usan antenas parabólicas tipo plato, pero con una ganancia mayor debido a su rango de operación y tipo de aplicaciones.

La Canalización está distribuida principalmente en pasos de 3.5 MHz, 7 MHz , 14 MHz y hasta 28 MHz, lo cual será analizado con detalle más adelante.

#### ♦ La Banda de 14-15 GHz en el Plan Nacional de Frecuencias

De similar manera a las anteriores, esta banda ha sido distribuida en el Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias acuerdo a la Tabla. 2.13.

**Tabla. 2. 13. Distribución de la Banda de 14 – 15 GHz en el Plan Nacional de Frecuencias**

REGION 2	ECUADOR	
Subbanda (MHz)	Subbanda (MHz)	Notas EQA
14,4 - 14,47 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.457A 5.484A 5.506 5.506B MÓVIL salvo móvil aeronáutico Móvil por satélite (Tierra-espacio) 5.506A Investigación espacial (espacio-Tierra) 5.504A	14,4 - 14,47 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.457A 5.484A 5.506 5.506B MÓVIL salvo móvil aeronáutico Móvil por satélite (Tierra-espacio) 5.506A Investigación espacial (espacio-Tierra) 5.504A	EQA.240
14,47 - 14,5 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.457A 5.484A 5.506 5.506B MÓVIL salvo móvil aeronáutico Móvil por satélite (Tierra-espacio) 5.504B 5.506A Radioastronomía 5.149 5.504A	14,47 - 14,5 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.457A 5.484A 5.506 5.506B MÓVIL salvo móvil aeronáutico Móvil por satélite (Tierra-espacio) 5.504B 5.506A Radioastronomía 5.149 5.504A	EQA.240
14,5 - 14,8 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.510 MÓVIL Investigación espacial	14,5 - 14,8 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.510 MÓVIL Investigación espacial	EQA.155
14,8 - 15,35 FIJO MÓVIL Investigación espacial 5.339	14,8 - 15,35 FIJO MÓVIL Investigación espacial 5.339	EQA.155

A continuación se detallan las Notas EQA mencionadas anteriormente, éstas indican los servicios que se brindan en las distintas bandas de frecuencias:

- **EQA 240:** El uso de la banda 13,75 - 14 GHz, atribuida a los servicios FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) y RADIOLOCALIZACIÓN, se comparte con el servicio de RADIODIFUSIÓN de Televisión Codificada por satélite.

El uso de la banda 14 – 14,3 GHz, atribuida a los servicios FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) y RADIONAVEGACIÓN, se comparte con el servicio de RADIODIFUSIÓN de Televisión Codificada por satélite.

El uso de la banda 14,3 – 14,4 GHz, atribuida al servicio FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio), se comparte con el servicio de RADIODIFUSIÓN de Televisión Codificada por satélite.

El uso de la banda 14,4 – 14,5 GHz, atribuida a los servicios FIJO, FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio), MÓVIL salvo móvil aeronáutico, se comparte con el servicio de RADIODIFUSIÓN de Televisión Codificada por satélite.

A continuación se detallan algunas bandas adicionales con importancia por su carácter comercial:

- **Banda de 4.4 – 5 GHz**

Esta banda está distribuida en el Plan Nacional de Frecuencias como se muestra en la Tabla.2.14.

**Tabla. 2. 14. Distribución de la Banda de 4.4 - 5 GHz en el Plan Nacional de Frecuencias**

REGION 2	ECUADOR	
Subbanda (MHz)	Subbanda (MHz)	Notas EQA
4400 - 4500 FIJO MÓVIL	4400 - 4500 FIJO MÓVIL	
4500 - 4800 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.441	4500 - 4800 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.441 MÓVIL	
4800 - 4990 FIJO MÓVIL 5.442 Radioastronomía 5.149 5.339 5.443	4800 - 4990 FIJO MÓVIL 5.442 Radioastronomía 5.149	
4990 - 5000 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico RADIOASTRONOMÍA Investigación espacial (pasivo) 5.149	4990 - 5000 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico RADIOASTRONOMÍA Investigación espacial (pasivo) 5.149	

- **Banda de 5.1 – 5.8 GHz**

Esta banda está distribuida en el Plan Nacional de Frecuencias como se muestra en la Tabla.2.15.

**Tabla. 2. 15. Distribución de la Banda de 5.1 – 5.8 GHz en el Plan Nacional de Frecuencias**

<b>REGION 2</b>	<b>ECUADOR</b>	
<b>Subbanda (MHz)</b>	<b>Subbanda (MHz)</b>	<b>Notas EQA</b>
<b>5150 - 5250</b> RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.447A MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.446A 5.446B 5.446 5.447B 5.447C	<b>5150 - 5250</b> RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.447A MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.446A 5.446B 5.446 5.447B 5.447C	EQA.211 EQA.212
<b>5250 - 5255</b> EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIOLOCALIZACIÓN INVESTIGACIÓN ESPACIAL 5.447D MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.446A 5.447F 5.448A	<b>5250 - 5255</b> EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIOLOCALIZACIÓN INVESTIGACIÓN ESPACIAL 5.447D MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.446A 5.447F 5.448A	
<b>5255 - 5350</b> EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIOLOCALIZACIÓN INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.446A 5.447F 5.448A	<b>5255 - 5350</b> EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIOLOCALIZACIÓN INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.446A 5.447F 5.448A	
<b>5350 - 5460</b> EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) 5.448B INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) 5.448C RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA 5.449 Radiolocalización 5.448D	<b>5350 - 5460</b> EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) 5.448B INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) 5.448C RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA 5.449 Radiolocalización 5.448D	
<b>5460 - 5470</b> RADIONAVEGACIÓN 5.449 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) RADIOLOCALIZACIÓN 5.448D 5.448B	<b>5460 - 5470</b> RADIONAVEGACIÓN 5.449 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) RADIOLOCALIZACIÓN 5.448D 5.448B	
<b>5470 - 5570</b> RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.446A 5.450A EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) RADIOLOCALIZACIÓN 5.450B	<b>5470 - 5570</b> RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.446A 5.450A EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) RADIOLOCALIZACIÓN 5.450B	EQA.211 EQA.214
<b>5570 - 5650</b> RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.446A 5.450A RADIOLOCALIZACIÓN 5.450B 5.452 5570 - 5650	<b>5570 - 5650</b> RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.446A 5.450A RADIOLOCALIZACIÓN 5.450B 5.452 5570 - 5650	EQA.211 EQA.214
<b>5650 - 5725</b> RADIOLOCALIZACIÓN MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.446A 5.450A Aficionados Investigación espacial (espacio lejano) 5.282 5.455	<b>5650 - 5725</b> RADIOLOCALIZACIÓN MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.446A 5.450A Aficionados Investigación espacial (espacio lejano) 5.282	EQA.211 EQA.214
<b>5725 - 5830</b> RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados 5.150 5.455	<b>5725 - 5830</b> RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados 5.150	EQA.211 EQA.215

A continuación se detallan las Notas EQA mencionadas anteriormente, éstas indican los servicios que se brindan en las distintas bandas de frecuencias:



- **EQA 211:** El uso de las bandas 5.150 – 5.250 MHz; 5.250 – 5.350 MHz; 5.470 – 5.725 MHz y 5.725 – 5.850 MHz será atribuido a las Bandas INI.
  - **EQA 212:** El uso de la banda de 5.150 – 5.250 MHz, atribuido al servicio de RADIONAVEGACION AERONAUTICA, FIJO POR SATELITE (Tierra – espacio), y MOVIL salvo móvil aeronáutico, se comparte con Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.
  - **EQA 214:** El uso de la banda de 5.470 – 5.725 MHz, atribuida al servicio de RADIONAVEGACION MARITIMA, MOVIL salvo móvil aeronáutico, EXPLORACION DE LA TIERRA POR SATELITE, INVESTIGACION ESPACIAL y RADIOLOCALIZACION, se comparte con Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.
  - **EQA 215:** El uso de la banda 5.725 – 5.850 MHz, atribuida al servicio de RADIOLOCALIZACIÓN, se comparte con Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha y con enlaces radioeléctricos para radiodifusión sonora que utilizan Sistemas de Espectro Ensanchado (Spread Spectrum) entre estaciones fijas con antenas direccionales punto – punto.
- **Banda de 10 – 10.68 GHz**

Esta banda está distribuida en el Plan Nacional de Frecuencias como se muestra en la Tabla.2.16.

**Tabla. 2. 16. Distribución de la Banda de 10 – 10.68 GHz en el Plan Nacional de Frecuencias**

REGION 2	ECUADOR	
Subbanda (MHz)	Subbanda (MHz)	Notas EQA
<b>10 - 10,45</b> RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados 5.479 5.480	<b>10 - 10,45</b> RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados 5.479 5.480	
<b>10,45 - 10,5</b> RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados Aficionados por satélite 5.481	<b>10,45 - 10,5</b> RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados Aficionados por satélite 5.481	
<b>10,5 - 10,55</b> FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN	<b>10,5 - 10,55</b> FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN	
<b>10,55 - 10,6</b> FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico Radiolocalización	<b>10,55 - 10,6</b> FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico Radiolocalización	

REGION 2	ECUADOR	
Subbanda (MHz)	Subbanda (MHz)	Notas EQA
<b>10,6 - 10,68</b> EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico RADIOASTRONOMÍA INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo) Radiolocalización 5.149 5.482	<b>10,6 - 10,68</b> EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico RADIOASTRONOMÍA INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo) Radiolocalización 5.149 5.482	

▪ **Banda de 17 – 18,9 GHz**

Esta banda está destinada a brindar servicios de enlaces fijos y se encuentra distribuida en el Plan Nacional de Frecuencias como se muestra en la Tabla.2.17.

**Tabla. 2. 17. Distribución de la Banda de 17 – 18,9 GHz en el Plan Nacional de Frecuencias**

REGION 2	ECUADOR	
Subbanda (MHz)	Subbanda (MHz)	Notas EQA
<b>17,7 - 17,8</b> FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) (Tierra-espacio) 5.516 RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE Móvil 5.518 5.515 5.517	<b>17,7 - 17,8</b> FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) (Tierra-espacio) 5.516 RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE Móvil 5.518 5.515 5.517	
<b>17,8 - 18,1</b> FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.484 A (Tierra-espacio) 5.516 MÓVIL	<b>17,8 - 18,1</b> FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.484 A (Tierra-espacio) 5.516 MÓVIL	EQA.155
<b>18,1 - 18,4</b> FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.484A 5.516B (Tierra-espacio) 5.520 MÓVIL 5.519	<b>18,1 - 18,4</b> FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.484 A 5.516B (Tierra-espacio) 5.520 MÓVIL 5.519	EQA.155
<b>18,4 - 18,6</b> FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.484A 5.516B MÓVIL	<b>18,4 - 18,6</b> FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.484A 5.516B MÓVIL	EQA.155
<b>18,6 - 18,8</b> EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.516B 5.522B MÓVIL salvo móvil aeronáutico INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo) 5.522A	<b>18,6 - 18,8</b> EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.516B 5.522B MÓVIL salvo móvil aeronáutico INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo) 5.522A	EQA.155
<b>18,8 - 19,3</b> FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.516B 5.523A MÓVIL	<b>18,8 - 19,3</b> FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.523A MÓVIL	EQA.40

Las Notas que se detallan en esta banda ya fueron descritas anteriormente.

- **Banda de 21 – 23,6 GHz**

La Banda de 21-23,6 GHz que dispone de grandes anchos de banda se usa en aplicaciones de Redes de Acceso en Sistemas Punto – Multipunto, debiendo tener en cuenta las pérdidas de propagación debido a las fenómenos como las lluvias y además de la directividad de las antenas que debe ser bastante precisa.

Esta banda se encuentra distribuida en el Plan Nacional de Frecuencias como se muestra en la Tabla.2.18.

**Tabla. 2. 18. Distribución de la Banda de 21.2 – 23.6 GHz en el Plan Nacional de Frecuencias**

REGION 2	ECUADOR	
Subbanda (MHz)	Subbanda (MHz)	Notas EQA
21,2 - 21,4 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) FIJO MÓVIL INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo)	21,2 - 21,4 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) FIJO MÓVIL INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo)	EQA.155
21,4 - 22 FIJO MÓVIL	21,4 - 22 FIJO MÓVIL	EQA.155
22 - 22,21 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.149	22 - 22,21 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.149	EQA.155
22,21 - 22,5 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico RADIOASTRONOMÍA INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo) 5.149 5.532	22,21 - 22,5 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico RADIOASTRONOMÍA INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo) 5.149 5.532	EQA.155
22,5 - 22,55 FIJO MÓVIL	22,5 - 22,55 FIJO MÓVIL	EQA.155
22,55 - 23,55 FIJO ENTRE SATÉLITES MÓVIL	22,55 - 23,55 FIJO ENTRE SATÉLITES MÓVIL 5.149	EQA.155
23,55 - 23,6 FIJO MÓVIL	23,55 - 23,6 FIJO MÓVIL	EQA.155

La Nota que se detalla en esta banda ya fue descrita anteriormente.

- **Banda de 27,5 – 28,35 GHz**

Esta banda se encuentra distribuida en el Plan Nacional de Frecuencias como se muestra en la Tabla.2.19.

**Tabla. 2. 19. Distribución de la Banda de 27,5 – 28,35 GHz en el Plan Nacional de Frecuencias**

REGION 2	ECUADOR	
Subbanda (MHz)	Subbanda (MHz)	Notas EQA
27,5 - 28,5 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.484A 5.516B 5.539 MÓVIL 5.538 5.540	27,5 - 28,5 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.484A 5.516B 5.539 MÓVIL 5.538 5.540	EQA.245

A continuación se detallan la Nota EQA mencionada anteriormente, ésta indica los servicios que se brindan en la banda estudiada:

- **EQA 245:** En las bandas 27,5 – 28,35 GHz y 29,1 – 29,25 GHz, atribuidas a los servicios FIJO, FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) y MÓVIL, operan Sistemas de Distribución Multipunto Local (LMDS).

En la banda 31 – 31,3 GHz, atribuida a los servicios FIJO y MÓVIL, operan Sistemas de Distribución Multipunto Local (LMDS).

- **Banda de 29,1 – 29,25 GHz**

Esta banda se encuentra distribuida en el Plan Nacional de Frecuencias como se muestra en la Tabla.2.20.

**Tabla. 2. 20. Distribución de la Banda de 29,1 – 29,25 GHz en el Plan Nacional de Frecuencias**

REGION 2	ECUADOR	
Subbanda (MHz)	Subbanda (MHz)	Notas EQA
29,1 - 29,5 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.516B 5.523C 5.523E 5.535A 5.539 5.541A MÓVIL Exploración de la Tierra por satélite (Tierra -espacio) 5.541 5.540	29,1 - 29,5 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.516B 5.523C 5.523E 5.535A 5.539 5.541A MÓVIL Exploración de la Tierra por satélite (Tierra -espacio) 5.541 5.540	EQA.245

La Nota que se detalla en esta banda ya fue descrita anteriormente.

- **Banda de 31 – 31,3 GHz**

Esta banda se encuentra distribuida en el Plan Nacional de Frecuencias como se muestra en la Tabla.2.21.

**Tabla. 2. 21. Distribución de la Banda de 31 – 31,3 GHz en el Plan Nacional de Frecuencias**

REGION 2	ECUADOR	
Subbanda (MHz)	Subbanda (MHz)	Notas EQA
<b>31 - 31,3</b> FIJO MÓVIL Frecuencias patrón y señales horarias por satélite (espacio-Tierra) Investigación espacial 5.544 5.149	<b>31 - 31,3</b> FIJO MÓVIL Frecuencias patrón y señales horarias por satélite (espacio-Tierra) Investigación espacial 5.544 5.149	EQA.245

La Nota que se detalla en esta banda ya fue descrita anteriormente.

## 2.5 ANÁLISIS DE BANDAS ASIGNADAS A SERVICIOS TELEFÓNICOS MÓVIL Y FIJO INALAMBRICO.

### 2.5.1 Servicio Telefónico Móvil

Las bandas asignadas para brindar Servicio Telefónico Móvil son las comprendidas en el rango de: 824 – 849 MHz (A1-A2-A3 para CONCEL S.A. y B1-B2 para OTECEL S.A.) y 869 – 894 MHz (A1'-A2'-A3' para CONECEL S.A. y B1'-B2' para OTECEL S.A.), la cual se denominará Banda de 850 MHz, además existe el rango de 1.710 – 1.885 MHz, 1.885 – 2.025 MHz y 2.110 – 2.200 MHz, al cual se denominará Banda de 1900, estas bandas están atribuidas para STMC, Telecomunicaciones Móviles Internacionales – 2000 (IMT-2000) y la operación de SMA.

El STMC fue concesionado a la operadora CONECEL S.A. el 26 de agosto de 1.993 con un ancho de banda de 25 MHz en la banda de 850 MHz, evolucionado en su tecnología desde: *Advanced Mobile Phone System* (AMPS), luego TDMA, para pasar al uso actual de *Global System for Global Communication* (GSM)/ *General Packet Radio Service* (GPRS), actualmente tienen también EDGE y UMTS, mientras que OTECEL S.A. fue concesionado el 29 de noviembre de 1.993 con las mismas condiciones de la otra operadora y su evolución tecnológica ha sido: AMPS, TDMA, CDMA 2000 1xRTT, GSM. STMC es el servicio final de telecomunicaciones por medio del cual se proporciona la capacidad completa para la comunicación entre suscriptores con movilidad, así como su interconexión con los usuarios de la red telefónica pública y

otras redes autorizadas, además para poder proveer cualquier otro servicio de telecomunicaciones adicional debe obtener las correspondientes concesiones o permisos. Los servicios suplementarios a prestarse pueden ser: marcación abreviada, conferencias multiparte, teléfono rojo, llamada en espera, etc. También, para la operación del STMC las operadoras usan frecuencias no esenciales, las cuales son utilizadas por enlaces de microonda que conectan las diferentes radiobases así como las MSC de la red. Estas frecuencias auxiliares son concesionadas en la banda de 1, 6, 7-8, 14-15 y 23 GHz.

Los sistemas celulares en Ecuador tienen asignadas sus frecuencias esenciales en la banda de 850MHz de acuerdo a lo expuesto en la Figura. 2.13.

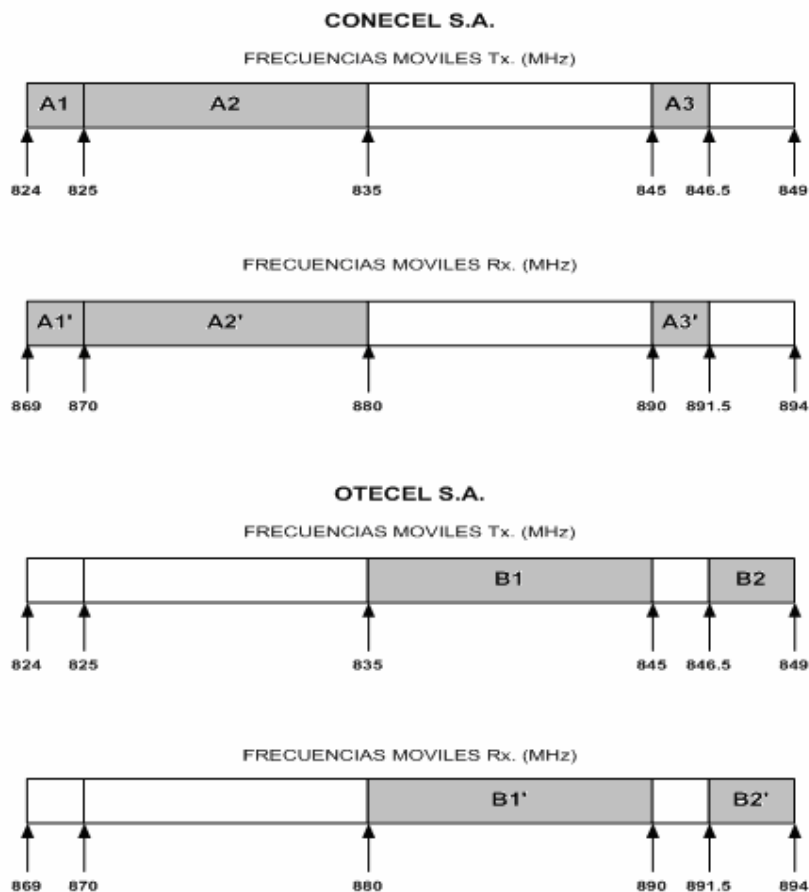
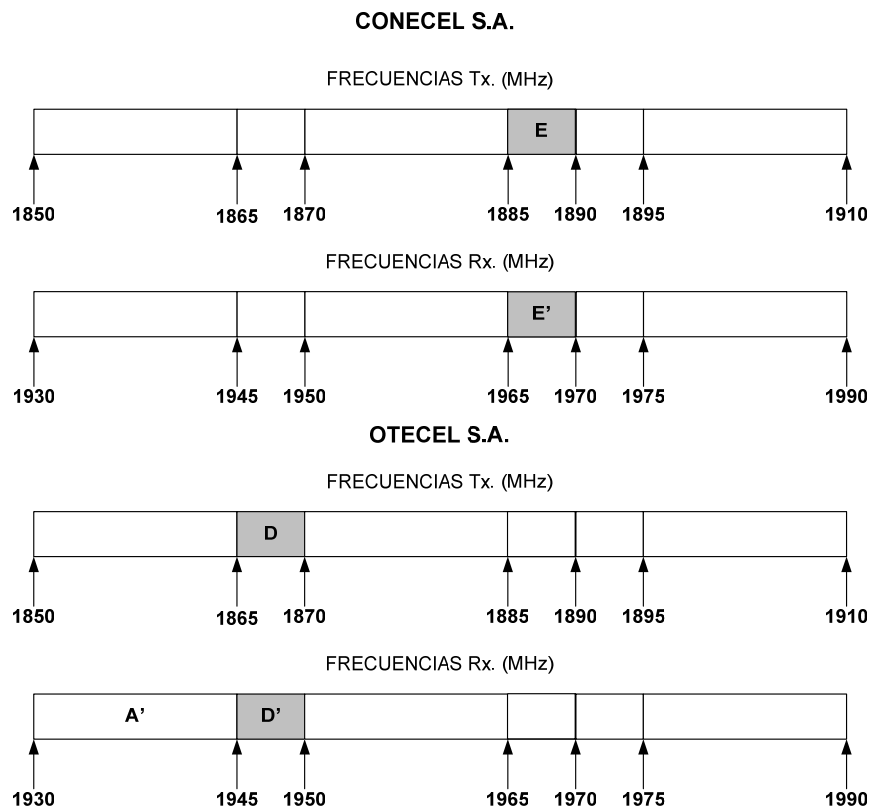


Figura. 2. 13. Canalización Banda 850 MHz STMC

A finales del 2.006, fue asignado un bloque adicional a cada operador de 10 MHz en la banda de 1.900 MHz, aquí aparecen los bloques D-D' que va de 1.865 – 1.870 MHz y 1.945 – 1.950 MHz respectivamente para OTECEL S.A., además del bloque E-E' que va de 1.885 – 1.890 MHz y 1.965 – 1.970 MHz respectivamente para CONECEL S.A., el rango de frecuencias se muestra en la Figura. 2.14.



**Figura. 2. 14. Canalización Banda 1.900 MHz STMC**

Por otro lado el SMA es un servicio final de telecomunicaciones del servicio móvil terrestre, que permite toda transmisión, emisión y recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos, voz, datos o información de cualquier naturaleza, sin requerir la autorización de servicios adicionales, y ha sido concesionado a la operadora TELECSA S.A. en abril del 2.003. En el 2.008 se espera la unificación a SMA para las tres operadoras.

TELECSA S.A. opera en la banda de 1.900 MHz con un ancho de banda de 30 MHz, en la banda C – C', entrando al mercado con tecnología CDMA2000 1x y CDMA2000 1xEV-DO, actualmente presta servicios con tecnología GSM a través de la

red de OTECEL S.A., mediante un acuerdo comercial entre las operadoras. De igual manera, a finales del 2006 fueron asignados 10 MHz adicionales en la banda F – F', debido al crecimiento acelerado que las comunicaciones móviles han presentado en los últimos años. Esta disposición de frecuencias se la observa en la Figura. 2.15.

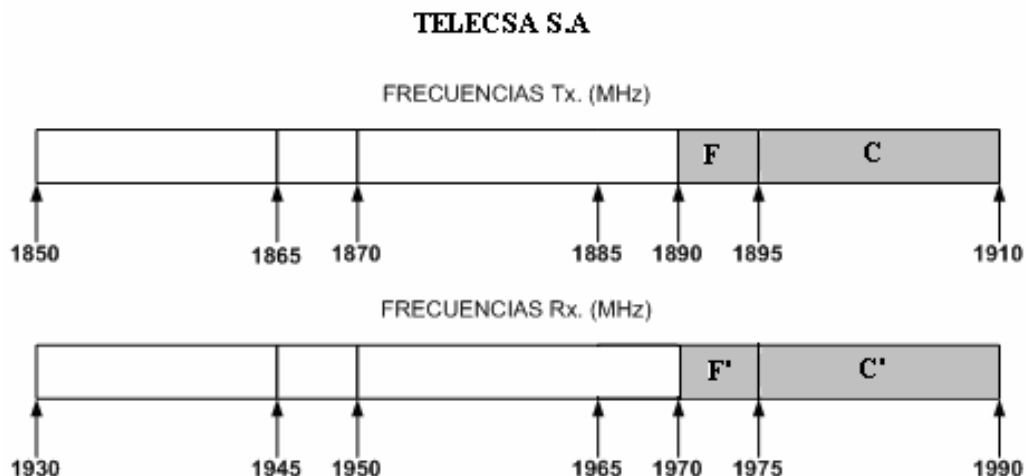


Figura. 2. 15. Canalización Banda 1900 MHz SMA

En la canalización de 1.900 MHz quedan dos bloques libres de 30 MHz cada uno (A –A' y B – B') a disposición de otros concesionarios que deseen brindar el mismo servicio.

### 2.5.2 Servicio Fijo Inalámbrico

Por otro lado el Servicio Fijo Inalámbrico cuyo objetivo es incentivar el crecimiento de las telecomunicaciones en zonas en las cuales el acceso es escaso permitiendo llegar a varios usuarios en un tiempo muy inferior y con costos relativamente bajos en comparación con la implementación de una red física, opera en la banda de 3,4 – 3,7 GHz. la cual inicialmente se encontraba subdividida en 6 bloques de frecuencias: los cuatro primeros son A-A', B-B', C-C', D-D', que ocupan la banda de 3.400 – 3.600 MHz con una separación semiduplex de 100MHz, mientras que los dos restantes E-E' y F-F', ocupan la banda de 3.600 – 3.700 MHz con una separación igualmente semiduplex de 50 MHz.



Se concesionaron los bloques A-A' (ANDINATEL S.A.) en el año 2.005, B-B' (SETEL S.A.) el 26 de agosto de 2.002 y C-C' (ECUADORTELECOM S.A.) el 15 de octubre de 2.002, con un ancho de banda de 50 MHz y autorizados para operar a nivel nacional.

Inicialmente la canalización de los seis bloques mencionados se estableció como se muestra en la Tabla. 2.22 y Tabla. 2.23, considerando que hasta la actualidad han surgido algunas recalalizaciones de los bloques D-D', E-E' y F-F', con el objeto de una administración mejor del espectro radioeléctrico.

