

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN**

**INFORME FINAL CASO DE ESTUDIO PARA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL**

**TEMA:**

**“Estudio de las afectaciones a la calidad del servicio de radiodifusión FM; problemas, causas y soluciones, caso de estudio en la ciudad de Riobamba”**

***William Leopoldo Calvopiña Hinojosa***

**Quito – 2016**

## AUTORÍA

Yo, *William Leopoldo Calvopiña Hinojosa*, portador de la cédula de ciudadanía No. *050197374-7*, declaro bajo juramento que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y que se he respetado las diferentes fuentes de información realizando las citas correspondientes. Esta investigación no contiene plagio alguno y es resultado de un trabajo serio desarrollado en su totalidad por mi persona.

---

*William Leopoldo Calvopiña Hinojosa*

## Contenido

1.	INTRODUCCIÓN .....	5
2.	JUSTIFICACIÓN.....	6
3.	ANTECEDENTES .....	7
4.	OBJETIVOS .....	8
5.	DESARROLLO CASO DE ESTUDIO .....	9
5.1	<b>ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL .....</b>	<b>9</b>
5.1.1	<b>Tipo de estación radiodifusora FM .....</b>	<b>9</b>
5.1.2	<b>Mediciones de nivel de intensidad de campo eléctrico .....</b>	<b>12</b>
5.1.3	<b>Mediciones de ancho de banda .....</b>	<b>16</b>
5.1.4	<b>Parámetros técnicos medidos en los enlaces auxiliares .....</b>	<b>19</b>
5.1.5	<b>Inspecciones.....</b>	<b>23</b>
5.2	<b>ANÁLISIS DE LAS CAUSAS DE LAS AFECTACIONES A LA CALIDAD DE SEÑAL FM ..</b>	<b>24</b>
5.2.1	<b>Ubicación de los transmisores .....</b>	<b>24</b>
5.2.1.1	<b>Cerro La Mira .....</b>	<b>25</b>
5.2.1.2	<b>Cerro Bazán .....</b>	<b>26</b>
5.2.1.3	<b>Cerro Zalarón .....</b>	<b>27</b>
5.2.1.4	<b>Cerro Loma Santa Vela .....</b>	<b>28</b>
5.2.1.5	<b>Cerro San Guisel Alto.....</b>	<b>29</b>
5.2.1.6	<b>Cerro Hignug Cacha o Amulá Grande.....</b>	<b>30</b>
5.2.1.7	<b>Análisis de la incidencia de la ubicación geográfica de los transmisores .....</b>	<b>31</b>
5.2.2	<b>Instalaciones y equipos utilizados.....</b>	<b>38</b>
5.2.3	<b>Sistema radiante.....</b>	<b>43</b>
5.2.3.1	<b>Antenas .....</b>	<b>44</b>
5.2.3.2	<b>Polarización.....</b>	<b>45</b>
5.2.3.3	<b>Patrón de radiación .....</b>	<b>46</b>
5.2.3.4	<b>Directividad.....</b>	<b>47</b>
5.2.3.5	<b>Inclinación del haz o TILT.....</b>	<b>48</b>
5.2.3.6	<b>Azimut .....</b>	<b>49</b>
5.2.3.7	<b>Ganancia .....</b>	<b>50</b>
5.2.3.8	<b>Análisis de la configuración técnica de las antenas.....</b>	<b>50</b>
5.2.4	<b>Potencia en los transmisores FM .....</b>	<b>58</b>
5.2.5	<b>Problemas puntuales de interferencia .....</b>	<b>60</b>
5.2.5.1	<b>Interferencia de canal adyacente.....</b>	<b>61</b>