**Tabla. 2. 22. Canalización de las Bandas 3.400 – 3.600 MHz**

<i>BLOQUE</i>	<i>SUB-BLOQUE</i>	<i>BANDA (MHz)</i>	<i>BLOQUE</i>	<i>SUB-BLOQUE</i>	<i>BANDA (MHz)</i>
<b>A</b>	A1	3.400-3.405	<b>A'</b>	A1'	3.500-3.505
	A2	3.405-3.410		A2'	3.505-3.510
	A3	3.410-3.415		A3'	3.510-3.515
	A4	3.415-3.420		A4'	3.515-3.520
	A5	3.420-3.425		A5'	3.520-3.525
<b>B</b>	B1	3.425-3.430	<b>B'</b>	B1'	3.525-3.530
	B2	3.430-3.435		B2'	3.530-3.535
	B3	3.435-3.440		B3'	3.535-3.540
	B4	3.440-3.445		B4'	3.540-3.545
	B5	3.445-3.450		B5'	3.545-3.550
<b>C</b>	C1	3.450-3.455	<b>C'</b>	C1'	3.550-3.555
	C2	3.455-3.460		C2'	3.555-3.560
	C3	3.460-3.465		C3'	3.560-3.565
	C4	3.465-3.470		C4'	3.565-3.570
	C5	3.470-3.475		C5'	3.570-3.575
<b>D</b>	D1	3.475-3.480	<b>D'</b>	D1'	3.575-3.580
	D2	3.480-3.485		D2'	3.580-3.585
	D3	3.485-3.490		D3'	3.585-3.590
	D4	3.490-3.495		D4'	3.590-3.595
	D5	3.495-3.500		D5'	3.595-3.600

*Separación Dúplex*

*100 (MHz)*

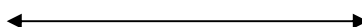
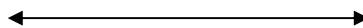


Tabla. 2. 23. Canalización de las Bandas 3.600 – 3.700 MHz

<i>BLOQUE</i>	<i>SUB-BLOQUE</i>	<i>BANDA (MHz)</i>	<i>BLOQUE</i>	<i>SUB-BLOQUE</i>	<i>BANDA (MHz)</i>
<i>E</i>	<i>E1</i>	3.600-3.605	<i>E'</i>	<i>E1'</i>	3.650-3.655
	<i>E2</i>	3.605-3.610		<i>E2'</i>	3.655-3.660
	<i>E3</i>	3.610-3.615		<i>E3'</i>	3.660-3.665
	<i>E4</i>	3.615-3.620		<i>E4'</i>	3.665-3.670
	<i>E5</i>	3.620-3.625		<i>E5'</i>	3.670-3.675
<i>F</i>	<i>F1</i>	3.625-3.630	<i>F'</i>	<i>F1'</i>	3.675-3.680
	<i>F2</i>	3.630-3.635		<i>F2'</i>	3.680-3.685
	<i>F3</i>	3.635-3.640		<i>F3'</i>	3.685-3.690
	<i>F4</i>	3.640-3.645		<i>F4'</i>	3.690-3.695
	<i>F5</i>	3.645-3.650		<i>F5'</i>	3.695-3.700

*Separación Dúplex*

50 (MHz)



Más adelante se inicia el proceso de concesión de dos sub-bandas del bloque D-D' de la banda FWA para las empresas PACIFICTEL y ETAPATELECOM S.A., y se inicia el estudio una nueva canalización para este bloque, con Resolución No. 601-29-CONATEL-2.006 del 17 de noviembre de 2.006 el CONATEL dispone recanalizar el bloque del acuerdo con la Tabla. 2.24.

Tabla. 2. 24. Primera Recanalización del Bloque D-D'

<i>BLOQUE</i>	<i>SUB-BLOQUE</i>	<i>BANDA (MHz)</i>	<i>BLOQUE</i>	<i>SUB-BLOQUE</i>	<i>BANDA (MHz)</i>
<i>D</i>	D1	3.475-3.483,33	<i>D'</i>	D1'	3.575-3.583,33
	D2	3.483,33-3.491,66		D2'	3.583,33-3.591,66
	D3	3.491,66-3.500		D3'	3.591,66-3.600

Hay que recordar que las tecnologías FWA, operan en canales estandarizados de 1,75; 3,5; 5; 7; 10 y 14 MHz, por lo que la canalización anterior permite tener configuraciones como:

- Un canal de 7 MHz.
- Dos canales de 3,5 MHz.
- Cuatro canales de 1,75 MHz.
- Un canal de 5 MHz y otro de 1,75 MHz.

En cualquier caso, la utilización máxima del espectro es de 7 MHz. Al tenerse una banda de 8,33 MHz se estaría subutilizando un total de 1,33 MHz por cada bloque, lo que representa un total de 4 MHz por cada bloque de 25 MHz que no se podría utilizar por las operadoras. Es por esto que con Resolución No. 454-29 el CONATEL aprueba una nueva canalización para la banda de acuerdo con el siguiente detalle:

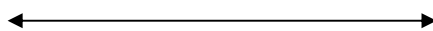
Esta canalización propone tener dos sub-bloques asimétricos, uno de 14,25 MHz (D1-D1') y otro de 10,75 MHz (D2-D2'). En el sub-bloque D1-D1' se podría operar dos canales de 7 MHz o uno de 14 MHz o sus variantes, en el bloque D2-D2' se utilizaría un canal de 7 MHz y uno de 3,5 MHz, dejando 1 MHz como banda de guarda por todo el bloque D-D'. En la Tabla. 2.25 se muestra dicha canalización.

**Tabla. 2. 25. Canalización para el Bloque D-D'**

BLOQUE	SUB-BLOQUE	BANDA (MHz)	BLOQUE	SUB-BLOQUE	BANDA (MHz)	TOTAL (MHz)
<b>D</b>	D1	3.475 – 3.485,75	<b>D'</b>	D1'	3.575 – 3.585,75	21,5
	D2	3.485,75 – 3.500		D2'	3.585,75 – 3.600	28,5

*Separación Dúplex*

*100 (MHz)*



Por otro lado, el proceso de recanalización de los bloques E-E' y F-F' fue aprobado en la misma Resolución del CONATEL que el bloque anterior, por lo tanto se realizó una canalización del rango 3.600–3.700 MHz en cuatro sub-bandas debido a que el desarrollo tecnológico se orienta a la operación en modo *Time Division Duplex* (TDD), de acuerdo al siguiente detalle en la Tabla. 2.26.

**Tabla. 2. 26. Nueva canalización para el Bloque E-E' y F-F'**

BLOQUE	BANDA (MHz)	TOTAL (MHz)
E	3.600 – 3.628,5	28,5
F	3.628,5 – 3.657	28,5
G	3.657 – 3.685,5	28,5
H	3.685,5 – 3.700	14,5

Esta nueva distribución de canales permite la operación de sistemas FWA con tecnología TDD a nivel regional, los bloques E, F y G permitirían la operación de

portadoras de hasta 28 MHz de ancho de banda, mientras que en el bloque H se podrían utilizar portadoras de hasta 14 MHz de ancho de banda, con sus respectivas bandas de guarda.

Este tipo de canalizaciones permiten optimizar el uso del espectro radioeléctrico, ya que si se tiene en cuenta la facilidad que representa la división política del país, se ha considerado a cada provincia como un área; además, se han considerado a las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca como áreas independientes. Lo cual permite considerar una asignación compartida en una misma área; esto es, que de acuerdo al requerimiento de los concesionarios se les podría asignar parte de un bloque (uno de los tres canales) para que operen en una misma área varios solicitantes

## 2.6 ÍNDICE DE OCUPACIÓN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

El objetivo de este punto es la determinación de una serie de métodos que permitan reflejar el porcentaje de ocupación del espectro tanto a nivel nacional como a nivel local, dependiendo del sitio de interés, además de mostrar el porcentaje geográfico que está contaminado por las emisiones de sistemas de radiocomunicaciones. El análisis se realizará primeramente para sistemas de cobertura en las bandas VHF y UHF, posteriormente en aplicaciones de enlaces radioeléctricos en determinada banda.

### 2.6.1 Análisis para Sistemas de Cobertura

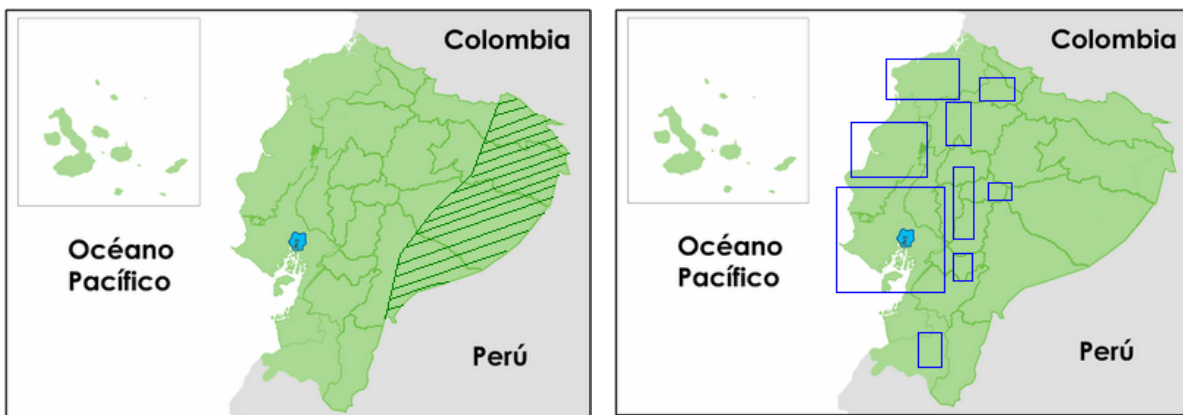
Para el análisis de este tipo de sistemas se tomará como ejemplo la banda UHF (450 - 512 MHz) en la Provincia de Pichincha, determinando el porcentaje de ocupación por tramos de la banda en esta región para el año 2.007. Se tomaron los sistemas existentes en el rango y con ayuda de una macro se pudo obtener la ocupación del espectro. Los resultados obtenidos son los que se muestran en la Tabla. 2.27.

**Tabla. 2. 27. Porcentaje de Ocupación de la Banda UHF (Provincia de Pichincha)**

Banda (MHz)	Ocupación de la Banda (MHz)	Ocupación de la Banda (%)
450 - 470	16,91	84,55
470 - 472	0,93	46,25
472 - 482	6,10	61
482 - 488	0,63	10,42
488 - 512	10,44	43,49

Como se puede observar, en el tramo 450 – 470 MHz por ejemplo, existe una disponibilidad de 20 MHz, de los cuales 16,91 MHz están ocupados y corresponden al 84,55 % de la banda. A través de este indicador se podrá determinar la disponibilidad de determinada porción del espectro en un sitio específico y tomar las medidas del caso al momento de la administración del espectro en determinado rango.

Por otro lado, se podrá establecer un porcentaje de ocupación a nivel nacional tomando en cuenta las áreas de cobertura generadas por sistemas de radiocomunicaciones a determinada frecuencia en este caso se tomará la de 450 MHz y compararla con el área total del país, se debe resaltar el hecho de que no todas las áreas tienen la misma importancia una respecto a la otra, ya que lo primordial es tomar en cuenta la densidad de sistemas de radiocomunicaciones que exista en cada una de ellas, mas no la dimensión física de la misma, por esto se descartará parte de la región oriental del país como se muestra en la Figura. 2.16 (a), mientras que en la Figura. 2.34 (b) se observan las áreas cubiertas por los sistemas funcionando a la frecuencia especificada.



(a) Área Despreciable

(b) Áreas de Cobertura

**Figura. 2. 16. Área despreciable y Áreas de Cobertura**

El área total del país es de 272.000 Km<sup>2</sup>, se ha despreciado un área aproximada de 53.625 Km<sup>2</sup> quedando disponibles 218.375 Km<sup>2</sup>, de los cuales un área de 85.813 Km<sup>2</sup>, es decir el 39,30 % aproximadamente esta ocupado por sistemas que trabajan a 450 MHz. Este método permite obtener un panorama del grado de utilización de cierta frecuencia del espectro a nivel nacional para este tipo de aplicaciones.

## 2.6.2 Enlaces Radioeléctricos

En este caso para determinar la saturación de una banda de frecuencias en determinado sitio, se analizan todos los enlaces existentes en el rango definido, para obtener los tramos asignados y así calcular el porcentaje de ocupación, como se observa en la Figura. 2.17.

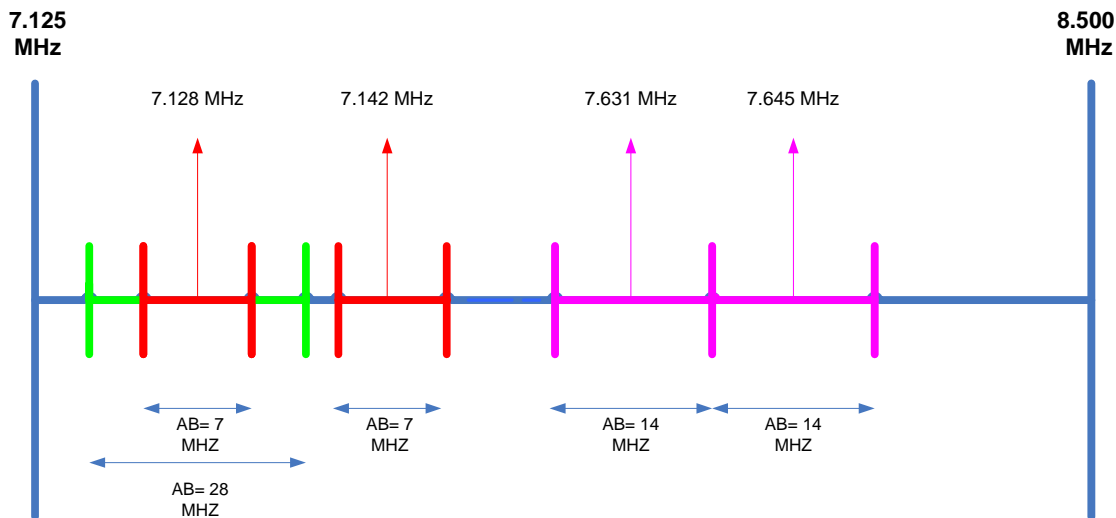


Figura. 2. 17. Ilustración de la ocupación de la Banda 7.125 – 8.500 MHz

Las porciones del espectro utilizadas no son constantes como se puede observar debido al uso de diferentes planes de canalización que se ajustan a las necesidades del usuario y a las características de operación de los equipos, por lo que en tramos el espectro se desperdicia y en otros se lo reutiliza, ocasionando una administración desordenada.

A continuación se realizará un ejemplo del método descrito, la banda analizada va de 7.125-8.500 MHz, el sitio elegido es el Cerro de Hojas ubicado en la provincia de Manabí. En primer lugar se deben recopilar todos los enlaces asignados a este sitio, especificando las frecuencias a las que operan y el ancho de banda para poder determinar los tramos del espectro que usan, estos tramos son los que se muestran en la Tabla. 2.28.

**Tabla. 2. 28. Tramos ocupados de la banda 7125-8500 MHz en el Cerro de Hojas**

Banda (MHz)		Ancho de Banda (MHz)
7.121	7.170	49
7.173,5	7.201,5	28
7.233	7.261	28
7.282	7.331	49
7.334,5	7.362,5	28
7.394	7.422	28
7.428	7.456	28
7.463	7.484	21
7.512	7.568	56
7.631	7.645	14
7.658	7.715	57
7.757	7.813	56
7.819	7.847	28
7.851,475	7.881,125	29,65
7.922,1	7.929,1	7
7.940,425	7.970,075	29,65
8.162,795	8.192,445	29,65
8.192,548	8.495,782	303,234
<b>TOTAL DE LA BANDA USADA (MHz)</b>		<b>869,184</b>

Así el porcentaje de ocupación se lo calcula de la siguiente manera:

$$PORCENTAJE DE OCUPACION = \frac{Banda Usada \times 100}{Banda Disponible}$$

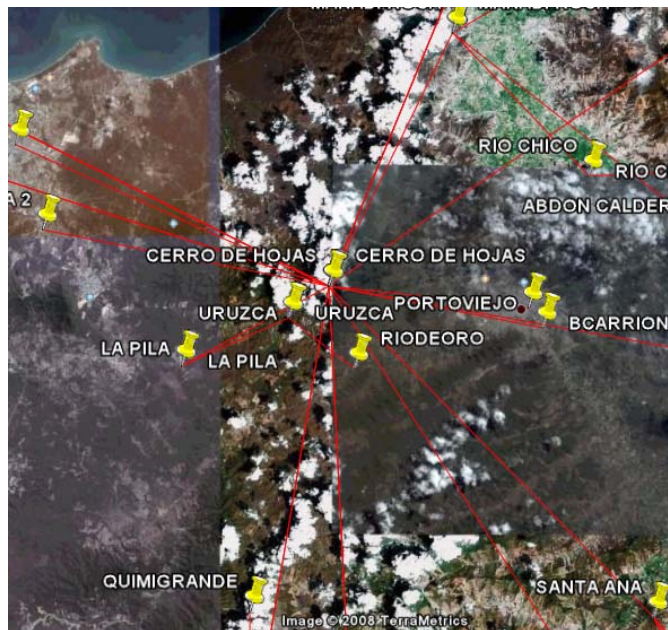
$$PORCENTAJE DE OCUPACION = \frac{869,184 \times 100}{1375}$$

$$PORCENTAJE DE OCUPACION = 63,21\%$$

Se debe tomar en cuenta que si el sitio esta ubicado de tal manera que los lugares a donde se pueda dirigir el enlace lo circundan 360° puede existir una reutilización de frecuencias, es decir, enlaces separados un mínimo de 120° pueden funcionar a las mismas frecuencias puesto que esta separación garantiza una operación adecuada libre de interferencias. Pero si el sitio se comunica a una sola dirección la reutilización no es posible.

El Cerro de Hojas localizado en Portoviejo entra en el primer caso como se puede observar en la Figura. 2.18, los enlaces analizados anteriormente tomaron en cuenta este parámetro de reutilización por lo que el porcentaje de ocupación realmente es bastante

crítico necesitando de otras alternativas de optimización del espectro las cuales serán sugeridas más adelante.



**Figura. 2. 18. Red de enlaces en el Cerro de Hojas**

Este método permite tener una visión general de la ocupación del espectro en determinados lugares y bandas. En el siguiente punto de este capítulo se muestran los resultados obtenidos en los cerros más importantes y en las bandas más críticas.

## **2.7 ESTADÍSTICAS**

En este punto se analizará la ocupación actual e histórica de las bandas: VHF en el rango 138-174 MHz, UHF en el rango de 450-512 MHz; posteriormente se analizarán los enlaces radioeléctricos bajo 1 GHz; además se revisarán resultados obtenidos para servicios de Telefonía Móvil, tomando en cuenta el número de abonados, radiobases instaladas por los operadores (CONECEL S.A., OTECEL S.A. Y TELECSA S.A.), además de analizar el porcentaje de enlaces radioeléctricos en las bandas de 7 y 15 GHz.

### **2.7.1 Análisis de la Banda VHF (138 – 174 MHz)**

Se analizará el porcentaje de ocupación de la banda VHF desde el 2.002 al 2.007, en el rango de 138-174 MHz, en donde se tiene una disponibilidad de 36 MHz (100%)



para brindar sistemas de coberturas regionales, de los cuales el porcentaje ocupado por provincia es el que se detalla en las gráficas a continuación:

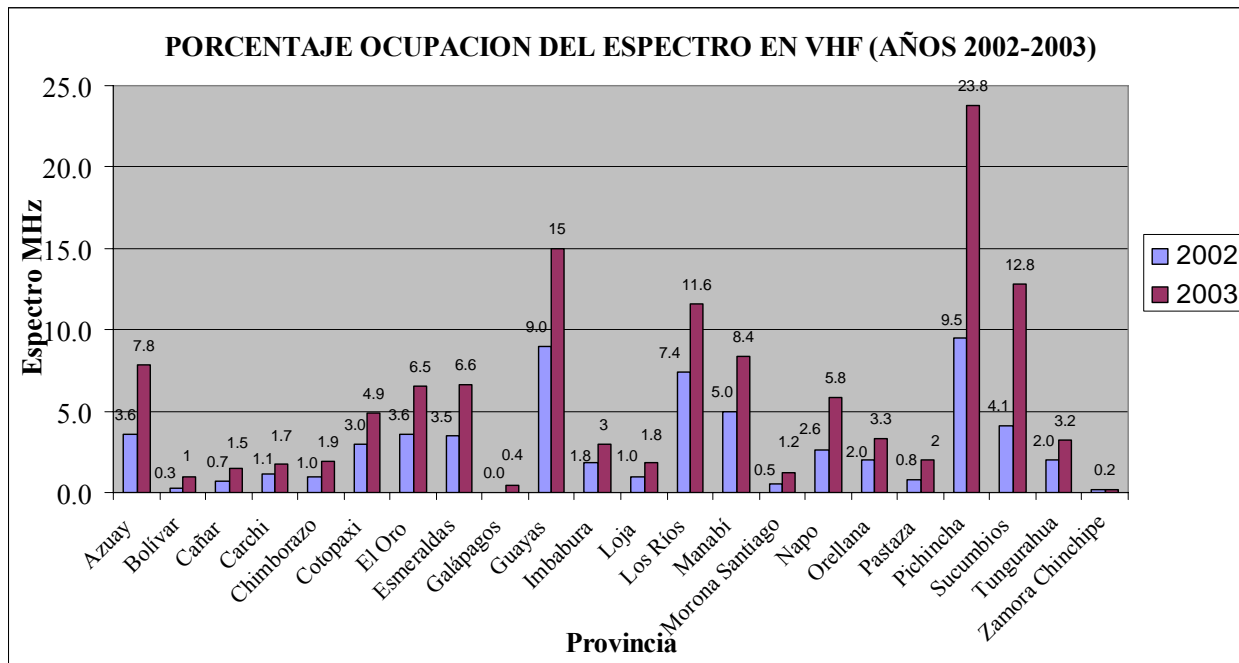


Figura. 2. 19. Porcentaje de Ocupación del Espectro en VHF (Años 2.002-2.003)

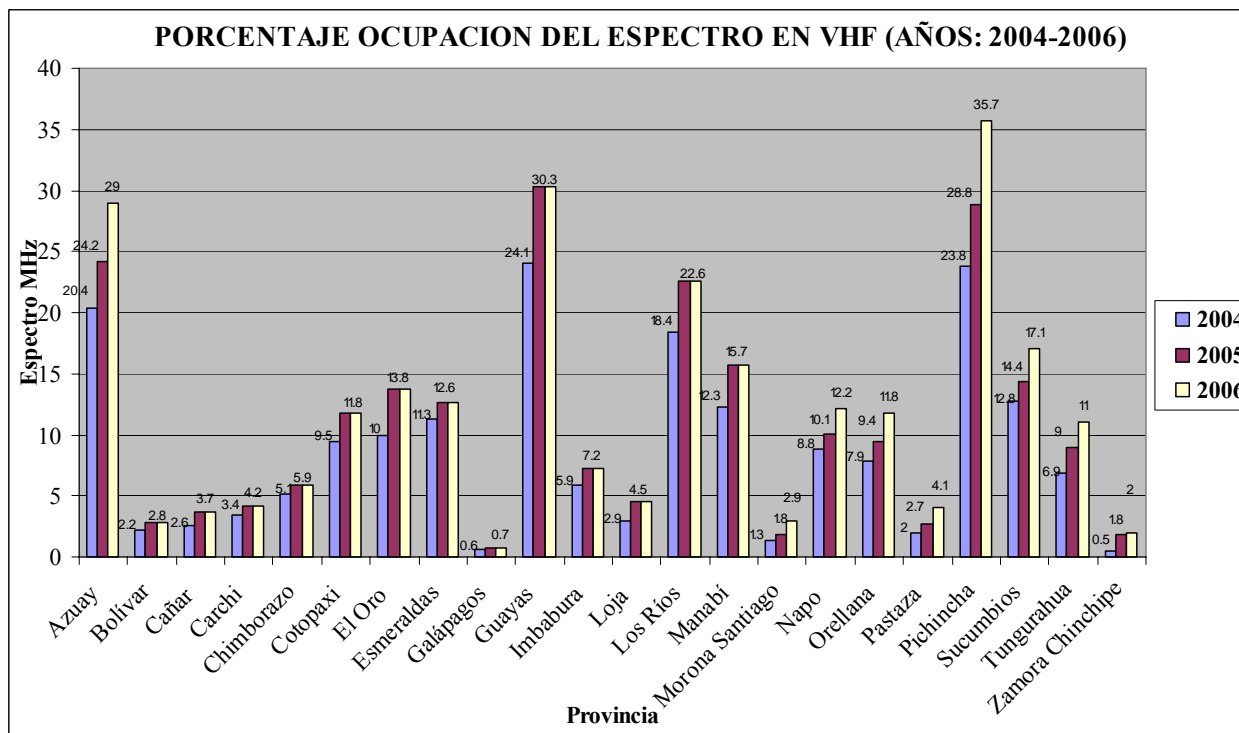


Figura. 2. 20. Porcentaje de Ocupación del Espectro en VHF (Años 2.004-2.006)

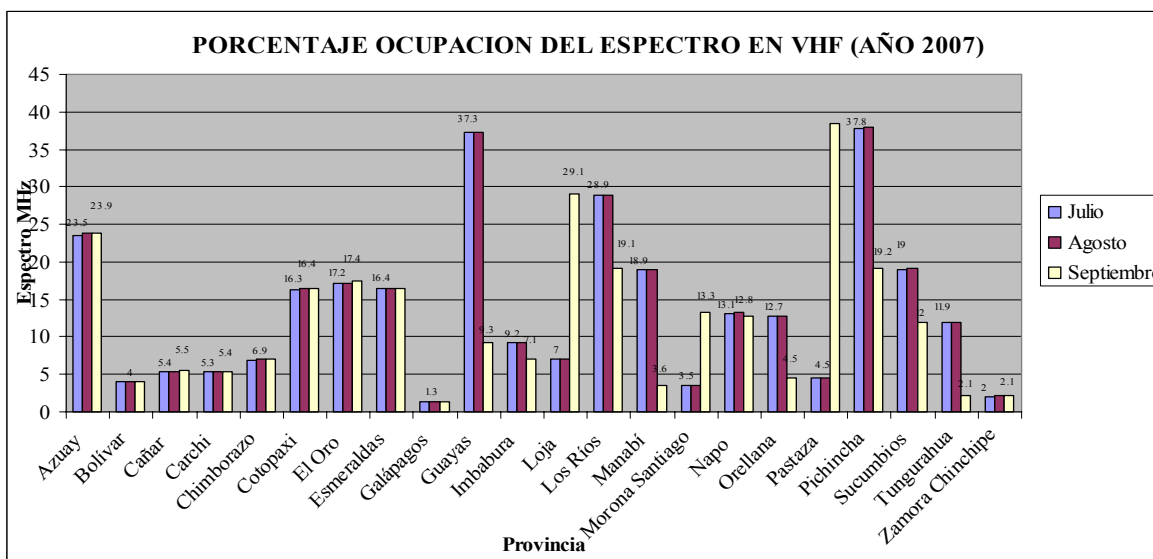
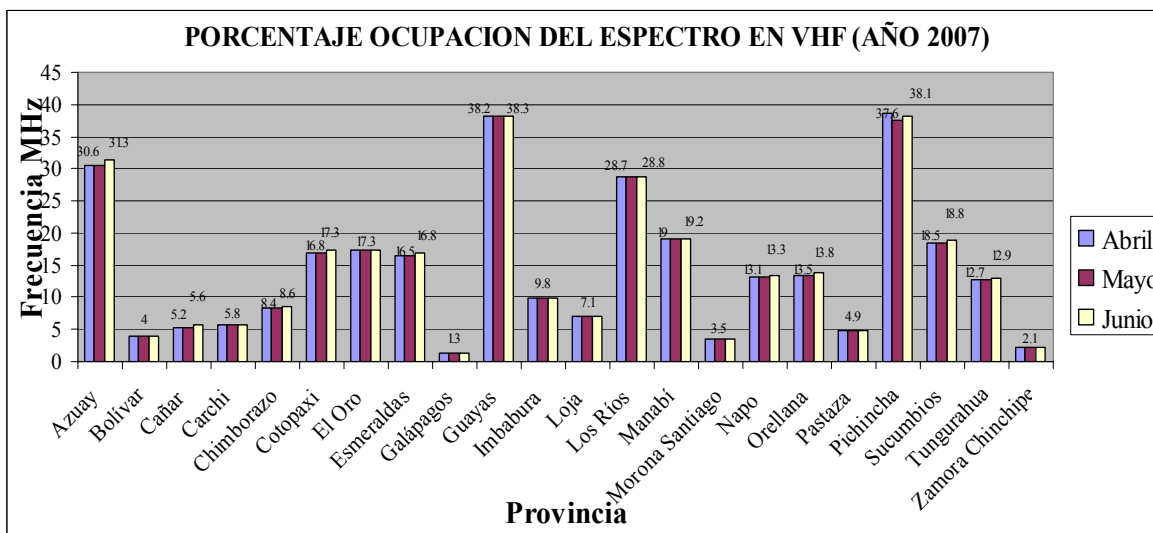
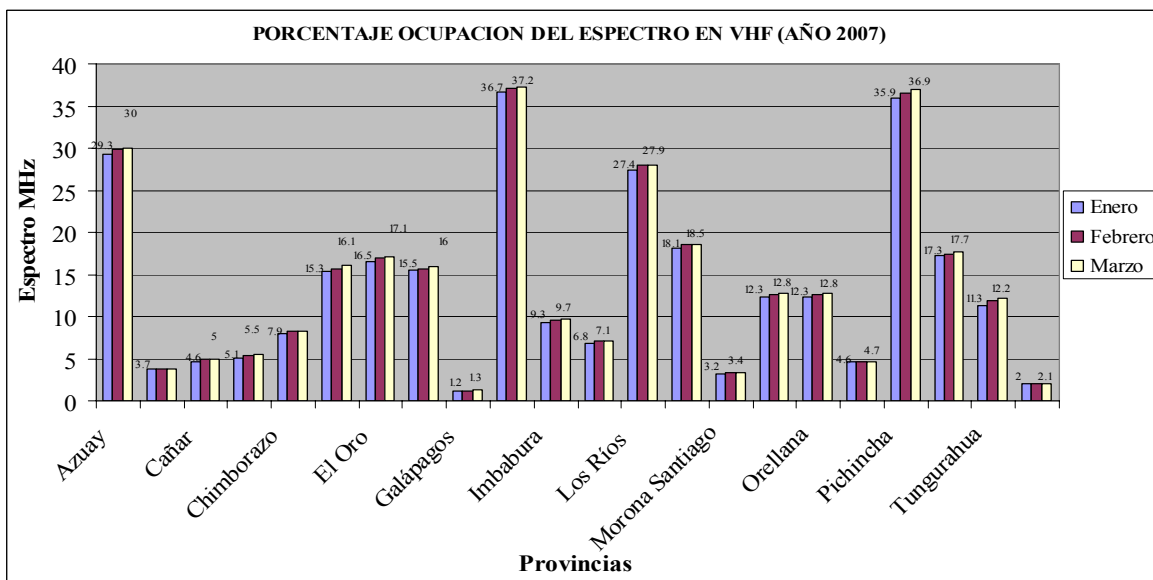


Figura. 2. 21. Porcentaje de Ocupación del Espectro en VHF (Año 2007)

Los resultados que arrojan las estadísticas presentadas anteriormente indican que el espectro en esta banda ha sido utilizado de una manera constante en el transcurso de estos 4 años, teniendo disponibilidad de casi 100% al iniciar su evaluación en el 2.003, en la actualidad hay algunas provincias como Pastaza, Pichincha y Guayas que presentan mayor ocupación con 60% de disponibilidad. Estos porcentajes se deben a que las aplicaciones en esta banda son utilizadas para brindar cobertura en Servicios Fijo y Móvil Terrestre, donde solo se maneja voz y los anchos de banda requeridos son pequeños llegando máximo a 25 kHz. Por lo tanto, quedan aún algunos años para que esta banda se sature y con técnicas de administración del espectro adecuadas se conseguirá su optimización al momento de concesionarlas.

### 2.7.2 Análisis de la Banda UHF (450 – 512 MHz)

Se analizará el porcentaje de ocupación de la banda UHF desde el 2.002 al 2.007, en el rango de 450-512 MHz, en donde se tiene una disponibilidad de 62 MHz (100%) para brindar sistemas de coberturas regionales, de los cuales el porcentaje ocupado por provincia es el que se detalla en las gráficas a continuación:

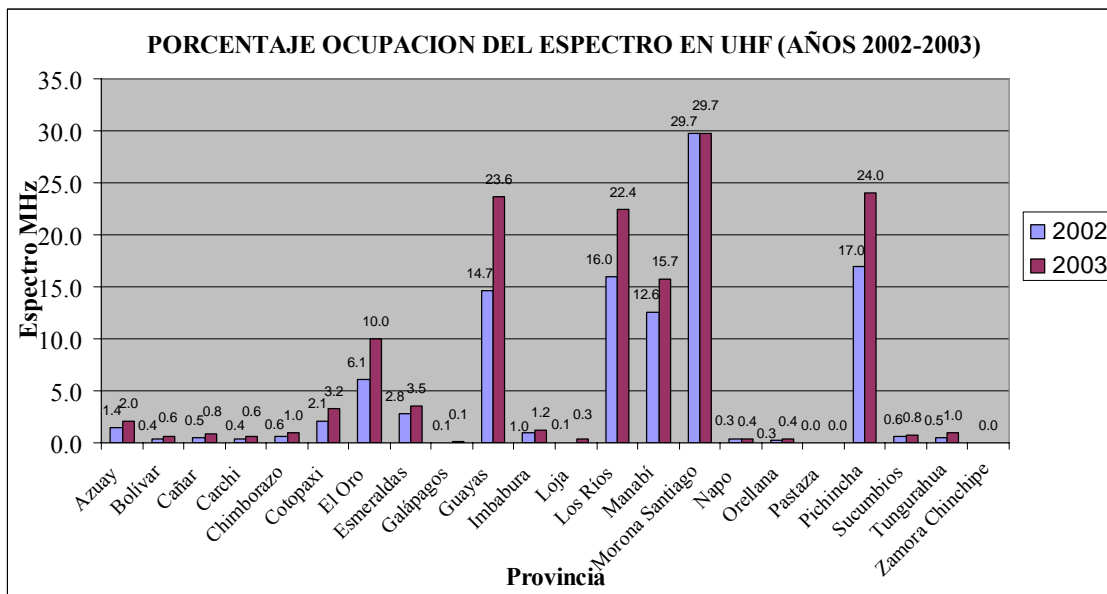


Figura. 2. 22. Porcentaje de Ocupación del Espectro en UHF (Años 2.002-2.003)

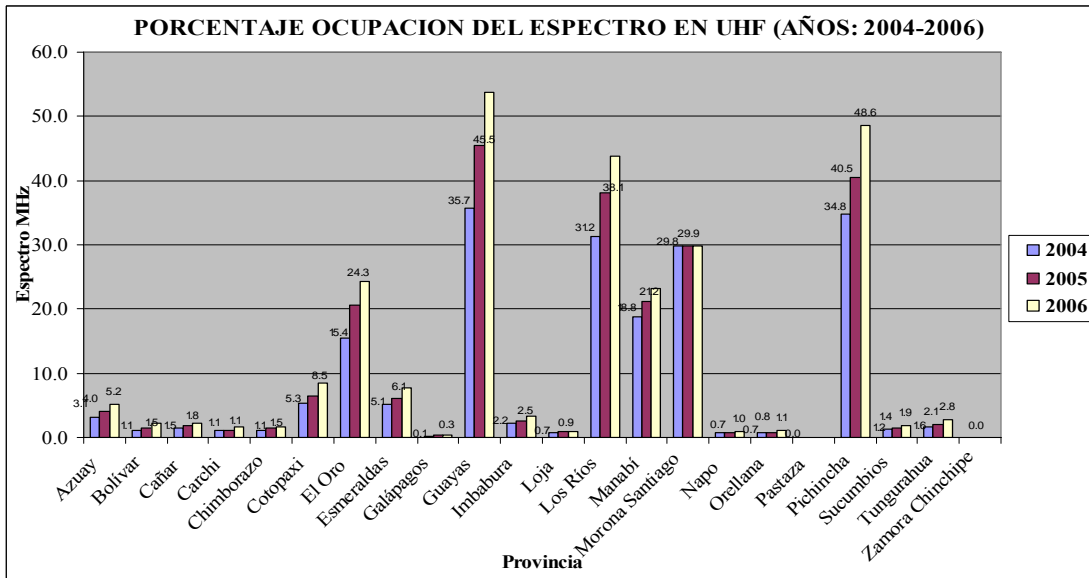
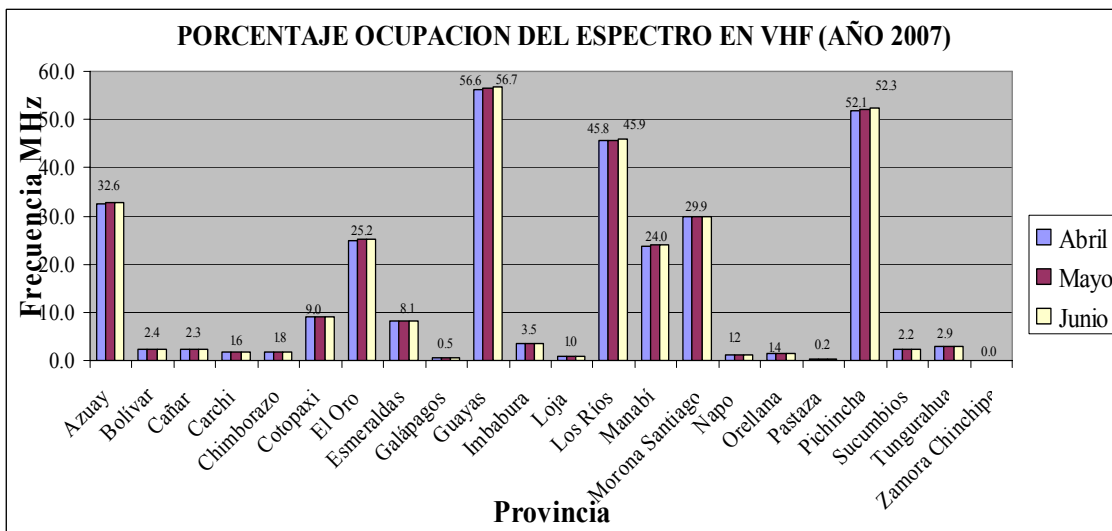
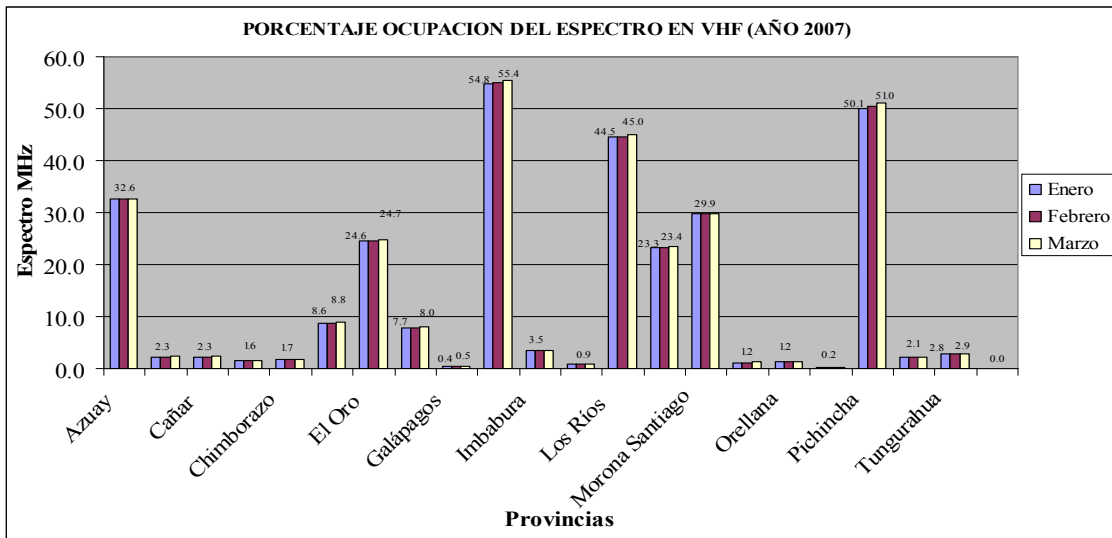


Figura. 2. 23. Porcentaje de Ocupación del Espectro en UHF (Años 2.004-2.006)



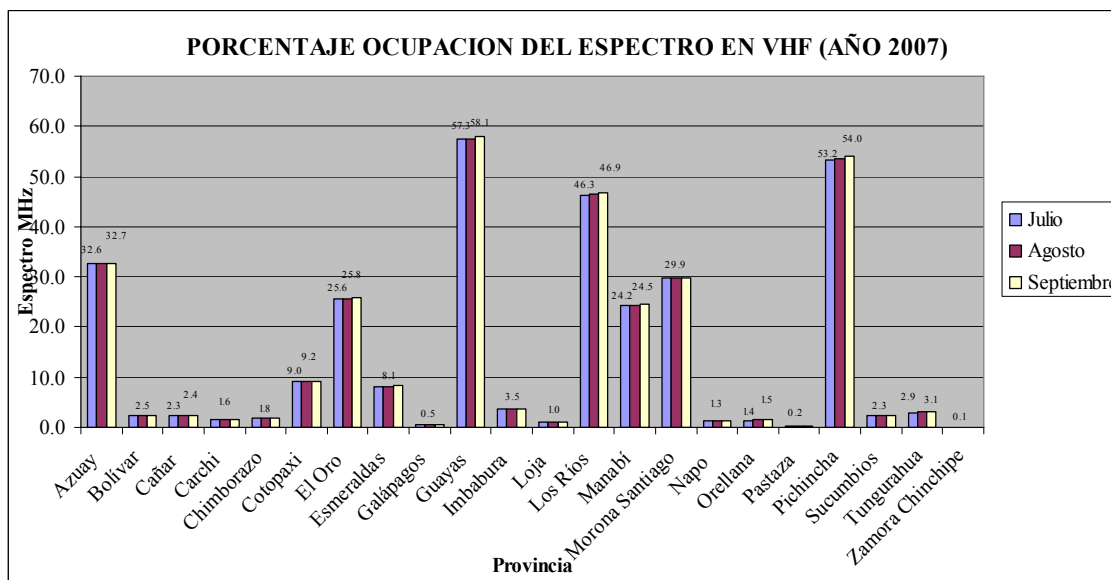


Figura. 2. 24. Porcentaje de Ocupación del Espectro en UHF (Año 2.007)

Después de analizar los resultados que arrojan las estadísticas podemos concluir que esta banda de igual manera presenta un uso constante durante los 4 últimos años, en la actualidad algunas provincias como Guayas, Pichincha y Los Ríos presentan mayor ocupación con un 40-50% de disponibilidad. Estos porcentajes se deben a las mismas causas descritas para la banda VHF.

2.7.3 Análisis de Enlaces Radioeléctricos en bandas bajo 1 GHz

Se analizará el porcentaje de ocupación del espectro radioeléctrico en bandas de relevancia bajo 1 GHz y se detallan en la Tabla. 2.29, las gráficas posteriores muestran los resultados de ocupación en los cerros de mayor importancia y congestión.

Tabla. 2. 29. Bandas importantes bajo 1GHz

Frecuencia 1 – Frecuencia 2 (MHz)	Ancho de Banda (MHz)
235 – 245	10
360 – 370	10
430 - 440	10
917 - 922	5
941 - 944	3
925 - 929	4
951 - 955	4
934 - 935	1
955 - 956	1

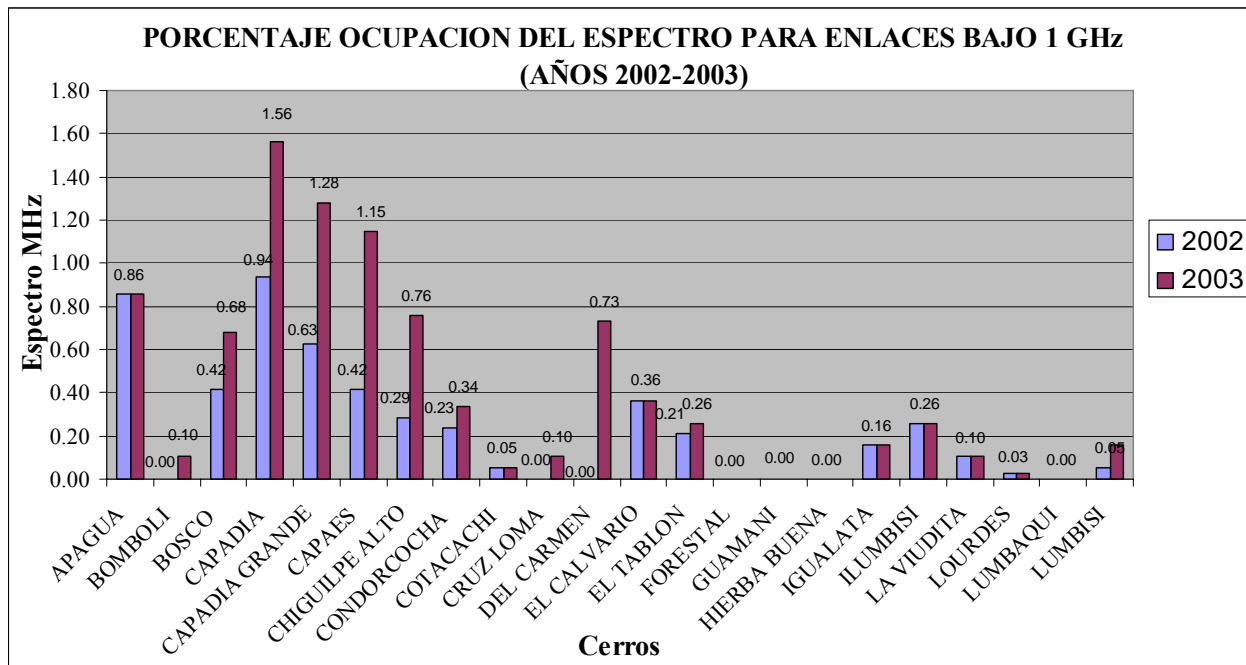


Figura. 2. 25. Porcentaje de Ocupación del Espectro para enlaces radioelétricos (Años 2002-2003)

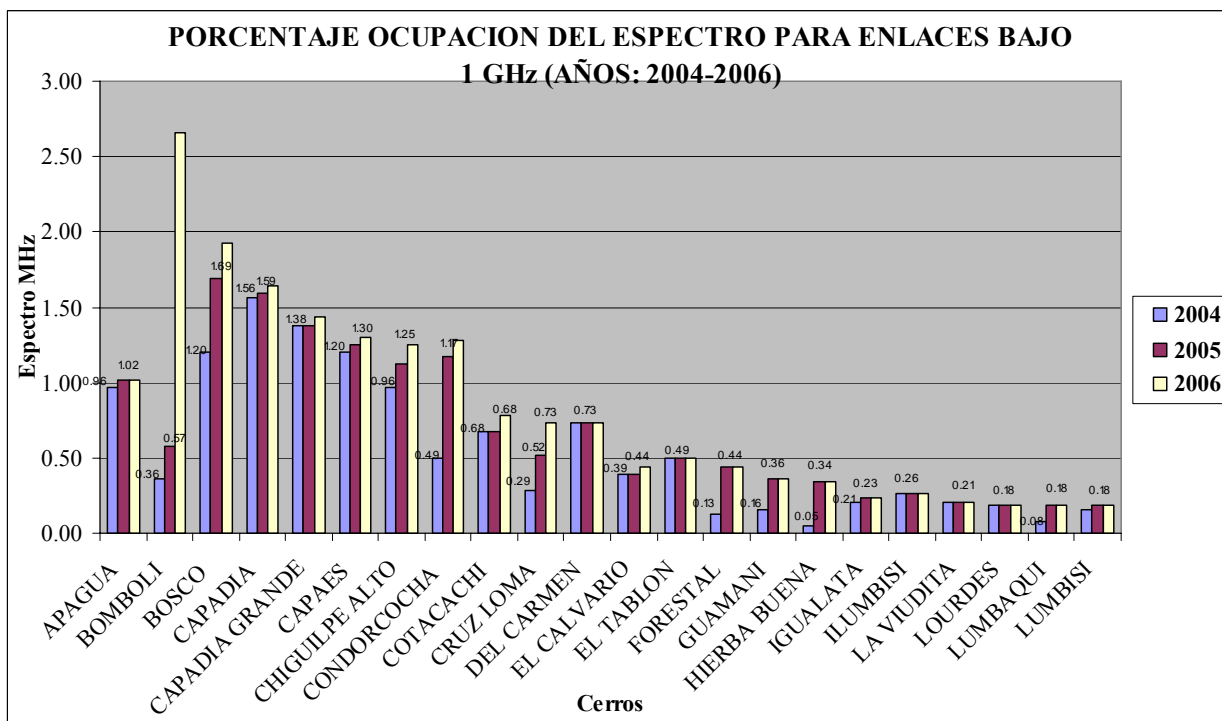
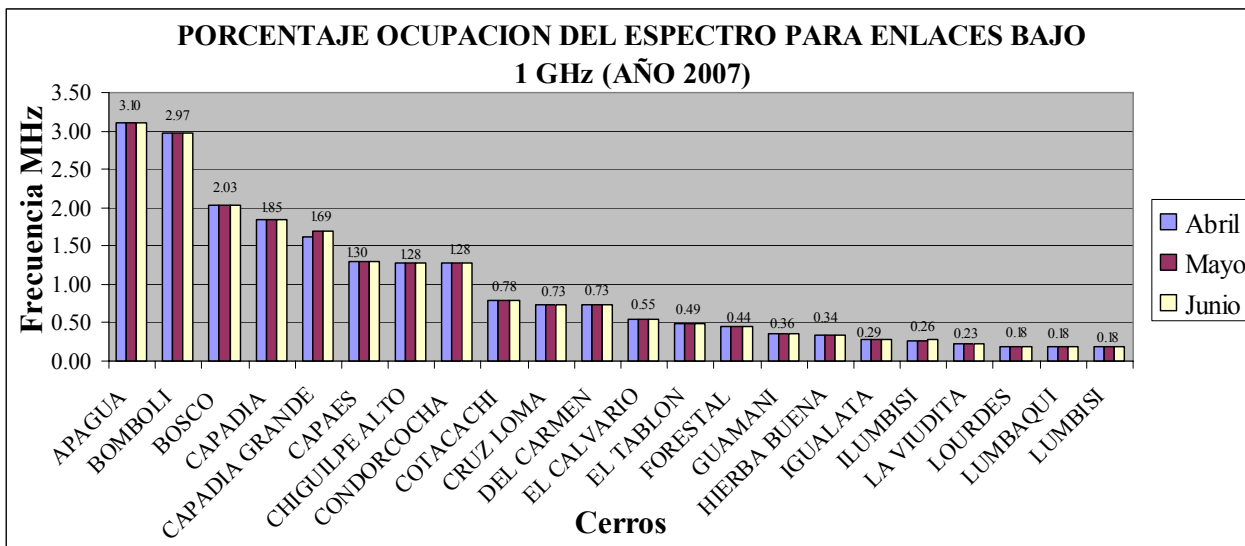
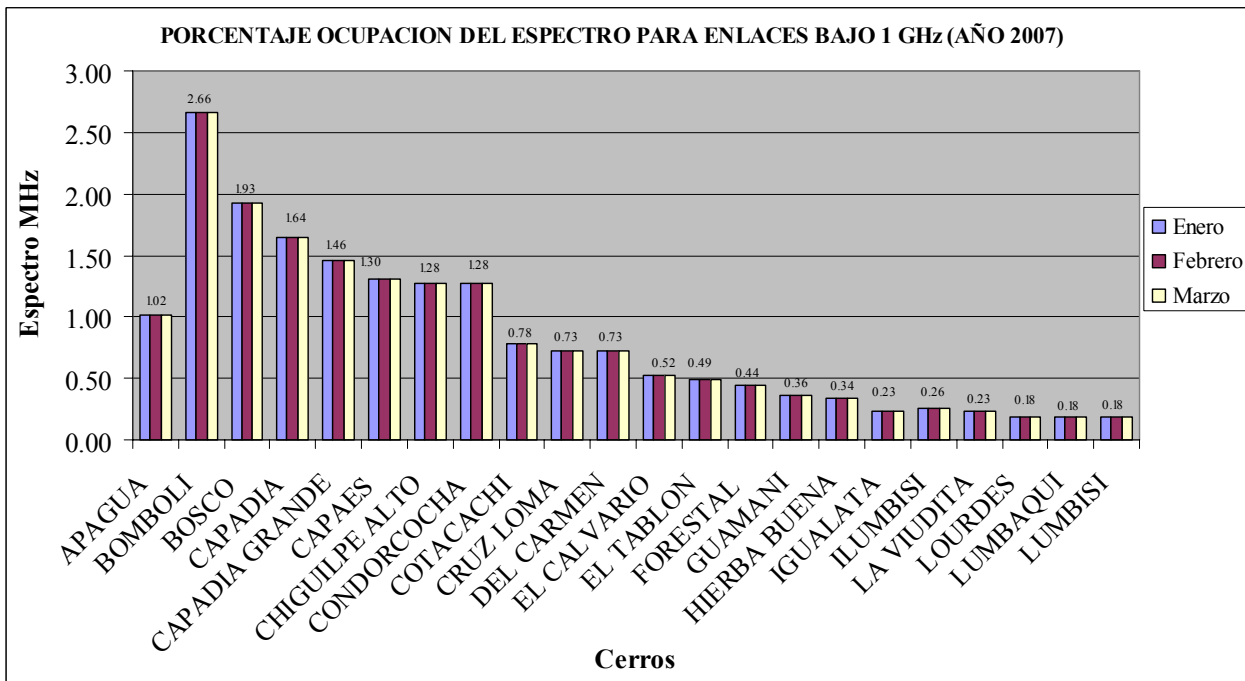
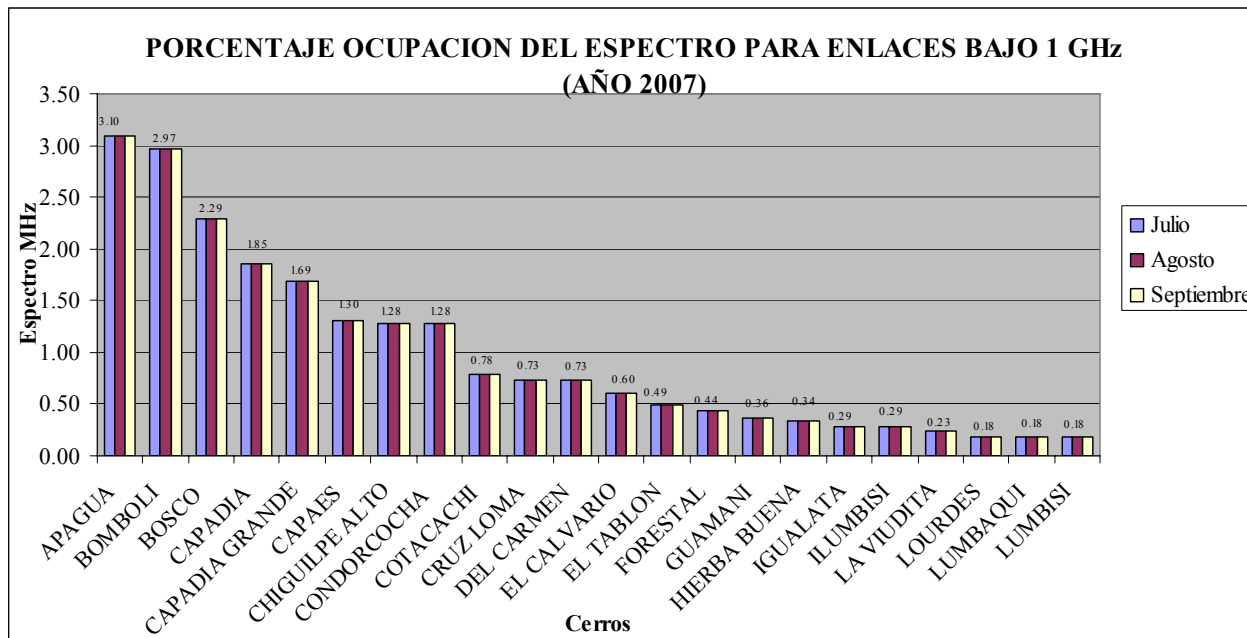


Figura. 2. 26. Porcentaje de Ocupación del Espectro para enlaces radioelétricos (Años 2004-2006)





**Figura. 2. 27. Porcentaje de Ocupación del Espectro para enlaces radioeléctricos (Año 2007)**

Una vez analizados los resultados se observa que en rangos bajo 1 GHz la ocupación del espectro radioeléctrico es mucho menor, como se observa hasta Septiembre del 2.007 existe una disponibilidad de 96% aproximadamente en el peor de los casos, como se mencionó anteriormente estas bandas son usadas para brindar servicios Fijo y Móvil Terrestre con enlaces radioeléctricos de baja capacidad, los usuarios nacionales de estas aplicaciones son pocos, por lo que no son muy cotizadas a diferencia de frecuencias mayores que son usadas especialmente en Sistemas de Telefonía Móvil, esto se analizará en el siguiente punto. Los cerros mas usados son el Apagua, Bombolí y el Bosco con un 3,5% aproximadamente de congestión.