5.2.5.2	Interferencia cocanal.....	63
5.2.5.3	Armónicos.....	66
5.2.5.4	Intermodulaciones.....	70
5.2.6	Características de los enlaces radioeléctricos auxiliares.....	74
5.2.6.1	Potencia del transmisor de enlace.....	76
5.2.6.2	Antenas.....	77
5.2.6.3	Ubicación.....	78
5.2.6.4	Nivel de recepción.....	81
5.2.6.5	Interferencias en los enlaces auxiliares.....	81
5.2.6.6	Análisis y simulación de la cobertura.....	84
5.2.7	Análisis de la Normativa.....	90
5.3	ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE LA COBERTURA FM EN RIOBAMBA.....	93
5.4	SOLUCIONES PROPUESTAS.....	105
5.4.1	Ubicación de los transmisores.....	105
5.4.2	Instalaciones y equipos utilizados.....	105
5.4.3	Sistema radiante.....	106
5.4.3.1	Antenas, ganancia y polarización.....	106
5.4.3.2	Patrón de radiación y directividad.....	107
5.4.3.3	Azimut e inclinación del haz (TILT).....	107
5.4.4	Potencia en los transmisores FM.....	108
5.4.5	Problemas de interferencia.....	108
5.4.6	Problemas del enlace auxiliar.....	109
5.4.7	Análisis de la Normativa.....	109
5.4.8	Resumen.....	111
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	112
	BIBLIOGRAFÍA:.....	113
	ANEXOS.....	114

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo denominado “ESTUDIO DE LAS AFECTACIONES A LA CALIDAD DEL SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN FM; PROBLEMAS, CAUSAS Y SOLUCIONES, CASO DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA”, contiene un análisis del estado actual del servicio de radiodifusión FM en la ciudad de Riobamba, para identificar los problemas que afectan su eficiencia y calidad, reconocer las causas que los generan y concretar propuestas puntuales para su solución.

Para determinar el estado actual del servicio de radiodifusión FM, inicialmente se analizan resultados de mediciones del espectro radioeléctrico y la recepción de las estaciones de radio, considerando: las características técnicas de funcionamiento, los problemas puntuales de interferencia que afectan su desempeño y la normativa aplicada para su regulación.

Las mediciones de las señales de radiodifusión FM se realizaron sobre dos parámetros fundamentales: el ancho de banda y el nivel de intensidad de campo eléctrico recibido, que fueron realizadas con la Estación Remota Transportable-ERT scd-I01 y con la Estación Móvil EM sct-I01, del Sistema Automático de Control del Espectro Radioeléctrico - SACER, facilitado por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.

Posteriormente se analiza la incidencia de las características técnicas de funcionamiento del servicio de radiodifusión FM, específicamente el sistema de transmisión (equipo transmisor y sistema radiante), para especificar sus ventajas y limitaciones. Este análisis incluye: ubicación de los transmisores, especificaciones de antenas y equipos utilizados, potencia en los transmisores, pérdidas e interferencias y el estado del enlace auxiliar.

La normativa vigente es una consideración indispensable para orientar el objeto de este caso de estudio, pues sin duda, es la base de comparación para cualquier análisis. El perfeccionamiento de los resultados esperados, depende de su correcta formulación, interpretación y aplicación.

Concluido el proceso de análisis mencionado anteriormente, estableciendo la relación causa – efecto de las afectaciones en el servicio de radiodifusión FM, finalmente se definen algunas propuestas puntuales para su solución, aplicables en el entorno escogido para el caso de estudio, pero útil para cualquier zona de cobertura de radiodifusión, y ciertamente para otros tipos de servicios inalámbricos que utilizan el espectro radioeléctrico.

## 2. JUSTIFICACIÓN

En cuanto al servicio de radiodifusión FM, se han desarrollado sin duda, varios estudios a nivel mundial, nacional, regional y local, por la gran importancia de este servicio de comunicación masiva, entre ellos: estudios de diseño de una radiodifusora FM, estudio de emisiones no ionizantes emitidas por estaciones transmisoras de radio y televisión, diseño de un sistema para detección de interferencias electromagnéticas en la banda FM, análisis de la estandarización y regulación para la migración del sistema de radio analógico al digital, etc.