#### **2.7.4 Análisis del Número de Abonados en Telefonía Móvil**

Se analizará el número de abonados de las operadoras que brindan este servicio, tomando en cuenta la tecnología que usan. En las gráficas siguientes se observan los resultados obtenidos:



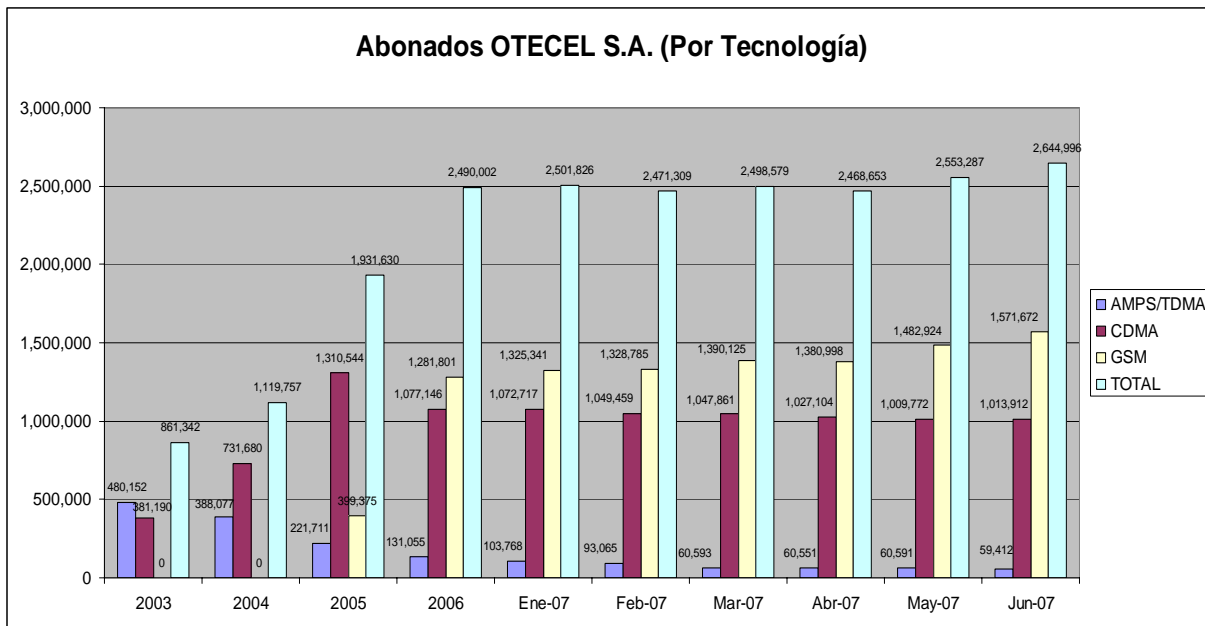


Figura. 2. 28. Número de Abonados OTECEL S.A. por Tecnología (Años: 2003-2007)

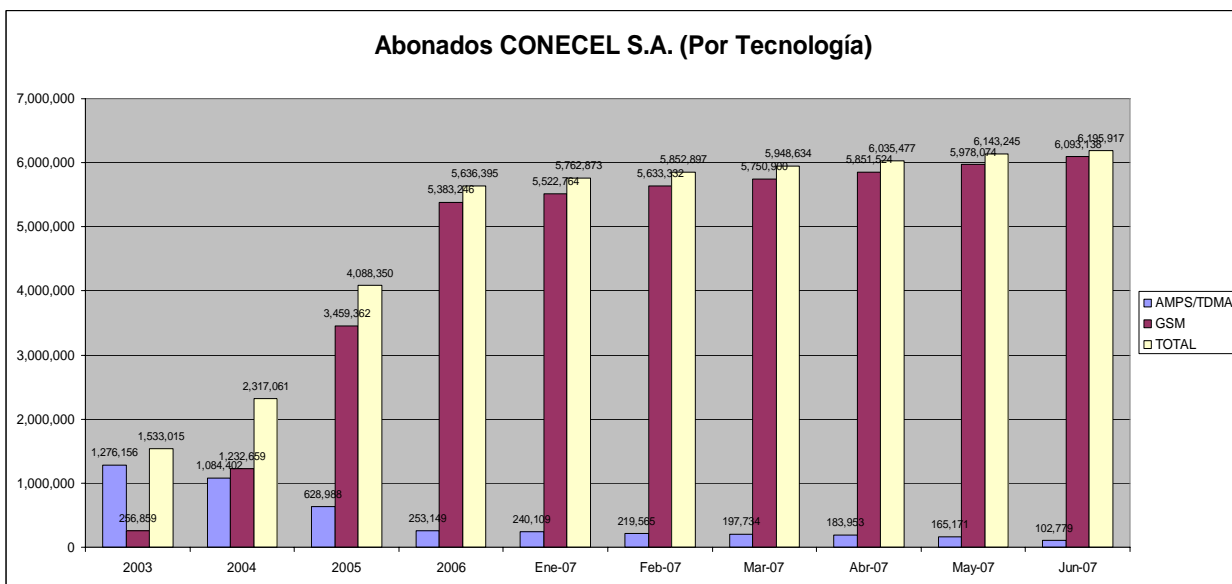


Figura. 2. 29. Número de Abonados CONECEL S.A. por Tecnología (Años: 2003-2007)

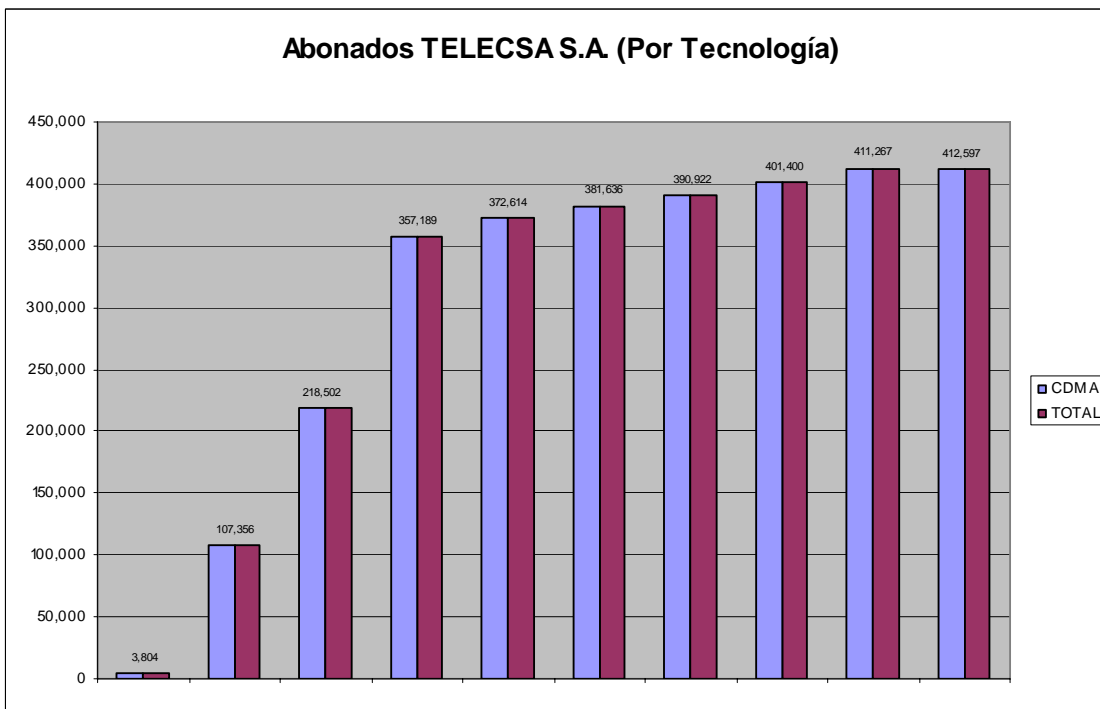


Figura. 2. 30. Número de Abonados TELECSA S.A. por Tecnología (Años: 2003-2007)

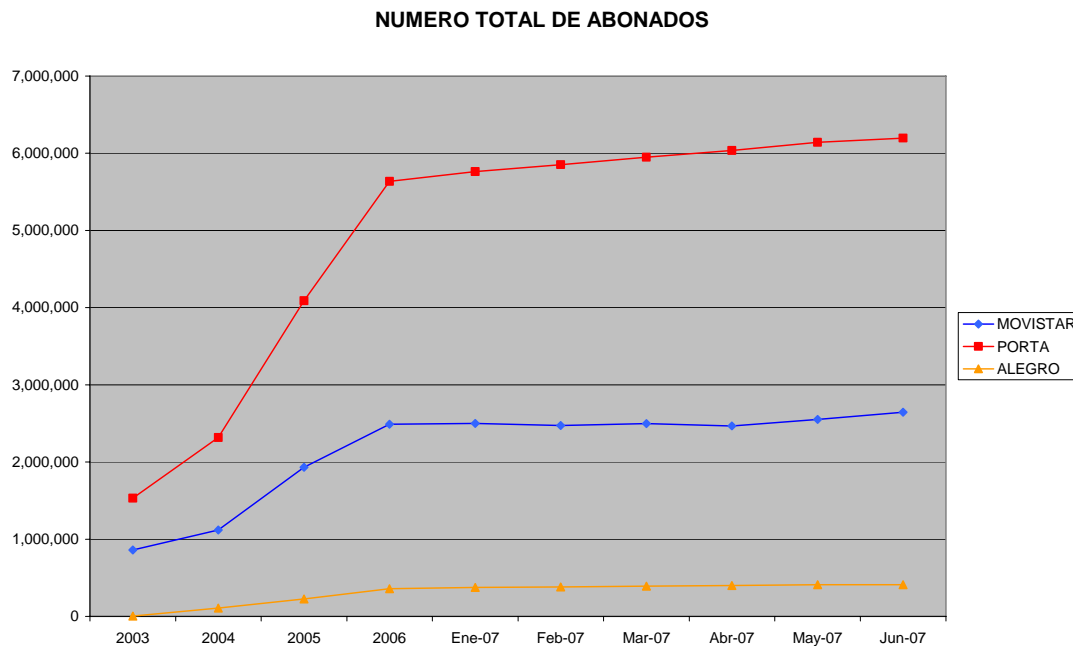


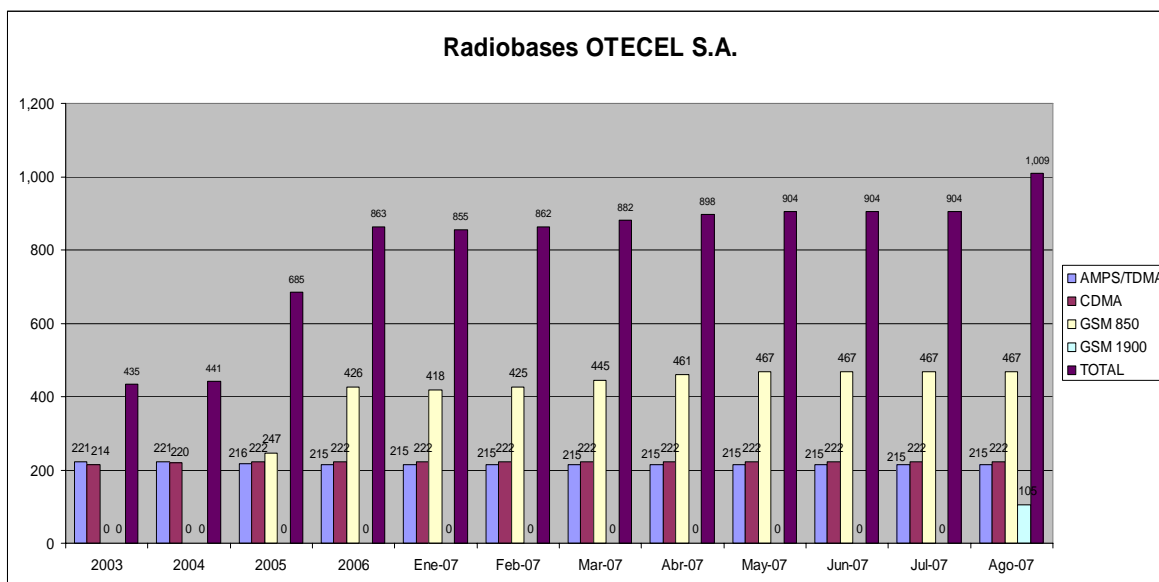
Figura. 2. 31. Número total de Abonados en las tres Operadoras (Años: 2003-2007)

Como se observa en las gráficas anteriores CONECEL S.A. cuenta con el mayor número de usuarios en el país usando la tecnología GSM, aunque todavía quedan usuarios de tecnologías como TDMA, los cuales con el tiempo irán migrando. Estos resultados son una pauta para indicar que las frecuencias usadas para brindar este servicio se verán más afectadas debido a la demanda.

### 2.7.5 Análisis del Número de Radiobases en Telefonía Celular

Se analizará el número de radiobases instaladas por las 3 operadoras para brindar el Servicio de Telefonía Celular, se toma en consideración la tecnología que usan, en las gráficas siguientes se observan los resultados obtenidos:

Figura. 2. 32. Número de Radiobases instaladas OTECEL S.A. (Años: 2003-2007)



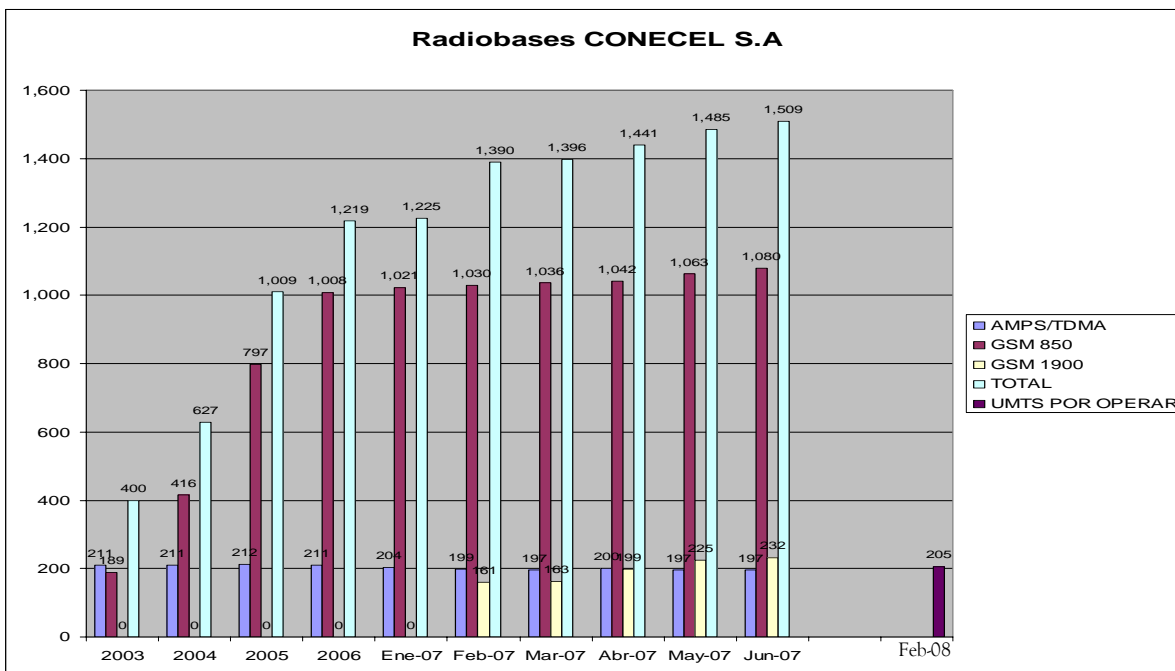


Figura. 2. 33. Número de Radiobases instaladas CONECEL S.A. (Años: 2003-2007)

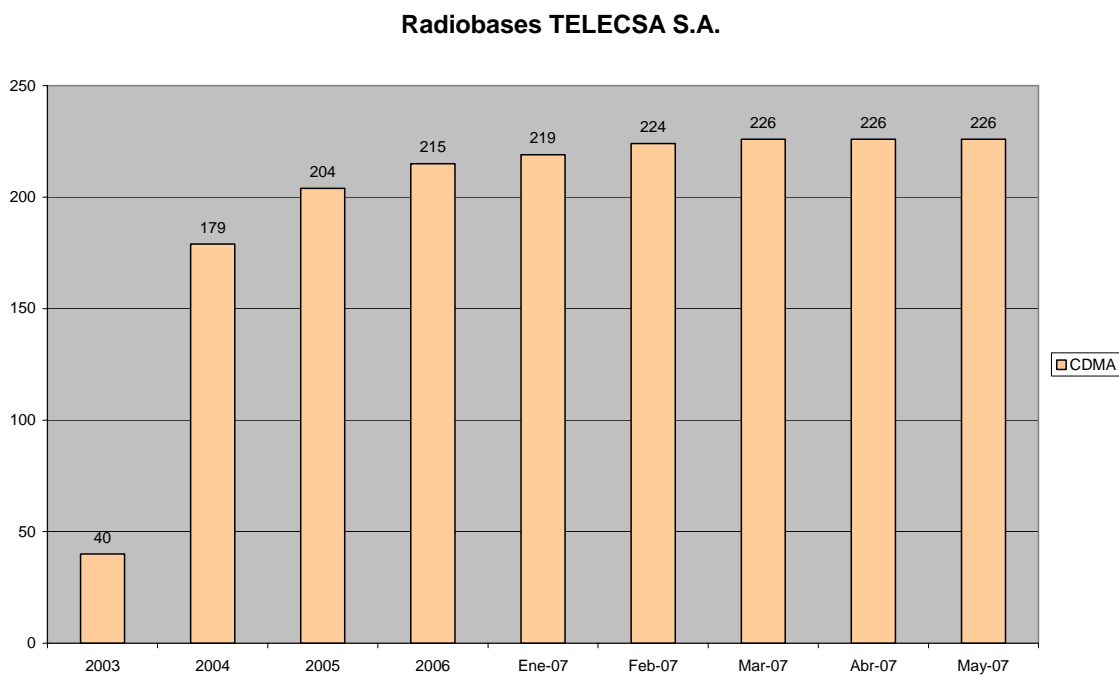


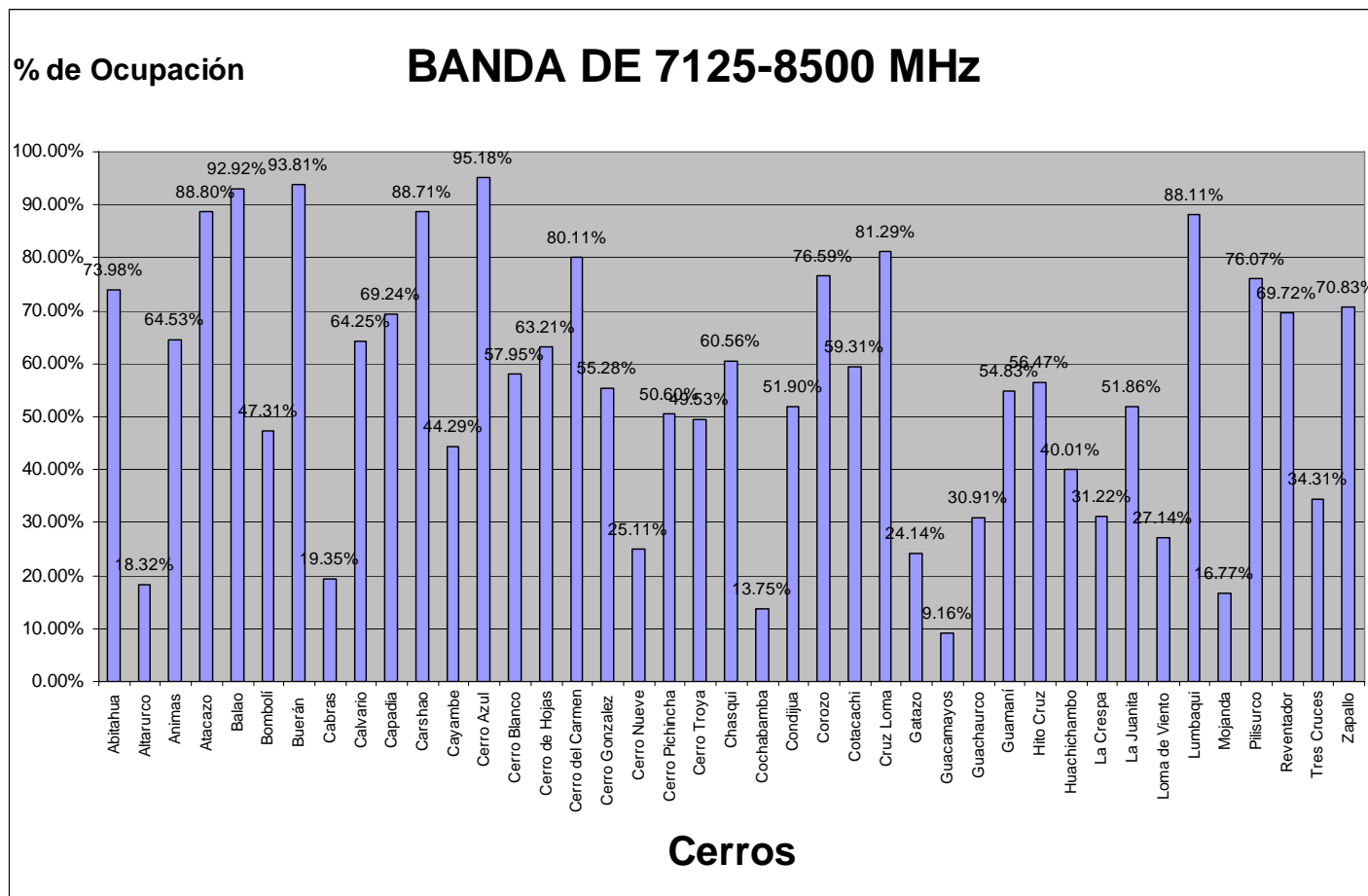
Figura. 2. 34. Número de Radiobases instaladas CONECEL S.A. (Años: 2003-2007)

Las radiobases instaladas por la operadora CONECEL S.A. superan en más del 50% a las operadoras como OTECEL S.A. y ésta a su vez en la misma proporción a TELECSA S.A., debido a la cantidad de localidades a las que deben brindar el servicio.

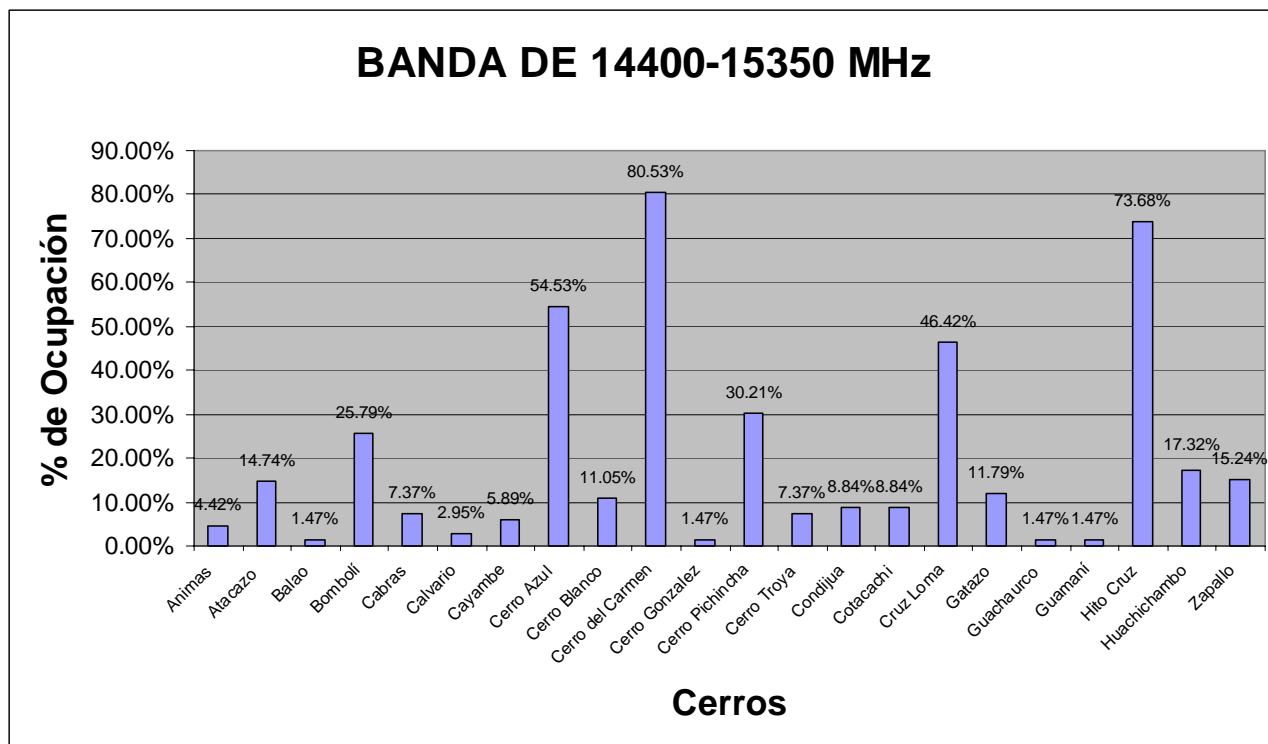
El gran número de equipos instalados suponen la necesidad de más espectro radioeléctrico para su funcionamiento.

**2.7.6 Análisis del Porcentaje de Ocupación para Enlaces de Microondas**

Se analizará el porcentaje de ocupación del espectro radioeléctrico en las bandas: 7125 – 8500 MHz y 14400 – 15350 MHz, tomando en cuenta los cerros más importantes a nivel nacional:



**Figura. 2. 35. Porcentaje de Ocupación del espectro en la Banda de 7125 – 8500 MHz para el Año 2007**



**Figura. 2. 36. Porcentaje de Ocupación del espectro en la Banda de 14400 – 15350 MHz, Año 2007**

El análisis de los resultados obtenidos indica que la banda de 7 GHz está mucho más saturada en comparación a la de 14 – 15 GHz ya que existen pocas rutas para comunicar Quito con Guayaquil a nivel nacional. Las frecuencias en esta banda se concentran en espacios relativamente reducidos, esto es cerros; debido a las características de propagación y alcance, reduciendo la posibilidad de reutilización de frecuencias en la misma área debido a problemas de interferencias, lo que implica la asignación de frecuencias distintas y por ende la saturación rápida del espectro. Los sitios más conflictivos en la ruta que comunica a Quito con Guayaquil son los siguientes: Abitahua, Atacazo, Balao, Buerán, Carshao, Azul, Cerro del Carmen, Cruz Loma, Lumbaqui. Estos presentan una disponibilidad del 5-15%, por lo que la situación es bastante complicada y se necesita de urgencia la implementación de nuevas propuestas de optimización del espectro en estas bandas, entre ellas el diseño de una Nueva Ruta que comunique las dos ciudades principales.

Por otro lado, la banda de 14 – 15 Ghz presenta una disponibilidad mayor a la banda de 7 GHz, ya que los enlaces en ésta banda debido a sus características de propagación son mucho más directivos y alcanzan distancias cortas, por lo que son usadas en Redes de Acceso para brindar servicio en áreas grandes, debido a esto, pares de frecuencias iguales pueden ser reutilizadas en otro sector de esa área sin presentar inconvenientes de interferencias, lo que en este caso implica una mayor congestión en las ciudades más que en los cerros. En ésta banda los cerros que presentan mayor congestión son: Cerro del Carmen, Hito Cruz y Cerro Azul con disponibilidad entre en 20 - 40%.

## **CAPÍTULO 3**

### **CRITERIOS PARA LA REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

Con el desarrollo de este capítulo se pretende establecer criterios que puedan contribuir a una reutilización más eficaz del espectro radioeléctrico y con esto su mejor administración.

Una de las alternativas a considerarse es la estandarización a nivel de todos los servicios de telecomunicaciones en el aspecto de planes de canalización en las diferentes bandas de frecuencias. Más adelante se estudiarán métodos de reutilización de frecuencia basados en características propias de los sistemas de radiocomunicaciones.

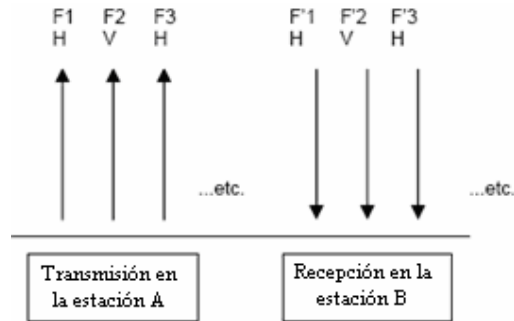
#### **3.2 PLANES DE CANALIZACION DE LOS DIFERENTES SERVICIOS**

##### **3.2.1 Introducción**

La canalización de frecuencias pretende organizar al espectro radioeléctrico de tal manera que al realizar la asignación de frecuencias se lo aproveche al máximo. La atribución de las bandas de frecuencias a los diversos servicios surge de una reglamentación internacional (Reglamento de Radiocomunicaciones) de la UIT-R, pero la asignación de las bandas de frecuencias entre los diferentes usuarios de un mismo servicio, surge de un reglamento propio de cada administración.



A fin de asegurar coherencia en la realización de una red de transmisión sobre la recepción por acoplamiento en una misma estación, es conveniente agrupar en cada estación, de una parte todos los canales radioeléctricos de transmisión y de otra parte todos los canales radioeléctricos de recepción; así como establecer una separación adecuada de estos dos grupos de manera que puedan discriminarse por filtrado. La Figura. 3.1 muestra lo explicado anteriormente [15].



**Figura. 3. 1. Configuración de Canales en una estación**

Por otro lado se debe recordar que los equipos están diseñados bajo determinadas características de operación las cuales deben ser acordes a las canalizaciones establecidas. La UIT suele realizar modificaciones a las recomendaciones emitidas afectando los planes de canalización tomados por cada país y por ende la operación de los equipos. Estos cambios podrían producir inconvenientes en una administración a largo plazo del espectro, por lo que este punto se debería tomar en cuenta al momento de gestionar este recurso.

Se realizará un análisis de los planes de canalización en las bandas de mayor importancia en el Ecuador, con el objetivo de mejorar los ya existentes y aprovechar de mejor manera este recurso que se está haciendo cada vez más escaso.

### **3.2.2 Banda VHF (138 – 174 MHz)**

En el Ecuador la banda de 138 – 174 MHz no tiene establecido un plan de canalización debido a que la UIT no ha emitido las recomendaciones pertinentes y el regulador no ha establecido una normativa al respecto. Por lo tanto, la administración de frecuencias en estas bandas se ha venido dando sobre la base de las características

técnicas de los equipos usados y asignando frecuencias de forma desordenada, lo cual no es muy conveniente ya que de esta manera el espectro no se aprovecha en ciertos tramos, es por este motivo que en el 2004 se aprobó una resolución en la cual se proponen parámetros bajo los cuales se debe realizar la asignación de frecuencias. La Tabla. 3.1 muestra estos parámetros.

**Tabla. 3. 1. Plan de Canalización de la Banda VHF (138 – 174 MHz)**

<b>Subbanda (MHz)</b>	<b>Subbandas Tx - Rx</b>	<b>Anchuras de Banda por frecuencia Central (kHz)</b>	<b>Separación F(Tx)-F(Rx) (MHz)</b>	<b>Modo de Operación</b>
138 – 144	Indistinto	6,25; 12,5 o 25	Mínimo: 0,6 Máximo: 5	Simplex y Semidúplex
148 – 149.9	Indistinto	6,25; 12,5 o 25	Mínimo: 0,6	Simplex y Semidúplex
150,05 – 156,7625	Indistinto	6,25; 12,5 o 25	Máximo: 5	Simplex y Semidúplex
156,7625 - 170	Indistinto	6,25; 12,5 o 25	Mínimo: 0,6	Simplex y Semidúplex
170 – 174	Indistinto	6,25; 12,5 o 25	Máximo: 5	Simplex y Semidúplex

Como se observa en la tabla anterior, no existen rangos definidos de frecuencias para Transmisión (Tx) y Recepción (Rx), esta asignación es hecha de acuerdo a la disponibilidad de espectro, se manejan separaciones mínimas de 600 kHz y máximas de 5 MHz. Actualmente se está estandarizando a fin de autorizar pares de frecuencias con 1 MHz de separación mínima hasta 5 MHz, pero este proceso implica tiempo ya que todos los usuarios deben adecuar sus equipos para que trabajen con estas características. Los anchos de banda que se manejan principalmente son de 12,5 kHz.

### 3.2.3 Banda UHF (440 – 512 MHz)

La banda de 440 – 512 MHz a diferencia de la banda anterior, tiene establecido un plan de canalización, ya que especifica las subbandas de Transmisión y Recepción y señala una separación Tx - Rx fija. En la Tabla. 3.2 se muestran cómo se está manejando la canalización en esta banda.

**Tabla. 3. 2. Plan de Canalización de la Banda UHF (440 – 512 MHz)**

<b>Subbanda Tx (MHz)</b>	<b>Subbanda Rx (MHz)</b>	<b>Anchuras de Banda por frecuencia Central (kHz)</b>	<b>Separación F(Tx)-F(Rx) (MHz)</b>	<b>Modo de Operación</b>
440 – 450	445-450	6,25; 12,5 o 25	5	Semidúplex
450-455	455-460	6,25; 12,5 o 25	5	Semidúplex
465-470	460-465	6,25; 12,5 o 25	5	Semidúplex
470 – 472	---	6,25; 12,5 o 25	5	Simplex
472-477	477-482	6,25; 12,5 o 25	5	Semidúplex
482 – 488	---	6,25; 12,5 o 25	---	Simplex
488-494 500-506	494-500 506-512	6,25; 12,5 o 25	6	Semidúplex

Como se observa en la tabla anterior, existen subbandas definidas para la Transmisión y Recepción, se manejan separaciones de 5 MHz, los anchos de banda eran inicialmente de 25 kHz pero en la actualidad se están autorizando a 12,5 kHz.

Las consideraciones expuestas son suficientes para llevar una canalización eficaz, mas el objetivo se centra en exigir a los usuarios regirse al plan actual para poder migrar a todos a un mismo estándar, de esta manera, la administración del espectro se volverá mucho mas ordenada.

A continuación se analizarán bandas sobre 1 GHz, las cuales tienen establecidos planes de canalización mucho más detallados basados en recomendaciones de la UIT.

La selección de la disposición de canales ha usarse en el país requiere de un estudio detallado de las bandas de frecuencias, procurando utilizar la mayor parte de la banda en cuestión, además de permitir ampliación en el ancho de banda establecido con el objetivo de aprovechar de la mejor manera el espectro radioeléctrico. Se debe tomar en cuenta además que un cambio en el plan de canalización implica la migración de muchos de los usuarios que no se encuentran dentro del mismo, es por esto que se tomará en cuenta el número de usuarios que actualmente usan las diferentes canalizaciones, tomando como criterio adicional de selección el que tenga mayor ocupación, de esta manera el tiempo de migración sería más corto y sencillo.

### 3.2.4 Banda 1-2 GHz

Después de analizar la canalización propuesta por la UIT basada en la Recomendación UIT-R F.1242 para la banda de 1-2 GHz en el rango de 1.350 – 1.530 MHz, se ha llegado a establecer que la distribución de canales a usarse en el país es como se muestra a continuación. Las frecuencias de los distintos canales se expresan por las siguientes relaciones:

$$\text{Mitad inferior de la banda: } fn = fo - 51,5 + 0,5n \text{ MHz}$$

$$\text{Mitad superior de la banda: } fn' = fo + 14 + 0,5n \text{ MHz}$$

Siendo:

$fo = 1.478,5$  MHz la frecuencia central de la banda

$fn$  = la frecuencia central de un radiocanal en la mitad inferior de la banda

$fn'$  = la frecuencia central de un radiocanal en la mitad superior de la banda

$n = 1, 2, 3, \dots, 74$  [16].

A partir de las fórmulas anteriores la Tabla. 3.3 muestra los canales en éste rango, con ancho de banda de 0,5 MHz y separación Tx-Rx de 65,5 MHz.

Tabla. 3. 3. Plan de canalización (1.350 – 1.530 MHz)

fo=1.478,5		
AB= 0,5 MHz		
Separación = 65,5 MHz		
n	Tx	Rx
1	1.427,5	1.493
2	1.428	1.493,5
3	1.428,5	1.494
4	1.429	1.494,5
5	1.429,5	1.495
6	1.430	1.495,5
7	1.430,5	1.496
8	1.431	1.496,5
9	1.431,5	1.497
10	1.432	1.497,5
11	1.432,5	1.498
12	1.433	1.498,5
13	1.433,5	1.499
14	1.434	1.499,5
15	1.434,5	1.500
16	1.435	1.500,5
17	1.435,5	1.501
18	1.436	1.501,5
19	1.436,5	1.502
20	1.437	1.502,5
21	1.437,5	1.503
22	1.438	1.503,5
23	1.438,5	1.504
24	1.439	1.504,5
25	1.439,5	1.505
26	1.440	1.505,5
27	1.440,5	1.506
28	1.441	1.506,5
29	1.441,5	1.507
30	1.442	1.507,5
31	1.442,5	1.508
32	1.443	1.508,5
33	1.443,5	1.509
34	1.444	1.509,5
35	1.444,5	1.510
36	1.445	1.510,5
37	1.445,5	1.511
38	1.446	1.511,5
39	1.446,5	1.512
40	1.447	1.512,5
41	1.447,5	1.513
42	1.448	1.513,5
43	1.448,5	1.514
44	1.449	1.514,5
45	1.449,5	1.515

fo=1.478,5		
AB= 0,5 MHz		
Separación = 65,5 MHz		
n	Tx	Rx
46	1.450	1.515,5
47	1.450,5	1.516
48	1.451	1.516,5
49	1.451,5	1.517
50	1.452	1.517,5
51	1.452,5	1.518
52	1.453	1.518,5
53	1.453,5	1.519
54	1.454	1.519,5
55	1.454,5	1.520
56	1.455	1.520,5
57	1.455,5	1.521
58	1.456	1.521,5
59	1.456,5	1.522
60	1.457	1.522,5
61	1.457,5	1.523
62	1.458	1.523,5
63	1.458,5	1.524
64	1.459	1.524,5
65	1.459,5	1.525
66	1.460	1.525,5
67	1.460,5	1.526
68	1.461	1.526,5
69	1.461,5	1.527
70	1.462	1.527,5
71	1.462,5	1.528
72	1.463	1.528,5
73	1.463,5	1.529
74	1.464	1.529,5

Este plan de canalización se escogió ya que el número de usuarios de estos canales es significativo, además con un ancho de 0,5 MHz podemos obtener ampliaciones tomando únicamente más canales para obtenerlas, como muestra la parte azul de la Figura. 3.2.

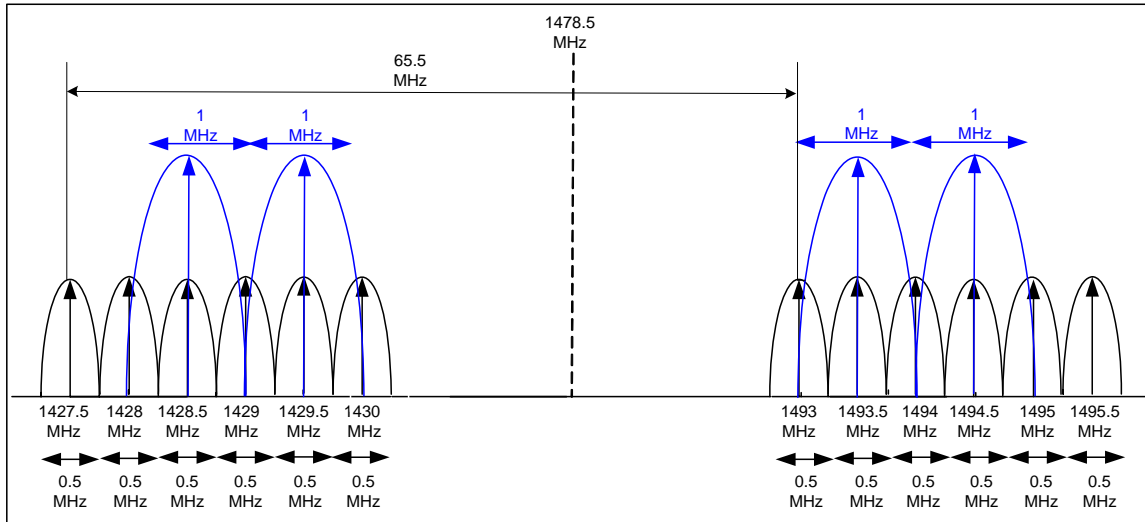


Figura. 3. 2. Distribución de Canales en la Banda de 1 GHz

### 3.2.5 Banda 6 GHz

La banda de 6 GHz ha sido dividida en dos partes la inferior que va de 5.925 a 6.425 MHz y la parte superior de 6.425 a 7.100 MHz aproximadamente. Después de analizar la canalización propuesta por la UIT basada en la Recomendación UIT-R F.383.7 para la parte inferior de la banda de 6 GHz únicamente, ya que la parte superior fue asignada para administración del CONARTEL, se ha llegado a establecer que la distribución de canales más conveniente a usarse en el país es como se muestra a continuación. Las frecuencias de los distintos canales se expresan por las siguientes relaciones:

$$\text{Mitad inferior de la banda: } fn = fo - 259,45 + 29,65n \text{ MHz}$$

$$\text{Mitad superior de la banda: } fn' = fo - 7,41 + 29,65n \text{ MHz}$$

Siendo:

$f_o = 6.175$  MHz la frecuencia central de la banda

$f_n$  = la frecuencia central de un radiocanal en la mitad inferior de la banda

$f_{n'}$  = la frecuencia central de un radiocanal en la mitad superior de la banda

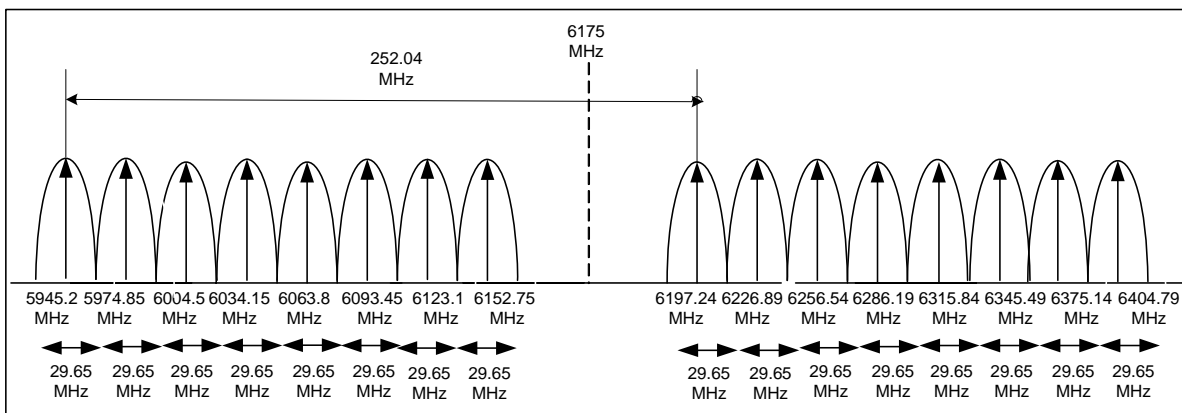
$n=1,2,3,4,5,8,7u 8$  [17]

A partir de las fórmulas anteriores la Tabla. 3.4 muestra los canales en éste rango, con ancho de banda de 29,65 MHz y separación Tx-Rx de 252,04 MHz:

**Tabla. 3. 4. Plan de canalización (Banda 6 GHz, parte inferior)**

fo =6. 175 Banda (5.900 – 6.430 MHz)		
AB = 29,65 MHz		
Separación = 252,04 MHz		
n	Tx	Rx
1	5.945,2	6.197,24
2	5.974,85	6.226,89
3	6.004,5	6.256,54
4	6.034,15	6.286,19
5	6.063,8	6.315,84
6	6.093,45	6.345,49
7	6.123,1	6.375,14
8	6.152,75	6.404,79

El plan de canalización escogido es el más adecuado para aplicaciones con altas capacidades de datos que se manejan en esta banda. La Figura. 3.3 muestra la distribución de los canales en determinada porción de la banda.

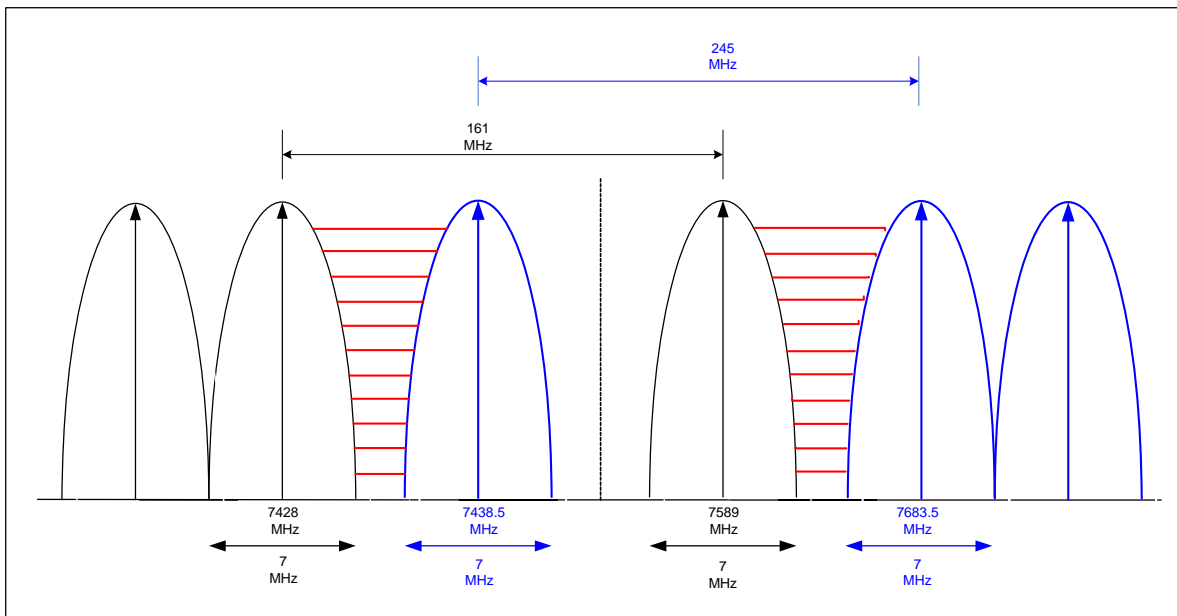


**Figura. 3. 3. Distribución de Canales en la Banda de 6GHz**

### 3.2.6 Banda 7 – 8 GHz

En primer lugar se analizará la Banda de 7 GHz que de manera similar que en otras bandas ofrece varias opciones para establecer el respectivo plan de canalización.

Actualmente la canalización en esta banda es manejada de tal manera que se siguen varios de los planes de canalización ofrecidos por la UIT en sus recomendaciones, con distintas separaciones, anchos de banda trayendo como consecuencia una utilización ineficiente del espectro, mientras que lo ideal es seguir uno solo. Así por ejemplo las frecuencias asignadas en un caso eran 7.431,5 (Tx) – 7.676,5 (Rx) MHz, con separación de 245 MHz y ancho de banda 7 MHz, mientras que en otro eran 7.428 (Tx) – 7.589 (Rx) MHz, con separación de 161 MHz y ancho de banda 7 MHz. Una asignación de esta forma trae consigo un desperdicio de espectro como podemos observar en la Figura. 3.4.



**Figura. 3. 4. Ejemplo de una mala distribución de canales**

La recomendación usada es la UIT-R F.385-8. Las frecuencias de los distintos canales se expresan por las siguientes relaciones:

$$\text{Mitad inferior de la banda: } fn = fo - 154 + 7n \text{ MHz}$$

$$\text{Mitad superior de la banda: } fn' = fo + 7 + 7n \text{ MHz}$$

Siendo:



$f_o$  = la frecuencia central de la banda

$f_n$  = la frecuencia central de un radiocanal en la mitad inferior de la banda

$f_n'$  = la frecuencia central de un radiocanal en la mitad superior de la banda

$n$  = número de canales [18].

Cabe mencionar que la banda de 7 GHz se divide en dos subbandas que comprenden los rangos: 7.100-7.400 MHz y 7.400-7.800 MHz aproximadamente.

A partir de las fórmulas anteriores la Tabla. 3.5 muestra los canales en este rango, con ancho de banda de 7 MHz y separación de 161 MHz:

**Tabla. 3. 5. Plan de canalización (Banda 7 GHz)**

<b>fo= 7.275 MHz Banda (7.100 – 7.400) MHz</b>			<b>fo= 7.575 MHz Banda ( 7.425 – 7.725)MHz</b>		
<b>AB = 7 MHz</b>			<b>AB = 7 MHz</b>		
<b>Separación = 161 MHz</b>			<b>Separación = 161 MHz</b>		
<b><i>n</i></b>	<b><i>Tx</i></b>	<b><i>Rx</i></b>	<b><i>n</i></b>	<b><i>Tx</i></b>	<b><i>Rx</i></b>
1	7.128	7.289	1	7.428	7.589
2	7.135	7.296	2	7.435	7.596
3	7.142	7.303	3	7.442	7.603
4	7.149	7.310	4	7.449	7.610
5	7.156	7.317	5	7.456	7.617
6	7.163	7.324	6	7.463	7.624
7	7.170	7.331	7	7.470	7.631
8	7.177	7.338	8	7.477	7.638
9	7.184	7.345	9	7.484	7.645
10	7.191	7.352	10	7.491	7.652
11	7.198	7.359	11	7.498	7.659
12	7.205	7.366	12	7.505	7.666
13	7.212	7.373	13	7.512	7.673
14	7.219	7.380	14	7.519	7.680
15	7.226	7.387	15	7.526	7.687
16	7.233	7.394	16	7.533	7.694
17	7.240	7.401	17	7.540	7.701
18	7.247	7.408	18	7.547	7.708
19	7.254	7.415	19	7.554	7.715
20	7.261	7.422	20	7.561	7.722

Estos canales fueron tomados ya que cubren casi toda la banda de 7 MHz y se aprovecha así de mejor manera el espectro radioeléctrico, además gran parte de los usuarios tiene asignados canales bajo este plan facilitando la migración; por otro lado, el tener un ancho de banda de 7 MHz facilita su ampliación a 14 MHz y 28 MHz con el

uso de canales contiguos. La Figura. 3.5 muestra la distribución de canales en determinada porción de la banda.

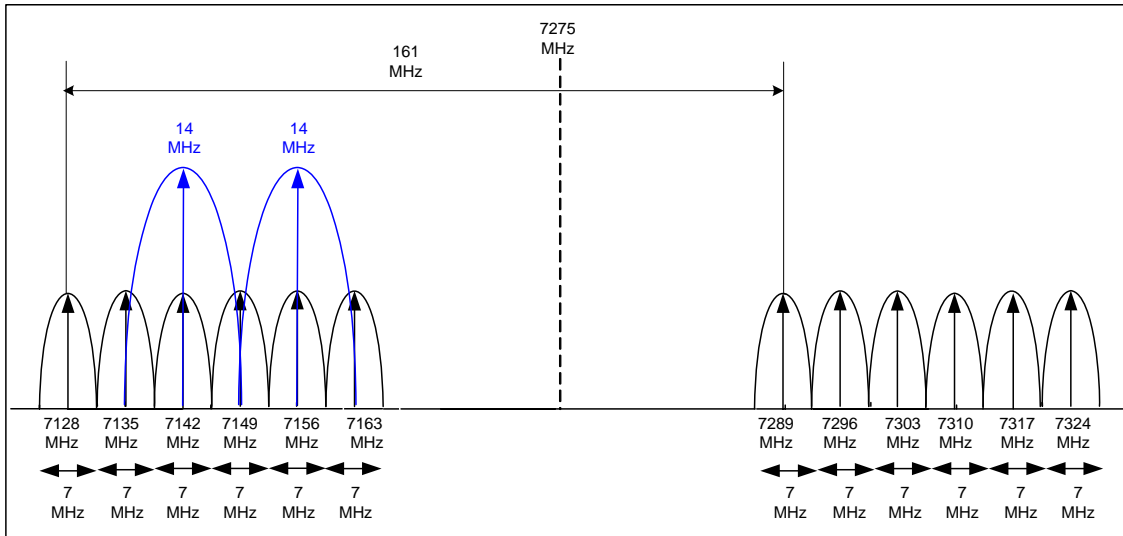


Figura. 3. 5(a) Distribución de Canales en la Banda de 7GHz (7.100 – 7.400 MHz)

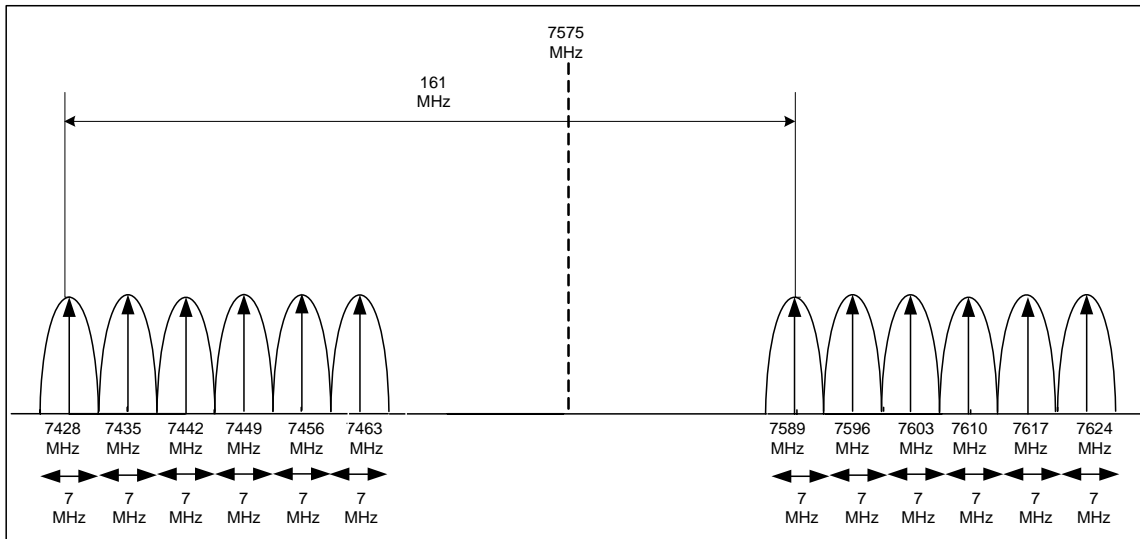


Figura. 3.5. (b) Distribución de Canales en la Banda de 7 GHz (7.425 – 7.725 MHz )

A continuación se analizará la banda de 8 GHz, la UIT ha publicado la recomendación UIT-R F.386-6 sobre la base de la cual se ha determinado que la canalización más eficaz se expresa por las siguientes relaciones:

$$\text{Mitad inferior de la banda: } fn = fo - 281,91 + 29,65n \text{ MHz}$$

$$\text{Mitad superior de la banda: } fn' = fo + 29,37 + 29,65n \text{ MHz}$$

Siendo:

$f_0$  = la frecuencia central de la banda

$f_n$  = la frecuencia central de un radiocanal en la mitad inferior de la banda

$f_{n'}$  = la frecuencia central de un radiocanal en la mitad superior de la banda

$n$  = número de canales [19].

Esta banda se divide en dos subbandas a saber: 7.800-8.200 MHz y 8.200-8.500 MHz aproximadamente. A partir de las fórmulas anteriores la Tabla. 3.6 muestra los canales en éste rango:

**Tabla. 3. 6. Plan de canalización (Banda 8 GHz)**

<b>fo= 8000 MHz Banda ( 7.725 – 8.275)MHz</b>			<b>fo= 8.387.5 MHz Banda (8.275 – 8.495) MHz</b>		
<b>AB = 29,65 MHz</b>			<b>AB = 7 MHz</b>		
<b>Separación = 311,32 MHz</b>			<b>Separación = 126 MHz</b>		
<b>N</b>	<b>Tx</b>	<b>Rx</b>	<b>n</b>	<b>Tx</b>	<b>Rx</b>
1	7.747,7	8.059,02	1	8.286	8.412
2	7.777,35	8.088,67	2	8.293	8.419
3	7.807	8.118,32	3	8.300	8.426
4	7.836,65	8.147,97	4	8.307	8.433
5	7.866,3	8.177,62	5	8.314	8.440
6	7.895,95	8.207,27	6	8.321	8.447
7	7.925,6	8.236,92	7	8.328	8.454
8	7.955,25	8.266,57	8	8.335	8.461
			9	8.342	8.468
			10	8.349	8.475
			11	8.356	8.482
			12	8.363	8.489

Las distribuciones de canales mostradas en la tablas anteriores se las considera como las más adecuadas dentro de las opciones que nos ofrece la recomendación, ya que cubre gran parte de la banda de 8 GHz, permitiendo en la parte baja implementar enlaces de alta capacidad y en la parte alta de la banda tener ampliación del ancho de banda, aprovechando así de mejor manera el espectro radioeléctrico, de manera similar a casos anteriores, gran parte de los usuarios tienen asignados canales en este plan facilitando la migración. La Figura. 3.6 muestra la distribución de canales en determinada porción de la banda:

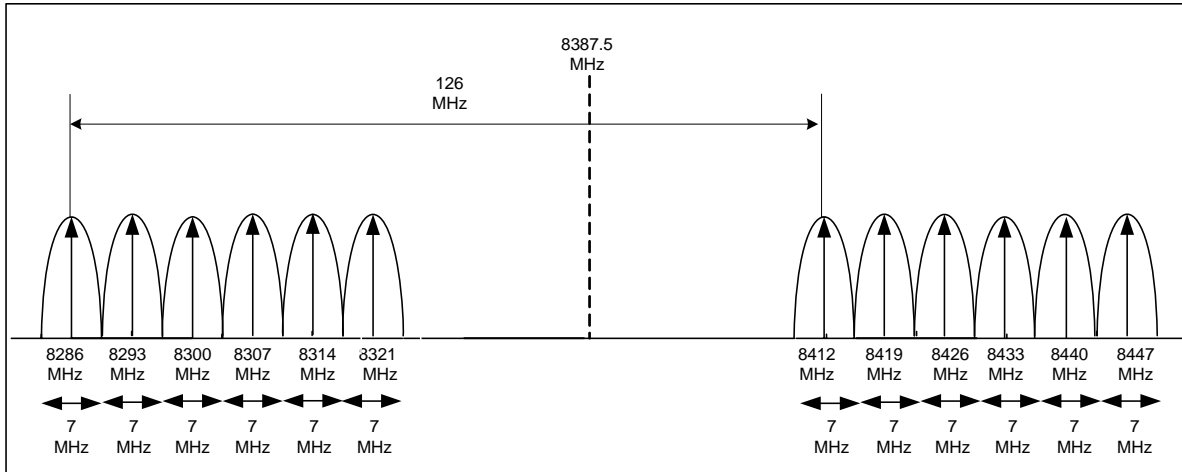


Figura. 3. 6. (a) Distribución de Canales en la Banda de 8 GHz (7.725 – 8.275 MHz)

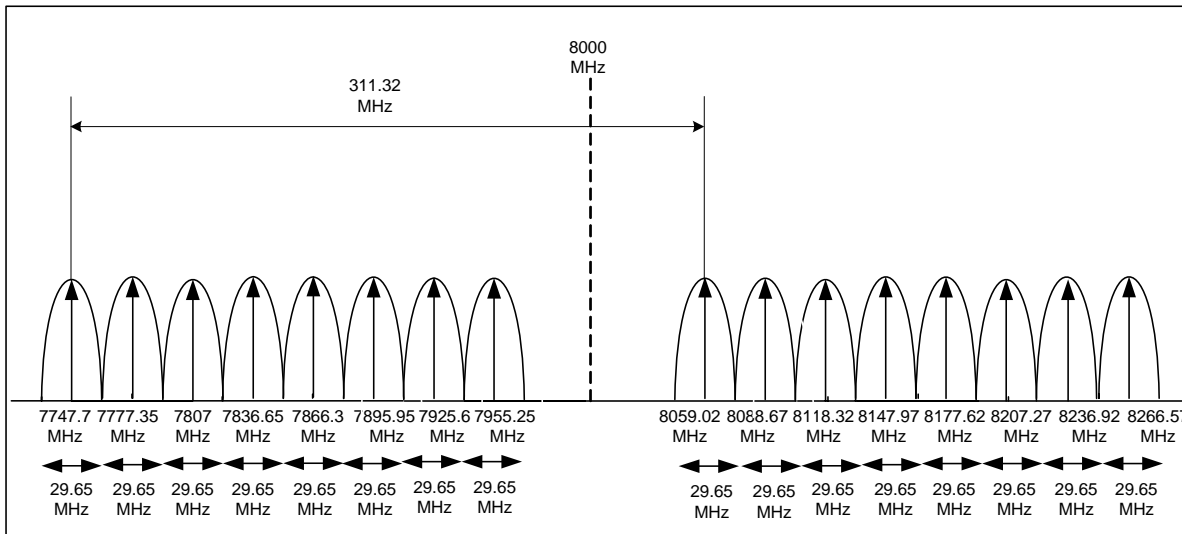


Figura. 3.6 (b) Distribución de Canales en la Banda de 8 GHz (8.275 – 8.495 MHz)

### 3.2.7 Banda de 14 – 15 GHz

Una vez analizadas las alternativas de canalización publicadas en la recomendación UIT-R F.636-3 para la banda de 14 – 15 GHz se ha seleccionado la canalización más eficaz en la que las frecuencias de los distintos canales se expresan por las siguientes relaciones:

Mitad inferior de la banda:  $f_n = f_r + a + 14n \text{ MHz}$

Mitad superior de la banda:  $f_{n'} = f_r + 3.640 - 14(N - n) \text{ MHz}$

siendo:

$f_r$  = frecuencia de referencia,  $a = 2.702$  MHz para la banda 14,4 – 15,35 GHz y  $a = 2.800$  MHz para la banda 14,5 – 15,35 GHz, para  $n = 1, 2, \dots, N$  con  $N \leq 32$  para la banda 14,4 – 15,35 GHz y  $N \leq 30$  para la banda 14,5 – 15,35 GHz

$f_n$  = la frecuencia central de un radiocanal en la mitad inferior de la banda

$f_n'$  = la frecuencia central de un radiocanal en la mitad superior de la banda

$n$  = número de canales [20].