Entre los estudios a nivel nacional, relacionados con la calidad del servicio de radiodifusión FM, se pueden mencionar: Determinación de la calidad de los parámetros de transmisión de las estaciones de radiodifusión FM que sirven a Quito y zonas aledañas – EPN [1], Estandarización de los parámetros técnicos de operación de las estaciones de Radiodifusión FM con cobertura en la provincia de Pichincha - ESPE [2], Diagnóstico de la situación actual de los servicios de radio y televisión, y planteamiento de soluciones técnicas para las irregularidades de mayor incidencia – U CUENCA [3].

El presente estudio pretende ofrecer una visión clara y concisa de la realidad actual de la radiodifusión FM en la ciudad de Riobamba, resumida como la baja calidad de la señal recibida por los oyentes. Considerando que es resultado de varios problemas, como bajo nivel de señal, exceso de ancho de banda, problemas en el enlace auxiliar, sistemas de transmisión mal ubicados, o mal configurados, y equipos con grandes pérdidas, resulta indispensable identificar el origen de las afectaciones que sufre, al buscar definir las propuestas puntuales para su solución.

Siendo así, un estudio de gran importancia, no sólo por reflejar datos actualizados y precisos, que servirán de fundamento para futuros estudios, sino por concretar soluciones específicas a los problemas encontrados, pudiendo aportar con el mejoramiento de la calidad del servicio de radiodifusión FM en la ciudad de Riobamba, y dejando una guía, tanto para los radiodifusores, como para los organismos de regulación y control.

### **3. ANTECEDENTES**

El continuo avance de la ciencia y tecnología acarrea siempre consigo, el desarrollo en todos los campos de estudio, igualmente ocurre con las telecomunicaciones, donde principalmente se busca el mejoramiento en la calidad de servicio y la optimización de recursos. Los lineamientos a seguir para conseguirlo deben acoplarse a las nuevas exigencias.

En sus inicios, la banda asignada para la radiodifusión FM fue de 42 a 50 MHz, posteriormente y luego de un reajuste completo del espectro radioeléctrico, fue modificada a la banda de 88 a 108 MHz, en donde se ha mantenido hasta la actualidad. Este cambio, no obstante, implicó el incremento de la potencia mínima de transmisión y de las pérdidas por propagación. [4]

La normativa vigente en el Ecuador es la Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada Analógica, está basada en las recomendaciones de la UIT, y su objetivo es establecer las condiciones técnicas de operación para las estaciones de radiodifusión FM en el país. [5]

La proliferación de estaciones radiodifusoras, la necesidad de mayor cobertura, la inadecuada administración del espectro, el retraso en la legislación respecto al desarrollo tecnológico, entre otros, han causado afectaciones a la calidad de servicio que recibe el usuario final.

El análisis de la calidad del servicio de radiodifusión FM será, invariablemente, un importante requerimiento para el continuo desarrollo de las Telecomunicaciones, y un sustancial aporte para el control eficaz de las estaciones radiantes y de los sistemas de transmisión en general.

## **4. OBJETIVOS**

### ***OBJETIVO GENERAL:***

Especificar las causas y soluciones a los problemas en la calidad de servicio de radiodifusión FM en la ciudad de Riobamba.

### ***OBJETIVOS ESPECÍFICOS:***

1. Analizar el estado actual del servicio de radiodifusión FM en la ciudad de Riobamba, y determinar los problemas específicos.
2. Descubrir el origen de las afectaciones al servicio de radiodifusión FM en la ciudad de Riobamba.
3. Definir propuestas específicas para solucionar los problemas encontrados, que permitan mejorar la calidad de servicio de la radiodifusión en frecuencia modulada.