A partir de las fórmulas anteriores la Tabla. 3.7 muestra los canales en éste rango, con ancho de banda de 14 MHz y separación de 420 MHz.

**Tabla. 3. 7. Plan de canalización (Banda 14 – 15 GHz)**

<b>fr=11.701 Banda (14.500 – 15.350) MHz</b>		
<b>AB= 14 MHz</b>		
<b>Separación = 420 MHz</b>		
<b><i>n</i></b>	<b><i>Tx</i></b>	<b><i>Rx</i></b>
1	14.515	14.935
2	14.529	14.949
3	14.543	14.963
4	14.557	14.977
5	14.571	14.991
6	14.585	15.005
7	14.599	15.019
8	14.613	15.033
9	14.627	15.047
10	14.641	15.061
11	14.655	15.075
12	14.669	15.089
13	14.683	15.103
14	14.697	15.117
15	14.711	15.131
16	14.725	15.145
17	14.739	15.159
18	14.753	15.173
19	14.767	15.187
20	14.781	15.201
21	14.795	15.215
22	14.809	15.229
23	14.823	15.243
24	14.837	15.257
25	14.851	15.271
26	14.865	15.285
27	14.879	15.299
28	14.893	15.313
29	14.907	15.327
30	14.921	15.341

En esta banda se determinó. la canalización a usar tomando en cuenta principalmente el número de usuarios de los diferentes planes de canalización usados en el país, con el objetivo de comenzar una migración más eficaz a una canalización común y óptima. La Figura. 3.7 muestra la distribución de canales en determinada porción de la banda.

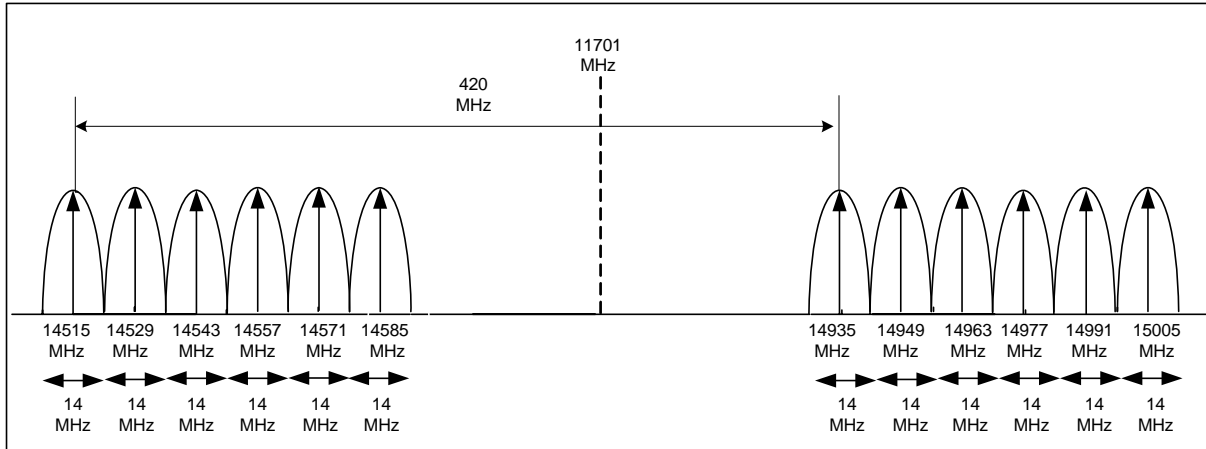


Figura. 3. 7. Distribución de Canales en la Banda de 14 - 15 GHz (14500 – 15350 MHz)

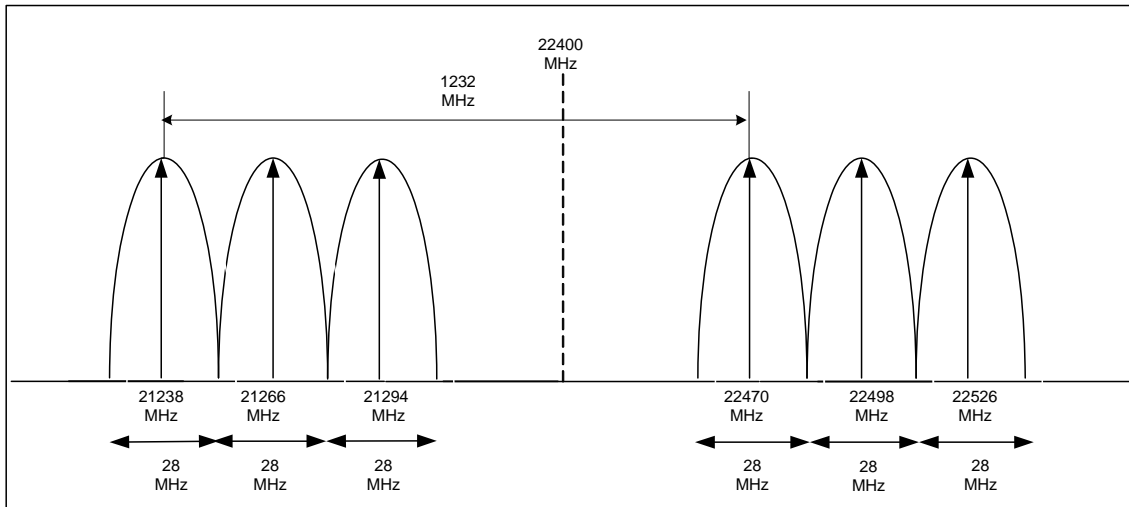
### 3.2.8 Banda de 23 GHz

Una vez analizadas las alternativas de canalización publicadas en la recomendación UIT-R F.637-3 [21] para la banda de 23 GHz se ha seleccionado la canalización más eficaz. la Tabla. 3.8 muestra los canales en éste rango, con ancho de banda de 28 MHz y separación de 1232 MHz.

**Tabla. 3. 8. Plan de canalización (Banda 23 GHz)**

<b>fo=22400</b>		
<b>AB= 28 MHz</b>		
<b>Separación = 1232 MHz</b>		
<b><i>n</i></b>	<b><i>Tx</i></b>	<b><i>Rx</i></b>
1	21238	22470
2	21266	22498
3	21294	22526
4	21322	22554
5	21350	22582
6	21378	22610
7	21406	22638
8	21434	22666
9	21462	22694
10	21490	22722
11	21518	22750
12	21546	22778
13	21574	22806
14	21602	22834
15	21630	22862
16	21658	22890
17	21686	22918
18	21714	22946
19	21742	22974
20	21770	23002
21	21798	23030
22	21826	23058
23	21854	23086
24	21882	23114
25	21910	23142
26	21938	23170
27	21966	23198
28	21994	23226
29	22022	23254
30	22050	23282
31	22078	23310
32	22106	23338
33	22134	23366
34	22162	23394
35	22190	23422
36	22218	23450
37	22246	23478
38	22274	23506
39	22302	23534
40	22330	23562

Las distribución de canales mostrada en la tabla anterior se la considera como la más adecuadas dentro de las opciones que nos ofrece la recomendación, pudiendo subdividir a los canales para obtener anchos de banda menores, aprovechando así el espectro radioeléctrico, de manera similar gran parte de los usuarios tienen asignados canales en éste plan facilitando la migración. La Figura. 3.8 muestra la distribución de canales en determinada porción de la banda.



**Figura. 3. 8. Distribución de Canales en la Banda de 23 GHz**

### 3.3 REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS PARA SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES

La reutilización de frecuencias consiste en utilizar la misma frecuencia o banda de frecuencias varias veces de manera que sea posible aumentar la capacidad del sistema para un determinado ancho de banda.

Se analizarán las alternativas de reutilización para aplicaciones puntuales, primeramente se toparán Sistemas de Cobertura usados en bandas bajo 1 GHz y posteriormente Enlaces Radioeléctricos que utilizan frecuencias sobre 1 GHz.



### 3.3.1 Sistemas de Cobertura

Para tener una calidad de señal adecuada es necesario tener en cuenta determinados parámetros como la Intensidad de Campo Eléctrico en la Recepción, cuyo valor mínimo permite obtener una determinada calidad de recepción, dependiendo de la sensibilidad del receptor, de la antena y del ruido. Tiene en cuenta, además del campo mínimo, los efectos de las interferencias de otros transmisores.

Para frecuencias inferiores a 1 GHz se especifica la señal en recepción en función de la intensidad de campo eléctrico  $E$  [mV/m] o [dB $\mu$ V/m], ya que a esas frecuencias se suelen emplear en recepción antenas lineales, en las cuales la fuerza electromotriz inducida por la onda es proporcional a la intensidad de campo incidente.

Otro parámetro importante es la Relación de Protección, que es el valor mínimo, generalmente expresado en decibelios, que se ha de tener entre las señales deseada y no deseada (interferencia) a la entrada del receptor, para poder obtener una cierta calidad de recepción en la señal deseada a la salida del receptor.

En el país el objetivo es optimizar el uso del espectro radioeléctrico y cubrir un área lo más grande posible usando un solo par de frecuencias, para esto se ha establecido que la Intensidad de Campo adecuada es de 38.5 dB $\mu$ V/m y una Relación de protección de 17 dB<sup>5</sup>. La problemática radica en determinar las áreas de cobertura que se asignan en cada concesión, tradicionalmente se ha optado por dividir al país en provincias, de tal manera que si determinado sistema ha sido instalado en cierta provincia se asume que ésta ya tiene cobertura en su totalidad, a pesar de que solo una parte de ella la tenga debido a las características de las antenas usadas, de ésta manera se produce un uso ineficiente del espectro. La Figura. 3.9 muestra la estrategia de cobertura que se maneja en la actualidad, a través de este método se diría que las provincias de Guayas, Manabí, Pastaza y Napo ya tienen cobertura total, debido a que áreas de las mismas se ven afectadas por la señal de la antena, pero no es así ya que los sectores que se encuentran fuera del área delimitada de color plomo no la tienen realmente.

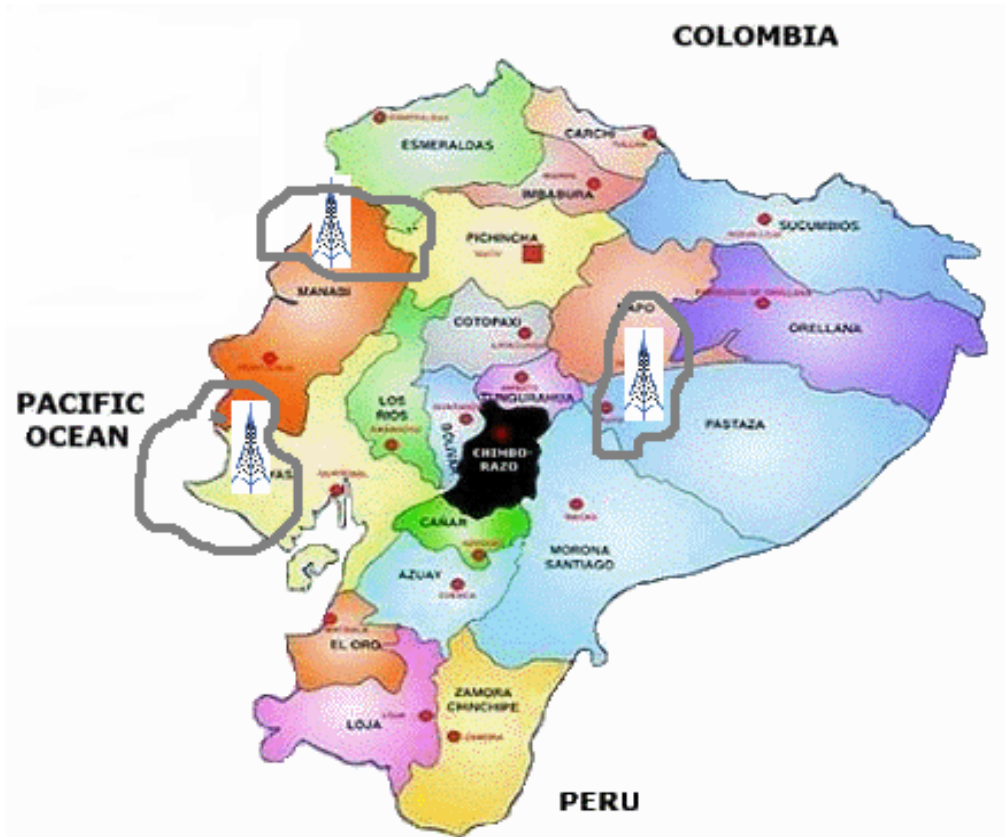


Figura. 3. 9. Cobertura por Provincias

Para solucionar éste inconveniente se propone dividir al país en áreas, que se ajusten al parámetro de Relación de Protección mencionado de 17 dB, estas áreas se obtendrían determinando puntos específicos que encierran el área de cobertura brindada por el equipo usado. Para determinar la cobertura se seleccionará a nivel nacional los cerros de mayor importancia, catalogados así por sus características geográficas y de cobertura, a través del software “Radio Mobile”, se simulará la Radiación de una antena bajo determinadas características de funcionamiento, para este fin se utilizará una antena omnidireccional, de 30W de potencia y ganancia 9dB, en la banda de 450 MHz por ser parámetros típicos en este tipo de sistemas. Los resultados obtenidos son simplemente un ejemplo del modo de operación de esta propuesta; al llevarla a la práctica, las áreas de concesión se comportarán de una manera dinámica dependiendo de la banda en la que se vaya a brindar el servicio así como el estado de las asignaciones previas de una frecuencia específica. Los cerros considerados son los que se enlistan en la Tabla. 3.9.

**Tabla. 3. 9. Cerros importantes para brindar mayor cobertura a nivel nacional**

CERROS IMPORTANTES	UBICACIÓN (PROVINCIA)	PROVINCIAS A LAS QUE BRINDA COBERTURA
Cotacachi	Imbabura	Imbabura
Troya	Carchi	Carchi, Sucumbíos
Pichincha	Pichincha	Pichincha
Atacazo	Pichincha	Pichincha, Esmeraldas, Manabí
Pilisurco	Tungurahua	Tungurahua, Bolívar, Cotopaxi
Abitahua	Pastaza	Pastaza, Napo, Morona Santiago
Buerán	Azuay	Azuay, Cañar
Huachicambo	Loja	Loja
Colambo	Loja	Loja
Bosco	Morona Santiago	Morona Santiago
Paredones	Azuay	Azuay, Guayas, Los Ríos, El Oro
Capadia	Bolívar	Guayas, Manabí, El Oro, Los Ríos
Cerro de Hojas	Manabí	Manabí
Azul	Guayas	Guayas, Los Ríos, Bolívar

A continuación se muestran algunas gráficas que el software Radio Mobile nos facilita, donde se puede observar la cobertura brindada por antenas situadas en algunos de los cerros mencionados anteriormente con las características fijadas, a partir de ellas se pudo determinar de manera general las provincias a las cuales brindarían cobertura:

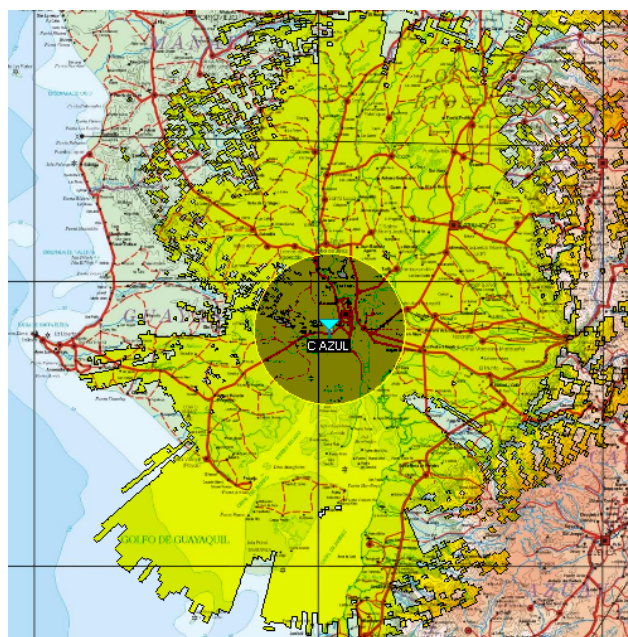
**Figura. 3. 10. Cobertura brindada por el Cerro Azul**





Figura. 3. 11. Cobertura brindada pro el Cerro Pilisurco

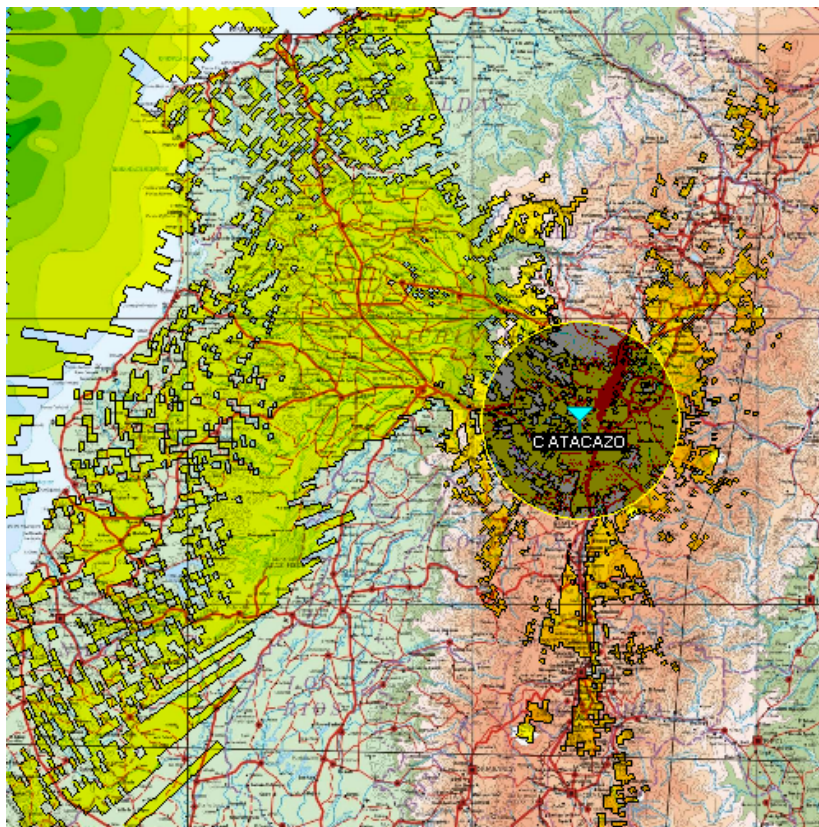


Figura. 3. 12. Cobertura brindada por el Cerro Atacazo



Ahora que se cuentan con las áreas de cobertura dibujadas en diferentes colores dependiendo del cerro en cuestión, basadas en las gráficas brindadas por el Radio Mobile, la Figura. 3.13 muestra un bosquejo de cómo las áreas serían definidas a través de cuadrados (color amarillo) que encierran la cobertura de cada cerro.



Figura. 3. 13. Alternativas de División del Ecuador

Como se observa la nueva distribución de áreas de concesión, se fundamenta en la predicción de cobertura específica y no en la división política del país. Esto significa que la asignación se maneje de forma estrictamente técnica y buscando siempre la optimización del uso del espectro.

Estas alternativas de división del país podrían reducir de manera significativa el desperdicio del espectro radioeléctrico y ayudar a una administración más eficaz del mismo, garantizando sobretodo un servicio de calidad.

### 3.3.2 Enlaces Radioeléctricos

De igual manera que en los sistemas de cobertura los enlaces punto a punto necesitan garantizar una calidad de señal óptima tomando en cuenta determinados parámetros, uno de estos es la Intensidad de Campo Eléctrico que por encima de 1 GHz se suele realizar en términos de potencia recibida en dBW o dBm, o densidad de flujo de potencia en dBW/m<sup>2</sup> o dBmW/m<sup>2</sup>, ya que predominan las antenas superficiales o de apertura, para las cuales la potencia disponible en recepción es proporcional a la densidad de flujo de potencia. Así las antenas usadas juegan un papel muy importante al momento de sugerir alternativas para la reutilización del espectro.

Es por esto que, en primer lugar se propone determinar la distancia mínima a la cual las estaciones fijas deben ser localizadas en los sitios de transmisión con el objetivo de no causar interferencia entre ellas pero tampoco desperdiciar espacio. Para esto se determinará la apertura de lóbulo de las antenas usadas en los enlaces, y así poder conocer la distancia que sería contaminada por las señales emitidas por las mismas. Se analizarán estos datos para las bandas de 7 y 14-15 GHz principalmente, ya que son las presentan mayores inconvenientes. En la Figura. 3.14 (a) y (b) se muestra la gráfica de un patrón de radiación y del lóbulo principal aislado respectivamente, para poder determinar las variables que intervienen en el cálculo.

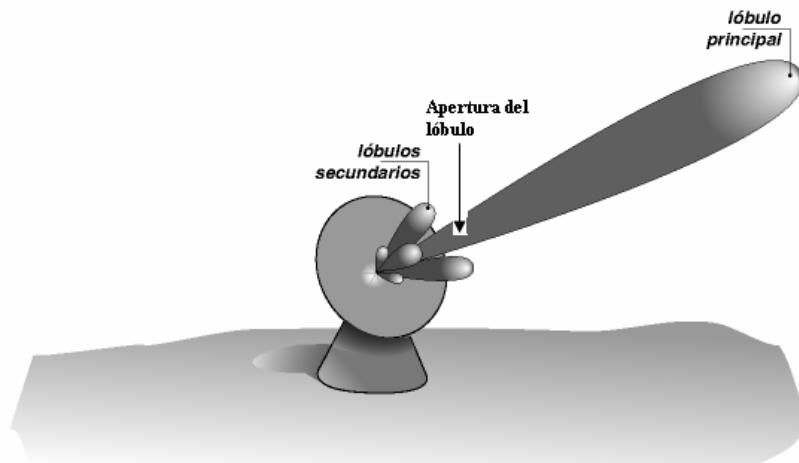
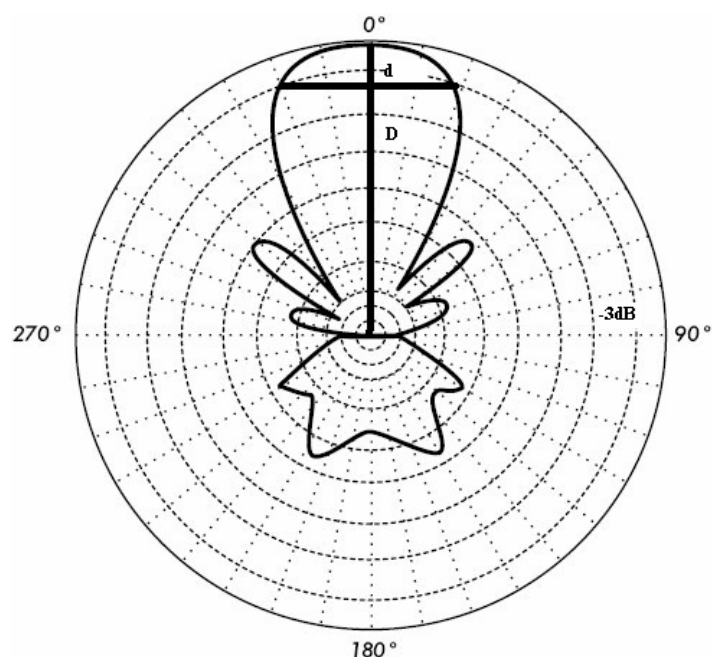


Figura. 3. 14. (a) Lóbulo Principal de una Antena de Microondas



**Figura. 3.14 (b) Lóbulo Principal de una Antena de Microondas**

Para realizar el cálculo de esta distancia se tomará en cuenta la ganancia de transmisión y recepción de la antena, las potencias de transmisión y recepción del equipo y pérdidas que sufre el enlace.

Después de haber analizado algunos catálogos de antenas y equipos usados frecuentemente para las frecuencias en cuestión, se muestra en la Tabla. 3.10 las características teóricas típicas:

**Tabla. 3. 10. Características Teóricas Típicas de un Enlace Radioeléctrico**

Banda (MHz)	Características del Equipo		Características de la Antena		Apertura de Lóbulo $\theta$ (Grados)	Distancia equipos (m)
	Modelo	Pot Tx Pot Rx (dBm)	Modelo	Ganancia (dBi)		
7.125 – 7.750	SRA-S3	23 -48	HP6-71	40	1,5	523
14.400 – 15.350	SRA-S3	23 -43	HP06-1445	36.9	2,15	112

Para el cálculo de la distancia (D) se empleó la fórmula de Friis:

$$P_R(dBm) = P_T(dB) + G_T(dB) + G_R(dB) - Le, \quad (3.1)$$

donde,

$P_R$  = Potencia de Recepción

$P_T$  = Potencia de Transmisión

$G_R$  = Ganancia de Recepción

$G_T$  = Ganancia de Transmisión

$Le$  = Pérdidas

siendo,

$$Le = 20 \log(D) + 20 \log(F) + 32.5, \quad (3.2)$$

$D$  = Distancia en Km

$F$  = Frecuencia en MHz

$$P_R(dBm) = P_T(dB) + G_T(dB) + G_R(dB) - 20 \log(D) + 20 \log(F) + 32.5$$

Para la banda de 7 MHz se puede determinar la longitud del lóbulo principal (D) de la siguiente manera:

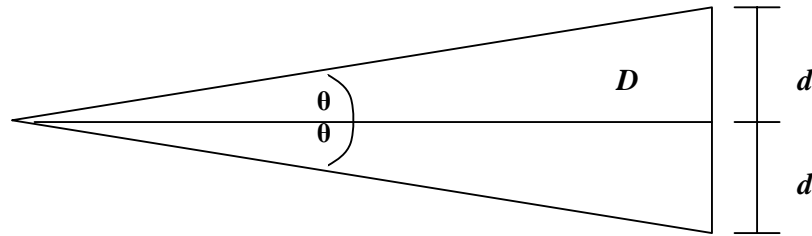
$$D(Km) = 10^{\frac{P_T(dB) - P_R(dBm) + G_T(dB) + G_R(dB) - 20 \log(F) - 32,5}{20}}$$

$$D(Km) = 10^{\frac{23 - (-48) + 40 + 40 - 20 \log(7.500) - 32,5}{20}}$$

$$D(Km) = 95.816$$

Esta es la distancia teórica máxima que podría tener un enlace de microondas en esta banda, pero en la realidad se tienen enlaces con distancias promedio de 40 Km. Por lo tanto la distancia ( $d$ ), a la cual se deben colocar las estaciones fijas se calcula de manera aproximada así.





$$d = \operatorname{tg}(\theta) \times D$$

$$d = \operatorname{tg}(0,75) \times 40$$

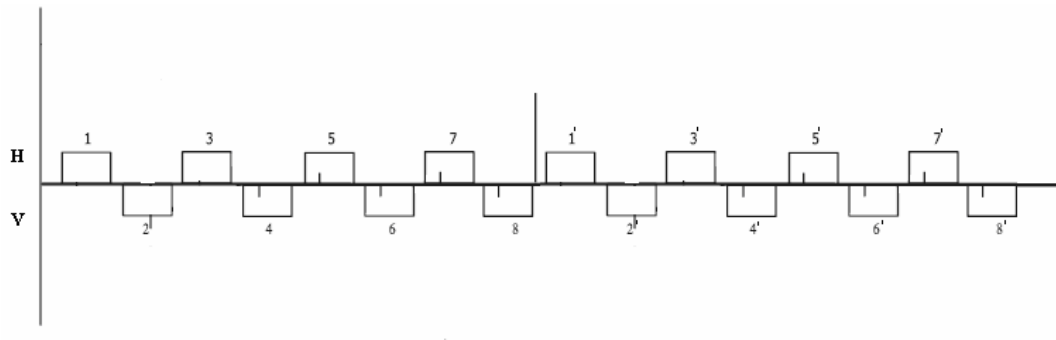
$$d = 523 \text{ m}$$

De manera similar se realiza para la banda de 14 GHz y los resultados obtenidos son,  $D = 13.649 \text{ Km}$ , donde asumiremos una distancia real del enlace de 6 Km, obteniendo así una distancia entre estaciones fijas,  $d = 112 \text{ m}$ .

Las distancias de protección calculadas en estas bandas serían aplicables cuando existan enlaces que operen a la misma frecuencia y en el mismo trayecto, de otra manera la distancia de protección se verá reducida de manera significativa al tener enlaces con separación en su trayectoria de aproximadamente  $120^\circ$ , es por esto que en los cerros las estaciones fijas pueden ser colocadas mucho más cerca, considerando que al momento de asignar frecuencias no se atente contra el punto descrito inicialmente.

Otra de las alternativas para reutilizar de mejor manera las frecuencias es variando la polarización de los enlaces, para ello se deben tomar en cuenta algunas consideraciones las cuales son descritas a continuación:

- La transmisión y recepción se realiza con la misma polarización para trabajar con una sola en cada extremo.
- En enlaces adyacentes la polarización se alterna para reducir las interferencias mediante la polarización cruzada. Lo descrito se muestra en la Figura. 3.15:



**Figura. 3. 15. Polarización Cruzada en Enlaces Radioeléctricos Adyacentes**

- Cuando existe diversidad de frecuencia las portadoras deben estar lo más distanciadas y con igual polarización.
- Cuando se tiene enlaces con portadoras cercanas y localizados en el mismo sitio no es muy recomendable únicamente realizar un cambio de polarización entre ellos ya que no existe garantía de un buen aislamiento, se podría optar por esta alternativa si los enlaces tienen trayectorias opuestas, es decir que formen un ángulo mínimo de  $120^\circ$  entre ellos, ya que de esta manera se tiene mayor seguridad que los lóbulos principales están lo suficientemente separados y no existe demasiada contaminación de señales, pero por otro lado no se tiene la garantía de que los lóbulos traseros puedan estar libres de causar problemas de interferencia, este punto se lo debe analizar con mayor detalle revisando las características de los equipos usados.

## **CAPÍTULO 4**

### **PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO**

#### **4.1 INTRODUCCIÓN**

En este capítulo después de haber descrito el panorama acerca de la situación actual del espectro radioeléctrico en el país se presentan algunas propuestas de optimización las cuales ayudaran a su mejor administración y gestión, entre ellas esta una nueva ruta de enlaces radioeléctricos en la banda que presenta mayor congestión.

#### **4.2 PROPUESTAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO**

Después de analizar en capítulos anteriores la problemática actual del uso del espectro radioeléctrico en el país, se exponen algunas de las alternativas para su optimización, a continuación se describe cada una de ellas:

- La Banda VHF (138 – 174 MHz) al no contar con un plan de canalización definido tiene un método de asignación de frecuencias desordenado, utilizando únicamente las porciones del espectro que se encuentran libres en un determinado sector geográfico y en una frecuencia dada, sin que exista un patrón determinado. Para dar solución a este inconveniente es necesario iniciar una migración de los usuarios a largo plazo, aproximadamente 10 años, reubicándolos con separaciones Tx-Rx y anchos de banda estandarizados; con el objetivo de ordenar la asignación de frecuencias en esta banda, se debería establecer límites a los concesionarios para que acojan esta petición, que podría ser de máximo una renovación adicional de sus contratos para de esta manera cumplir con el tiempo previsto.

- La Banda UHF (450 – 512 MHz) por otro lado cuenta con una administración más ordenada del espectro, puesto que en esta se asignan frecuencias con separaciones Tx – Rx de 5 MHz y anchos de banda de 12,5 kHz. Es por esto que se propone a las operadoras el uso de equipos que necesiten anchos de banda pequeños para así aprovechar de mejor manera el espectro. En este caso la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones podría ofrecer alguna clase de incentivo como por ejemplo la reducción de las tarifas por la utilización de las frecuencias o hasta la exoneración del pago de los Derechos de Concesión, siempre y cuando se introduzca equipamiento con mejores prestaciones en el uso de ancho de banda.
- De igual manera en UHF la determinación de las áreas de cobertura debe ser reestructurada, ya no haciéndola por provincias sino por áreas reales de cobertura, como se expuso en el punto 3.3.1 del capítulo anterior, consiguiendo así reutilizar el espectro en áreas aledañas evitando interferencias perjudiciales.
- En la banda de 450 MHz se propone la operación de sistemas CDMA 450 MHz ya que esta tecnología es ideal para impulsar el servicio universal en zonas rurales y empezar a introducir en estos lugares los servicios de datos e Internet a través de escuelas y centros públicos.  
La ventaja de utilizar los 450MHz es la gran propagación de la señal con la utilización de una sola estación base. Se calcula que sin ningún tipo de obstáculo una estación base CDMA2000 en los 450MHz podría cubrir hasta 80 kilómetros. Además, esta solución es ideal si se controla las emisiones en la banda de UHF como se indica en el punto anterior.
- En la banda de 1 – 2 GHz, se deben adoptar los planes de canalización expuestos en el punto 3.2.4, ya que después de analizarlo resulta ser la mejor opción, debido a que sus características técnicas facilitan la adquisición de equipos sin restricción de marcas o modelos.
- Para las bandas de 6, 7-8, 14-15 y 23 GHz, de manera similar deberían ser concesionadas bajo los planes de canalización propuestos en los puntos 3.2.5, 3.2.6, 3.2.7 y 3.2.8 respectivamente, ya que a través de ellos se logra ocupar la

totalidad de la banda en cuestión, los usuarios de estos rangos en su mayoría están dentro del plan a adoptarse por lo que una migración resultaría mucho más sencilla; además, la distribución de canales permite realizar ampliaciones de ancho de banda sin afectar las canalizaciones establecidas.

- Otra manera de optimización del espectro también podría usar como herramienta un incentivo económico para con los usuarios, en este caso para que desarrollen lugares alternativos en donde instalar sus estructuras, pero sitios donde la congestión de sistemas de telecomunicaciones no sea grande, de esa manera se podría reutilizar casi en un 100% las frecuencias.
- La última propuesta es el planteamiento de una nueva ruta que comunique a las ciudades principales, Quito y Guayaquil, con el objeto de descongestionar el uso de determinados cerros y poder reutilizar parte del espectro radioeléctrico, esta propuesta se la analiza en detalle en el siguiente punto de este capítulo.

### **4.3 PROPUESTA DE NUEVA RUTA DE ENLACES RADIOELÉCTRICOS PARA EL PAÍS.**

En el país, con el objetivo de brindar determinados servicios de telecomunicaciones principalmente en la banda de 7-8 GHz a través de enlaces de microondas, los usuarios hacen uso de algunos cerros y rutas, las cuales resultan eficientes y rápidas. Dada la gran demanda de estos sitios las mismas se han llegado a saturar imposibilitando la instalación de nuevas estructuras y congestionando el uso del espectro radioeléctrico en estos lugares. La ruta que presenta mayor congestión es la que comunica las ciudades de Quito y Guayaquil. Esta ruta es la que se muestra totalmente en la Figura. 4.1 y en detalle en las Figuras 4.2 - 4.6 <sup>6</sup>.





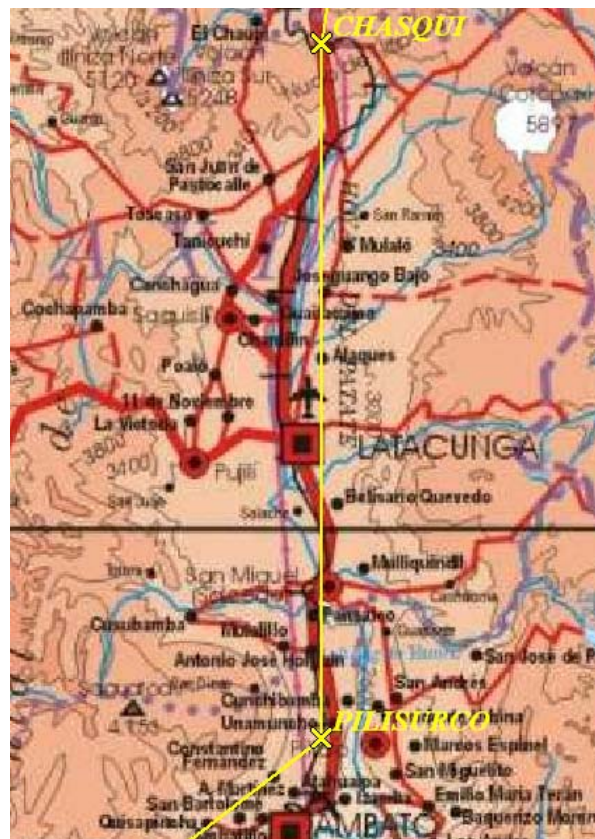


Figura. 4. 3. Enlace Chasqui - Pilisurco

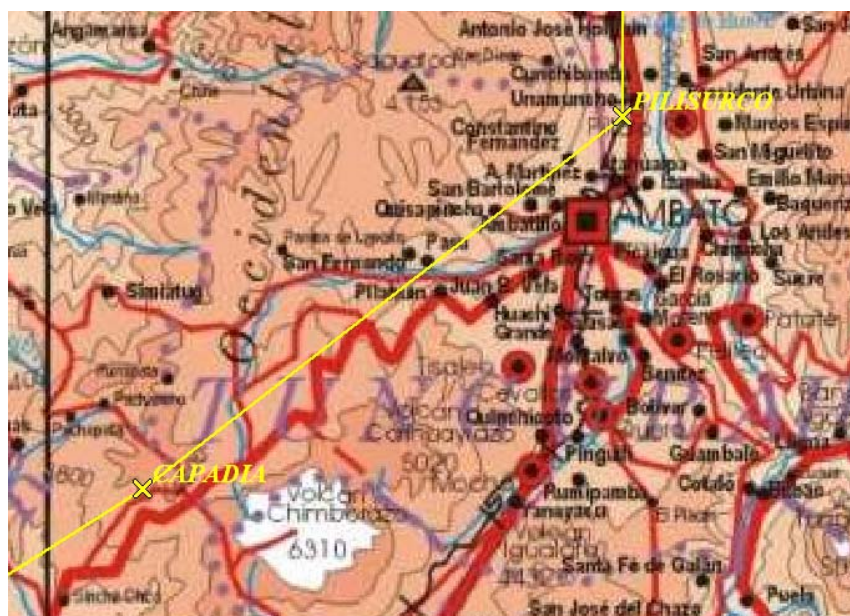


Figura. 4. 4. Enlace Pilisurco – Capadia

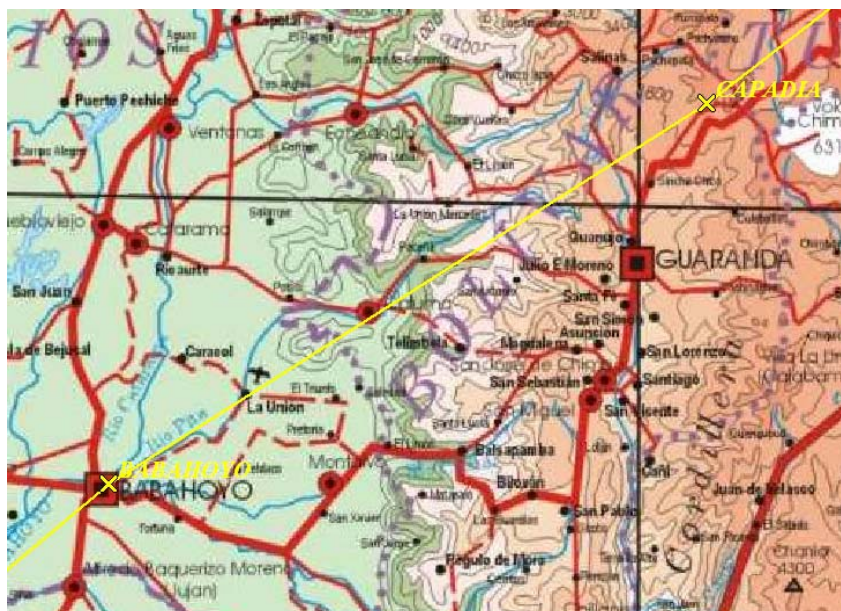


Figura. 4. 5. Enlace Capadia – Babahoyo

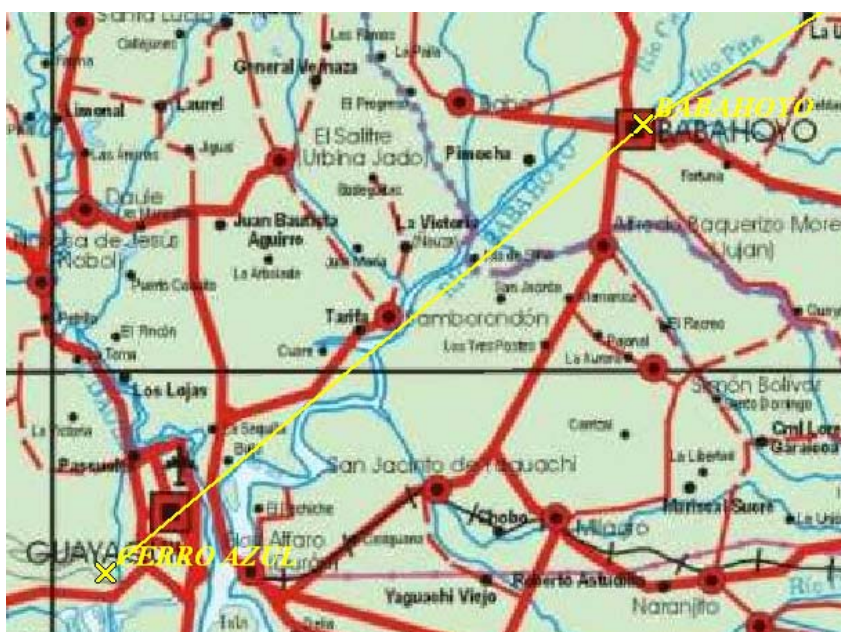


Figura. 4. 6. Enlace Babahoyo – Azul

Como se observa los cerros escogidos para comunicar a las ciudades en cuestión presentan características geográficas muy favorables entre estas la accesibilidad, factibilidad, viabilidad, entre otras, las cuales han sido tomadas en cuenta por los usuarios a través del tiempo generando una gran congestión principalmente en la banda de 7 – 8 GHz. El porcentaje de ocupación de éstos cerros se resume en la Tabla 4.1, esto



hace necesario proponer una nueva ruta que no involucre a los sitios mencionados para de esta manera poder reutilizar esta parte del espectro radioeléctrico en otras zonas evitando interferencias perjudiciales.

**Tabla. 4. 1. Porcentaje de Ocupación de los Cerros correspondientes a la Ruta Actual**

<b>CERRO</b>	<b>PORCENTAJE DE OCUPACION</b>
Cruz Loma	81,29
Chasqui	60,56
Pilisurco	69,72
Capadia	69,24
Babahoyo	
Azul	95,18

Babahoyo es una ciudad por lo que no se realizó un análisis porcentual de su ocupación.

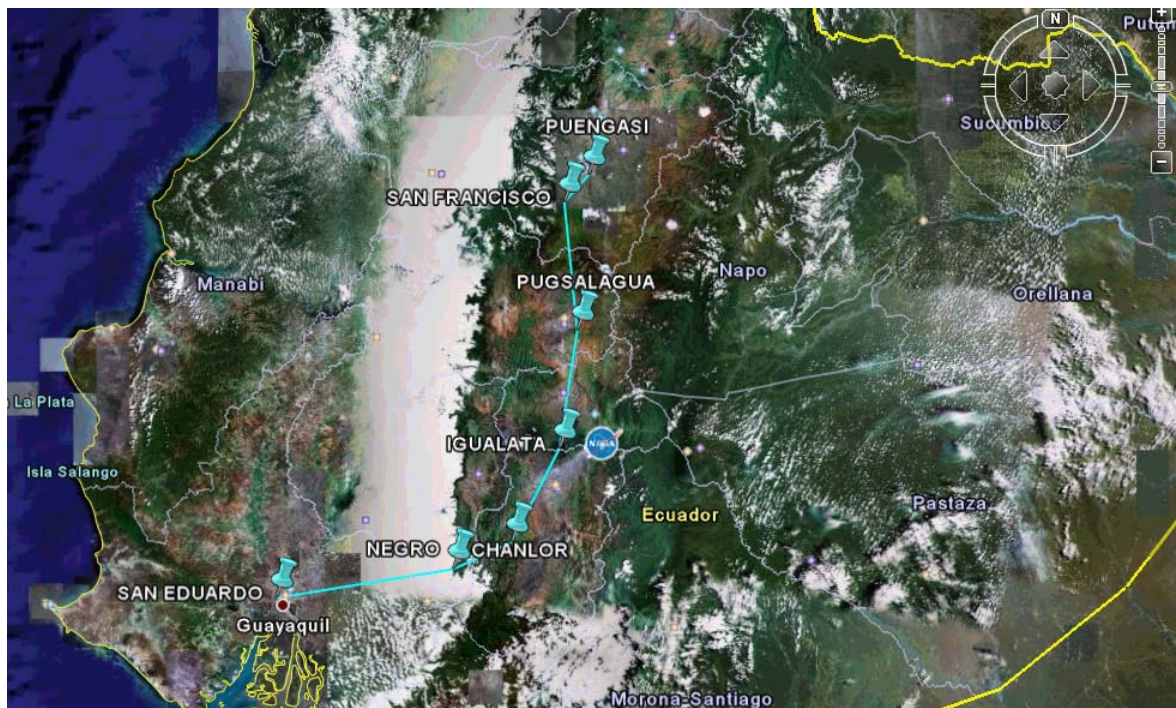
Algunos de los puntos a tomarse en cuenta en el diseño de una ruta alternativa son: la distancia de los enlaces radioeléctricos, fijada en 100 Km máximo debido a las características de propagación en esta banda; la existencia de línea de vista; el despejamiento en la zona de Fresnel entre los puntos del enlace; la accesibilidad y la viabilidad a cada uno de los sitios que formen parte de la ruta. Analizar estos parámetros sería posible únicamente realizando visitas a los lugares para verificarlo, pero debido a que este es un estudio teórico, se tomarán únicamente las referencias cartográficas.

A continuación se presenta el listado de los cerros que intervendrán en la ruta propuesta, esta se desplaza principalmente por la Sierra en donde se cuenta con mayor cantidad de cerros, para llegar finalmente a la Costa, la Tabla. 4.2 muestra características como su ubicación y altura.

**Tabla. 4. 2. Cerros correspondientes a la Ruta Propuesta**

CERRO	UBICACIÓN		ALTURA (metros)
	Provincia-Ciudad/Cantón	Coordenadas Geográficas (WGS 84)	
Puengasí	Pichincha – Quito	00°15'47.00"S 78°30'28.00"W	3173
San Francisco	Pichincha - Mejía	00°23'11.50"S 78°37'02.07"W	4017
Pugsalagua	Cotopaxi – Latacunga	00°57'49.90"S 78°33'36.30"W	3483
Igualata	Tungurahua - Quero	01°29'33.40"S 78°38'26.10"W	4171
Chanlor	Chimborazo - Colta	01°54'50.00"S 78°51'20.00"W	4179
Negro	Bolívar - Chillanes	02°02'12.40"S 79°07'12.40"W	2755
San Eduardo	Guayas - Guayaquil	02°10'14.00"S 79°55'39.60"W	151

La ruta quedaría establecida como se observa en la Figura. 4.7 y por detalle en las Figuras 4.8- 4.13.

**Figura. 4. 7. Ruta Propuesta**

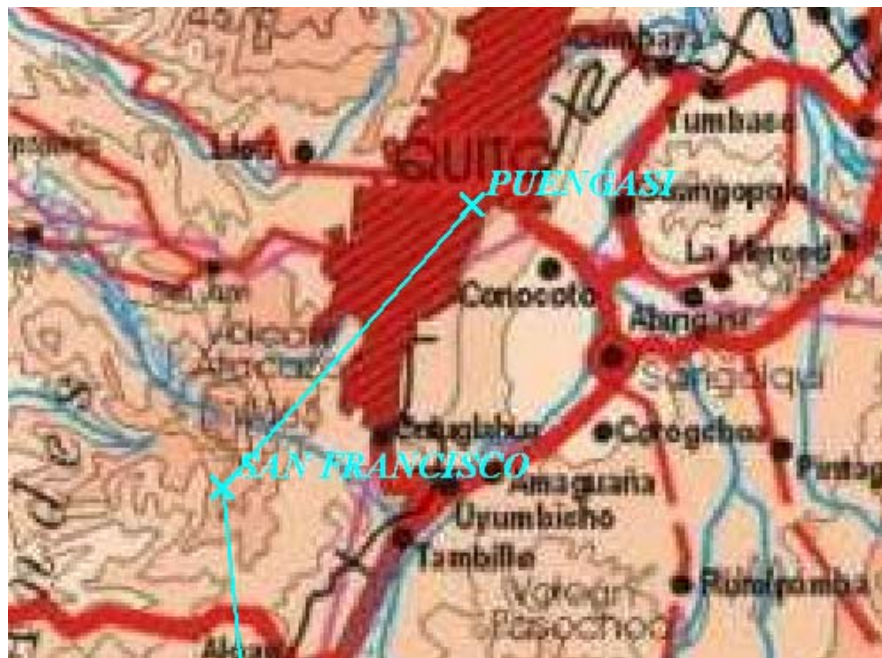


Figura. 4. 8. Enlace Puengasí – San Francisco

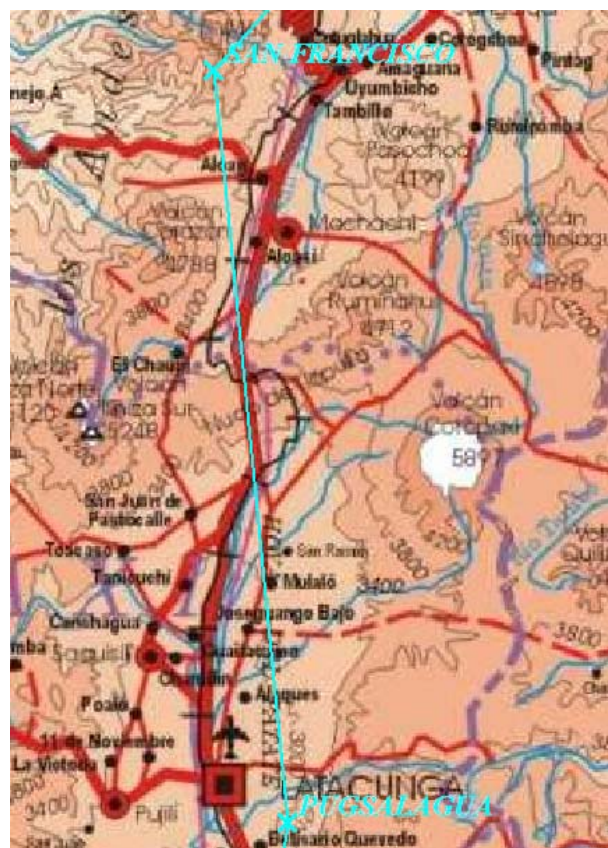


Figura. 4. 9. Enlace San Francisco - Pugsalagua



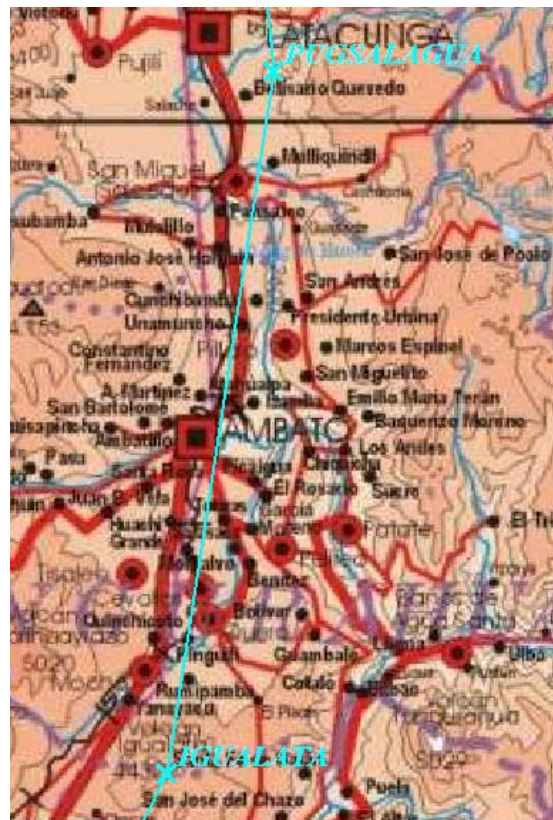


Figura. 4. 10. Enlace Pagsalagua - Igualata

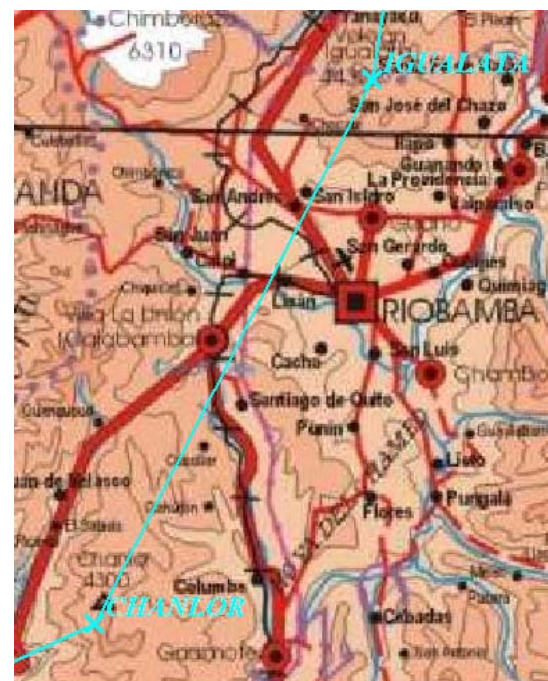


Figura. 4. 11. Enlace Igualata - Chanlor



Figura. 4. 12. Enlace Chanlor - Negro



Figura. 4. 13. Enlace Negro – San Eduardo

Una vez establecida la ruta se verificará que se están cumpliendo con las características mínimas para poder realizar un enlace de microondas en la banda de 7 – 8 GHz, el análisis se lo realiza usando el Software Radio Mobile, con los siguientes parámetros de operación característicos:

- Ganancia (dBi): 40
- Potencia de Transmisión (dBm): 23
- Banda operación (MHz): 7000 – 8000
- Altura de antenas: Entre 20 – 65 m, dependiendo del sitio

Después de introducir los sitios que formarían parte de la ruta propuesta y fijar los parámetros técnicos del enlace, las figuras a continuación muestran el perfil de cada uno de los enlaces así como los parámetros de transmisión más importantes.

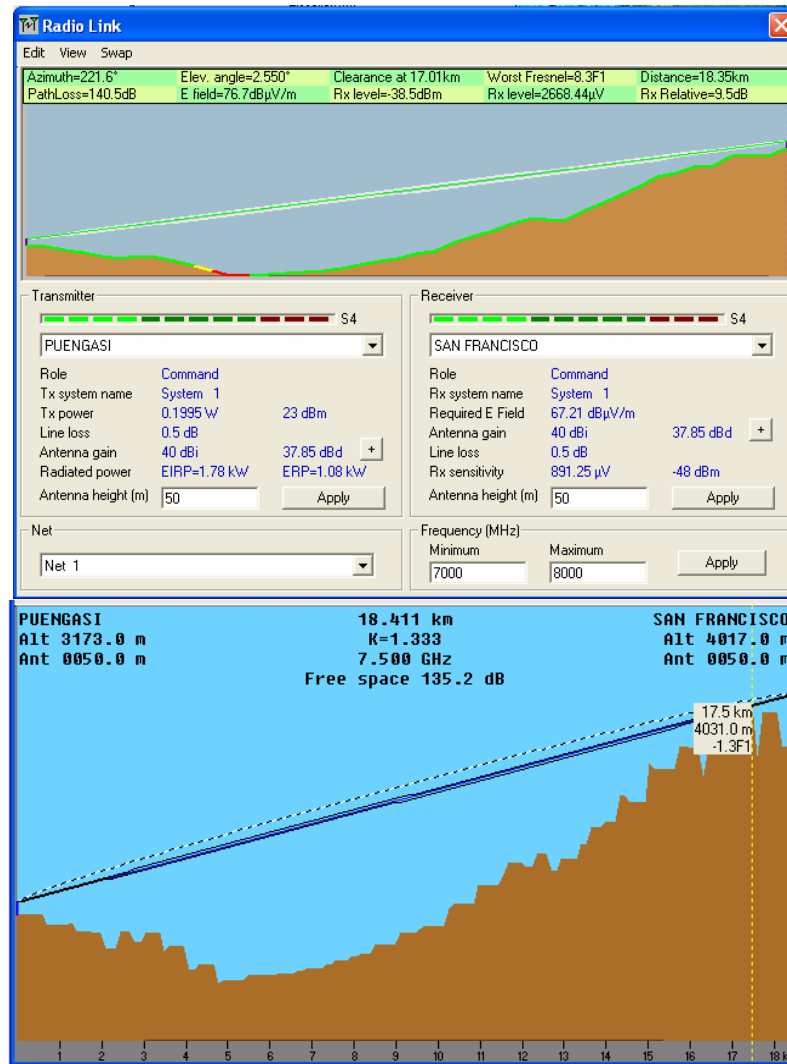


Figura. 4. 14. Enlace Cerro Puengasí – Cerro San Francisco

	PUENGASÍ	SAN FRANCISCO
<b>Elevación (m)</b>	3173	4017
<b>Latitud</b>	00°15'47.00"S	00°23'11.50"S
<b>Longitud</b>	78°30'28.00"W	78°37'02.07"W
<b>Azimuth (°)</b>	221.6	41.6
<b>Angulo Vertical (°)</b>	2.55	2.715
<b>Potencia de Transmisión (dBm)</b>	23	23
<b>Altura de Antena (m)</b>	50	50
<b>Ganancia de Antena (dBi)</b>	40	40
<b>Frecuencia (MHz)</b>	7500	
<b>Polarización</b>	Vertical	
<b>Longitud de la Trayectoria (Km)</b>	18.35	
<b>Pérdidas de Espacio Libre (dB)</b>	140.5	

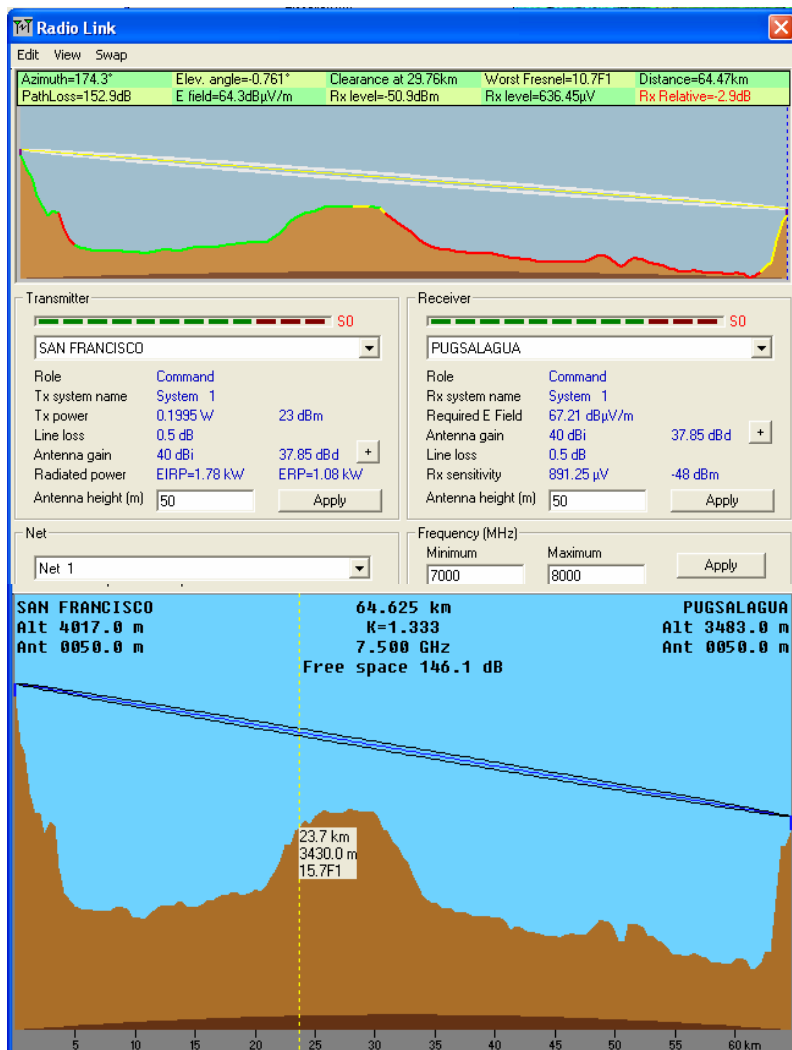


Figura. 4. 15. Enlace Cerro San Francisco – Cerro Pugsalagua

	SAN FRANCISCO	PUGSALAGUA
<b>Elevación (m)</b>	4017	3483
<b>Latitud</b>	00°23'11.50"S	00°57'49.90"S
<b>Longitud</b>	78°37'02.07"W	78°33'36.30"W
<b>Azimuth (°)</b>	173.3	354.3
<b>Angulo Vertical (°)</b>	0.761	0.187
<b>Potencia de Transmisión (dBm)</b>	23	23
<b>Altura de Antena (m)</b>	50	50
<b>Ganancia de Antena (dBi)</b>	40	40
<b>Frecuencia (MHz)</b>	7500	
<b>Polarización</b>	Vertical	
<b>Longitud de la Trayectoria (Km)</b>	64.47	
<b>Pérdidas de Espacio Libre (dB)</b>	152.9	

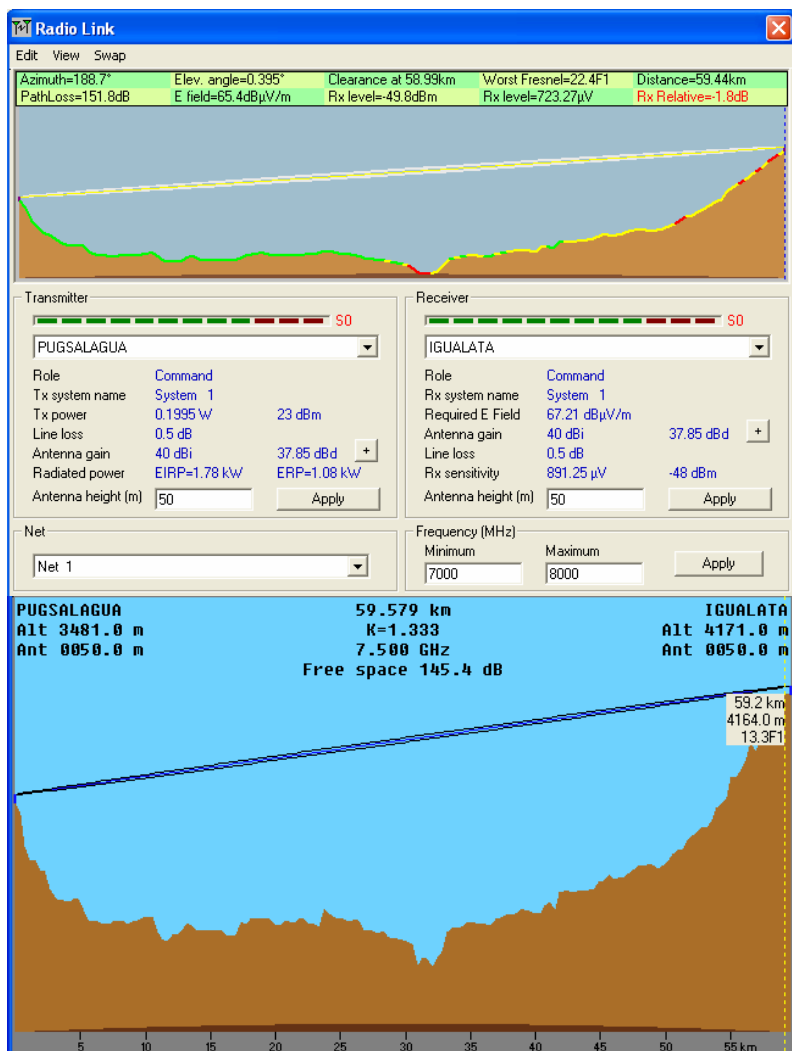


Figura. 4. 16. Enlace Cerro Pugsalagua – Cerro Igualata

	PUGSALAGUA	IGUALATA
<b>Elevación (m)</b>	3483	4171
<b>Latitud</b>	00°57'49.90"S	01°29'33.40"S
<b>Longitud</b>	78°33'36.30"W	78°38'26.10"W
<b>Azimuth (°)</b>	188.7	8.7
<b>Angulo Vertical (°)</b>	0.395	1.058
<b>Potencia de Transmisión (dBm)</b>	23	23
<b>Altura de Antena (m)</b>	50	50
<b>Ganancia de Antena (dBi)</b>	40	40
<b>Frecuencia (MHz)</b>	7500	
<b>Polarización</b>	Vertical	
<b>Longitud de la Trayectoria (Km)</b>	59.44	
<b>Pérdidas de Espacio Libre (dB)</b>	151.8	



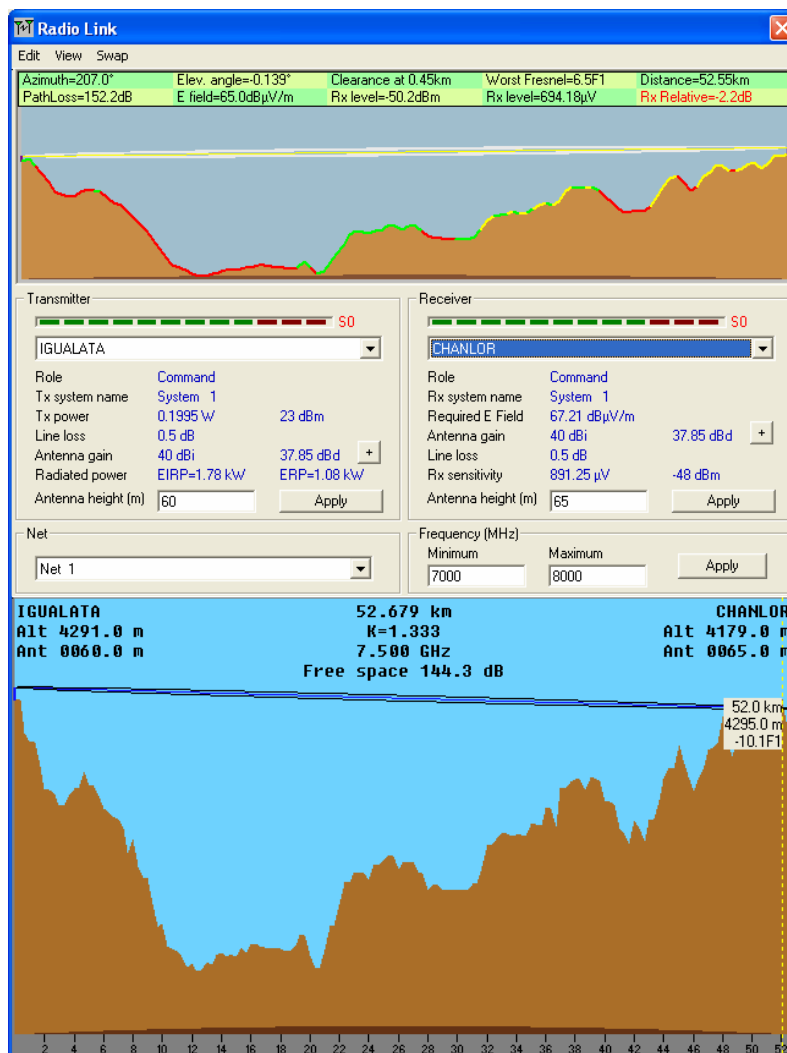


Figura. 4. 17. Enlace Cerro Igualata – Cerro Chanlor

	IGUALATA	CHANLOR
Elevación (m)	4171	4179
Latitud	01°29'33.40"S	01°54'50.00"S
Longitud	78°38'26.10"W	78°51'20.00"W
Azimuth (°)	207	27
Angulo Vertical (°)	0.139	0.120
Potencia de Transmisión (dBm)	23	23
Altura de Antena (m)	50	50
Ganancia de Antena (dBi)	40	40
Frecuencia (MHz)	7500	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (Km)	52.55	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	152.2	

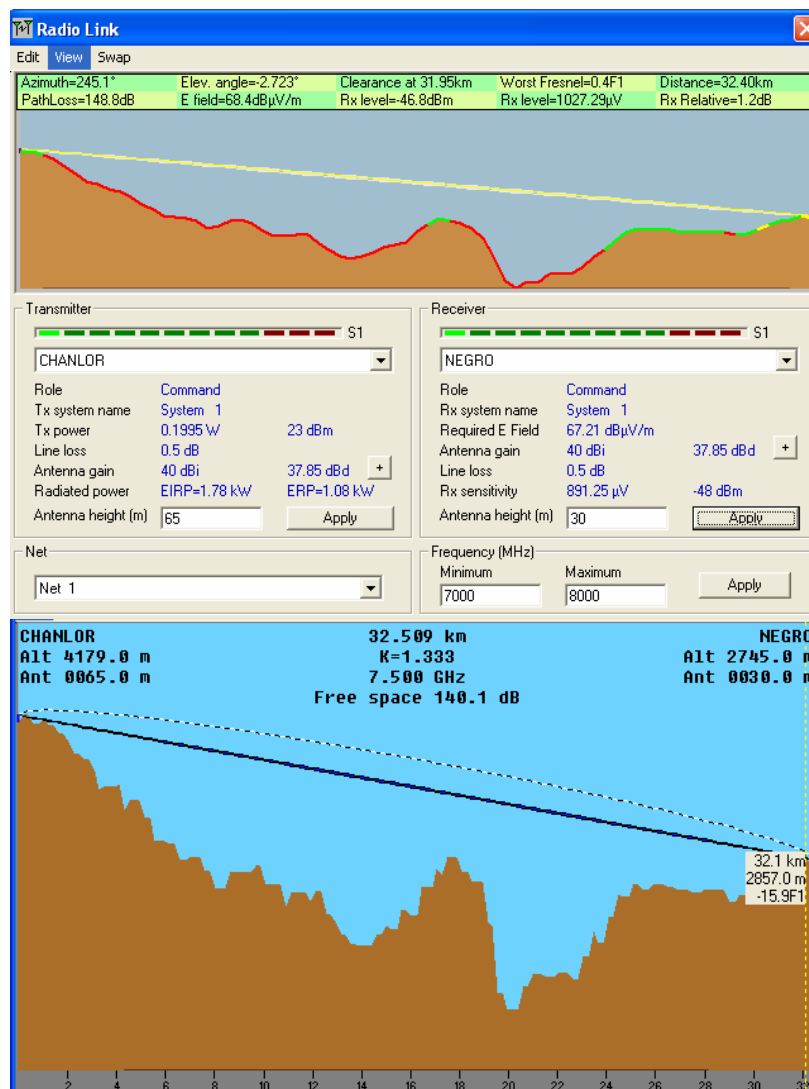


Figura. 4. 18. Enlace Cerro Chanlor – Cerro Negro

	CHANLOR	NEGRO
Elevación (m)	4179	2755
Latitud	01°54'50.00"S	02°02'12.40"S
Longitud	78°51'20.00"W	79°07'12.40"W
Azimuth (°)	245.1	65.1
Angulo Vertical (°)	2.723	2.466
Potencia de Transmisión (dBm)	23	23
Altura de Antena (m)	65	3
Ganancia de Antena (dBi)	40	40
Frecuencia (MHz)	7500	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (Km)	32.40	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	148.8	

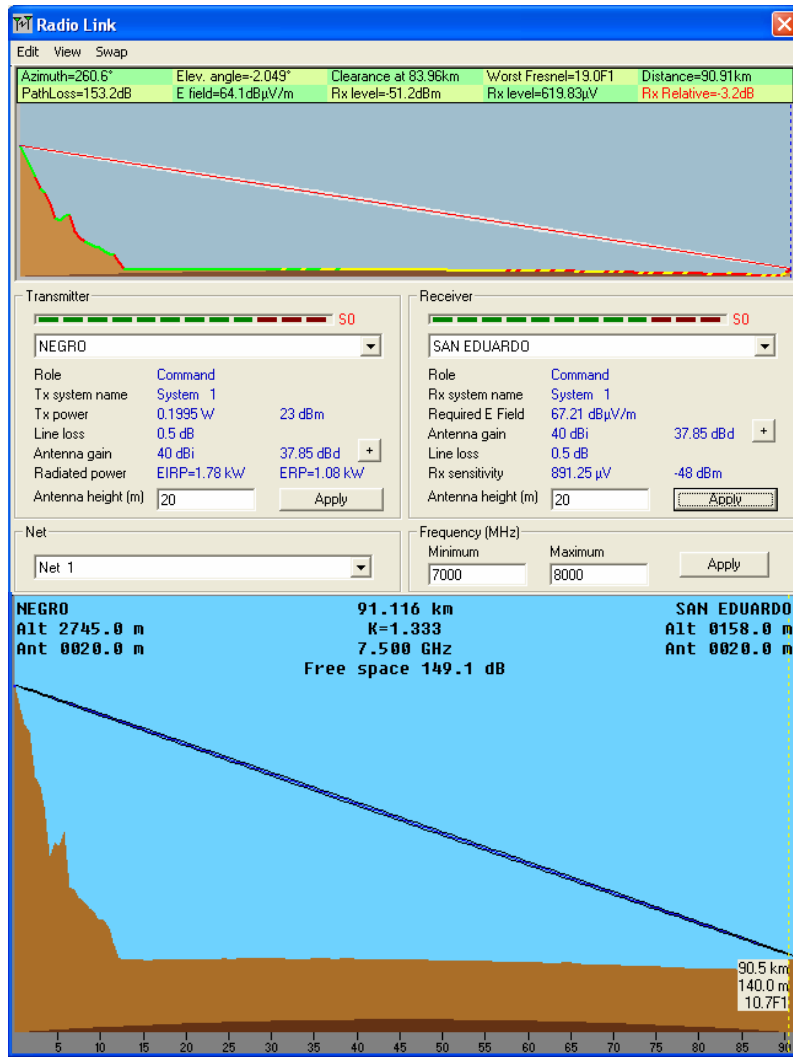


Figura. 4. 19. Enlace Cerro Negro- Cerro San Eduardo

	NEGRO	SAN EDUARDO
Elevación (m)	2755	151
Latitud	02°02'12.40"S	02°10'14.00"S
Longitud	79°07'12.40"W	79°55'39.60"W
Azimuth (°)	260.6	80.6
Angulo Vertical (°)	2.049	1.225
Potencia de Transmisión (dBm)	23	23
Altura de Antena (m)	20	20
Ganancia de Antena (dBi)	40	40
Frecuencia (MHz)	7500	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (Km)	90.91	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	153.2	

La ruta presentada resultaría eficiente ya que cumple con los requerimientos técnicos mínimos de operación de enlaces de microondas en la banda de 7-8 GHz, permitiendo la comunicación entre las ciudades de Quito y Guayaquil que presentan problemas de saturación del espectro radioeléctrico en la banda mencionada, de esta manera se ofrece una alternativa de optimización del espectro a través de su reutilización. Al contar con nuevos cerros para instalar equipos de radiocomunicaciones el porcentaje interferencias perjudiciales entre usuarios disminuye considerablemente permitiendo un desarrollo del sector de las telecomunicaciones en aplicaciones que utilicen esta banda.

Se debe tener presente que los sitios mencionados por el momento cumplen con las características técnicas apropiadas, pero no se asegura que exista accesibilidad a los mismos, lo cual constituye un aspecto muy importante al momento de pretender llevar a la práctica esta propuesta, contar con carreteras o caminos seguros que permitan llegar a los cerros, energía eléctrica para poner en operación a los equipos, entre otros son puntos que pueden ser verificados únicamente mediante visitas técnicas a los lugares, lo cual no se realizó al ser este un estudio teórico.

## CAPITULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- El espectro radioeléctrico al ser considerado como un recurso natural, de carácter limitado, que constituye un bien de dominio público, requiere una regulación prospectiva que asegure el poder enfrentar los cambios rápidos en la tecnología y servicios que se están dando.
- A través de herramientas estadísticas se a podido determinar que la disponibilidad de las bandas VHF y UHF está entre el 40-60 %, ya que son utilizadas para brindar cobertura en Servicios Fijo y Móvil Terrestre, donde solo se maneja voz y anchos de banda pequeños llegando máximo a 25 kHz. Por lo que aún se tiene disponibilidad de frecuencias para ese tipo de sistemas.
- El porcentaje de disponibilidad para enlaces radioeléctricos en bandas de frecuencias bajo 1 GHz alcanza el 96 % debido a que son usadas para brindar servicios Fijo y Móvil Terrestre con enlaces radioeléctricos de baja capacidad, donde los usuarios nacionales son pocos, por lo que no son muy solicitadas a diferencia de frecuencias mayores que son usadas especialmente en Sistemas de Telefonía Móvil.
- El número de usuarios de Telefonía Móvil es alto debido a la convergencia tecnológica que en la actualidad se está viviendo y al amplio desarrollo de los sistemas móviles a nivel mundial, estos resultados son una pauta para indicar que las frecuencias usadas para brindar este servicio se verán más afectadas debido a la demanda.

- El porcentaje de disponibilidad en bandas altas especialmente de 7-8 GHz es bastante reducido alcanzando el 4-5 % debido a que los equipos que funcionan en estas frecuencias se concentran en espacios relativamente reducidos, minorando la posibilidad de reutilización de frecuencias en la misma área debido a problemas de interferencias, lo que implica la asignación de frecuencias distintas y por ende la saturación rápida del espectro.
- La adopción de un solo plan de canalización adecuado y ordenado basado en las recomendaciones emitidas por la UIT y bajo criterios de la administración local permitirá optimizar el uso del espectro radioeléctrico.
- La optimización del espectro radioeléctrico a través de una reutilización adecuada de frecuencias traerá a largo plazo una administración más dinámica y un desarrollo del país en el sector de las Telecomunicaciones.
- Debe existir transparencia del ente Regulador en cuanto a la asignación del espectro radioeléctrico, a su disponibilidad y condiciones de asignación, haciendo que su uso sea no discriminatorio.
- El Regulador debe ser administrativamente eficiente.
- En el diseño de la nueva ruta para comunicar Quito-Guayaquil, 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, falta de accesibilidad a los cerros. Así en caso de pensar en una implementación habrá que realizar las oportunas comprobaciones, medidas y ajustes para asegurar el buen funcionamiento del sistema.
- La disposición de antenas sin obstáculos entre puntos hace totalmente garantizable el enlace. No existirán problemas de calidad de señal.
- Un factor determinante en el diseño de un enlace de microondas es la distancia, cuyo problema de falta de señal, requerirá un adecuado dimensionamiento de la

potencia del transmisor, ganancia de las antenas, reducción de pérdidas en el cable de las mismas y conocimiento de las características de propagación en la banda elegida.

- Para enlaces fijos punto a punto siempre será recomendable usar antenas de tipo direccional para que refuerce la señal en el sentido de su apuntamiento y elimine o atenúe las señales provenientes tanto laterales como posteriores.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Se propone modificar la administración del espectro, tal como actualmente se encuentra organizada con incentivos económicos para impulsar la introducción de tecnología de punta. Proveer incentivos al sector público para motivarlo a liberar espectro.
- Se sugiere tomar en cuenta la nueva ruta propuesta para comunicar a las ciudades de Quito y Guayaquil, realizando visitas técnicas a los cerros implicados con el objetivo de verificar la factibilidad de instalación de equipos de radiocomunicaciones y así poder llevar a la práctica esta propuesta de optimización del espectro radioeléctrico.
- Se invita al ente regulador del espectro en el país a la inversión en herramientas informáticas que posibiliten conseguir de manera más sencilla una administración más eficaz de este recurso, entre ellas un software que permita obtener de manera automática la disponibilidad o no de un par de frecuencias, por ejemplo, para determinado servicio, tomado en cuenta los sistemas existentes y garantizando las no interferencias y la optimización del espectro radioeléctrico.
- Es necesario cambiar la política de asignación en sistemas de coberturas para que se consideren las áreas realmente servidas por el sistema de radiocomunicaciones, dejando de lado la asignación provincial que al momento se efectúa.

- Es importante limitar y regular teóricamente los niveles de propagación principalmente en operaciones que se realizan en la banda de UHF a fin de permitir el acceso de tecnologías como CDMA 450 MHz orientadas a la aplicación en áreas rurales.
  
- Los planes de canalización así como las estadísticas de disponibilidad deberían ser documentos públicos que permitan a los usuarios proyectar el despliegue de sus sistemas.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

### Capítulo 1

- [1] Legislación Codificada, Ley Especial de Telecomunicaciones, Tomo I, Edición 2006, Corporación de Estudios y Publicaciones, Quito actualizada a enero de 2006.
- [2] Legislación Codificada, Reglamento de Radiocomunicaciones UIT, Volumen 1, Sección 1, Artículo 1, Edición 2004.
- [3] ITU, “Marco Global para las Radiocomunicaciones”, [www.itu.int/itu-news/manager/display.asp?lang=es&year=2006&issue=03&ipage=framework&ext=html](http://www.itu.int/itu-news/manager/display.asp?lang=es&year=2006&issue=03&ipage=framework&ext=html), 1 de Septiembre de 2007.
- [4] Legislación Codificada, Reglamento de Radiocomunicaciones UIT, Volumen 1, Sección 1, Artículo 5, Edición 2004.
- [5] CONATEL, “Cuadro Nacional de Bandas de Atribución de Frecuencias”, [http://www.conatel.gov.ec/website/frecuencias/texto\\_Cuadro\\_de\\_Atribucion.pdf?nomb\\_grupo=frecuencias&cod\\_nivel=n1&cod\\_cont=33](http://www.conatel.gov.ec/website/frecuencias/texto_Cuadro_de_Atribucion.pdf?nomb_grupo=frecuencias&cod_nivel=n1&cod_cont=33), 4 de Septiembre de 2007.
- [6] Legislación Codificada, Reglamento de Radiocomunicaciones UIT, Volumen 1, Sección 3, Artículo 1, Edición 2004.

### Capítulo 2

- [7] “VHF”, <http://es.wikipedia.org/wiki/VHF>, 20 de Septiembre de 2007.
- [8] Hernando Rábanos, José María, *Comunicaciones Móviles*, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, Madrid, 1997.
- [9] “UHF”, <http://es.wikipedia.org/wiki/UHF>, 20 de Septiembre de 2007.
- [10] “Redes Inalámbricas y Telefonía Móvil”, <http://www.hacienda.go.cr/centro/datos/Articulo/Redes%20inalambricas%20y%20telefon%C3%ADa%20movil.DOC>, 21 de Septiembre de 2007.
- [11] Belzunce, Sonia, “Redes Inalámbricas y Telefonía Móvil”, <http://www.hacienda.go.cr/centro/datos/Articulo/Redes%20inalambricas%20y%20telefon%C3%ADa%20movil.DOC>, 20 de Septiembre de 2007.
- [12] Cardona, Ricardo, “Sistemas Buscapersonas”, [www.monografias.com/trabajos/sisbuscapers/sisbuscapers.shtml](http://www.monografias.com/trabajos/sisbuscapers/sisbuscapers.shtml), 23 de Septiembre de 2007.
- [13] “Propagación III”, <http://espanol.geocities.com/elradioaficionado/antenas/propagacion02.htm#terres>, 1 de Octubre de 2007.

[14] “Antenas para enlaces de Microondas”, <http://aniak.uni.edu.pe/sdemicro/Cap%2006%20MW%202005-1.pdf>, 1 de Octubre de 2007.

### **Capítulo 3**

[15] “Radioenlaces Planes de Frecuencia”, [www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Radioenlaces/Planes\\_de\\_FrecuenciaV5.pdf](http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Radioenlaces/Planes_de_FrecuenciaV5.pdf), 14 de Diciembre de 2007.

[16] Recomendación UIT-R: R-REC-F.1242

[17] Recomendación UIT-R: R-REC-F.383-7

[18] Recomendación UIT-R: R-REC-F.385-8

[19] Recomendación UIT-R: R-REC-F.386-6

[20] Recomendación UIT-R: R-REC-F.636-3

[21] Recomendación UIT-R: R-REC-F.637-3

**FECHA DE ENTREGA:**

---

**SUSANA PATRICIA CABRERA ROSERO**

**AUTOR  
DE**

---

**ING. GONZALO OLMEDO**

**COORDINADOR DE LA CARRERA  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES DE LA ESPE**