## 5. DESARROLLO CASO DE ESTUDIO

### 5.1 ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL

Para determinar el estado actual de las estaciones de radiodifusión FM, se analizaron y realizaron los siguientes procedimientos:

- Determinación del tipo de estación.
- Mediciones de Intensidad de campo mediante drive test.
- Mediciones de ancho de banda de las frecuencias de operación FM.
- Análisis de parámetros técnicos de los enlaces auxiliares de radiodifusión.
- Realización de inspecciones en las ubicaciones de los transmisores de las estaciones que sirven a Riobamba.

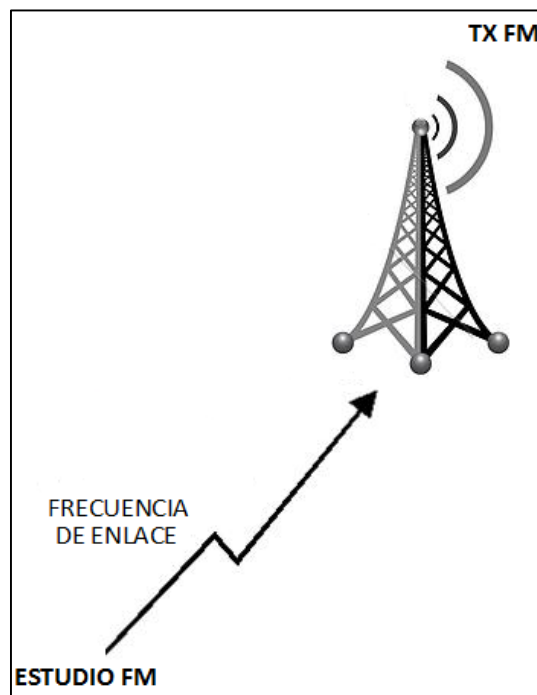
#### 5.1.1 Tipo de estación radiodifusora FM

Según el tipo de estación de radiodifusión FM, se debe considerar:

- Estación Matriz

La señal se transmite del estudio al transmisor, en la frecuencia de enlace concedida, y del transmisor a su área de cobertura autorizada, en la frecuencia FM asignada.

**Figura 5.1-1** Escenario de una estación radiodifusora FM matriz.

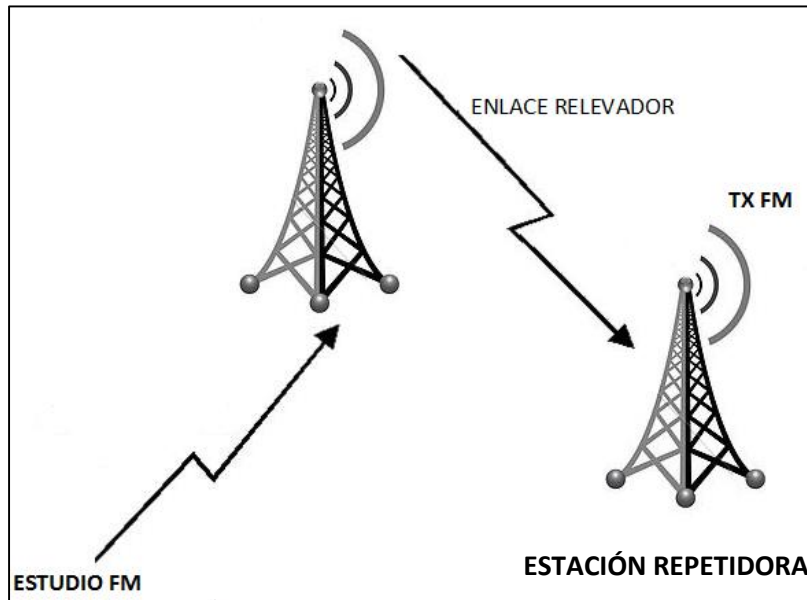


*Realizado por:* Calvopiña, W. 2016.

- Estación Repetidora

La estación radiodifusora FM recibe la programación de la estación matriz, en la frecuencia de enlace relevador concedida, y la transmite simultáneamente en su área de cobertura asignada.

**Figura 5.1-2** Escenario de una estación radiodifusora FM repetidora.

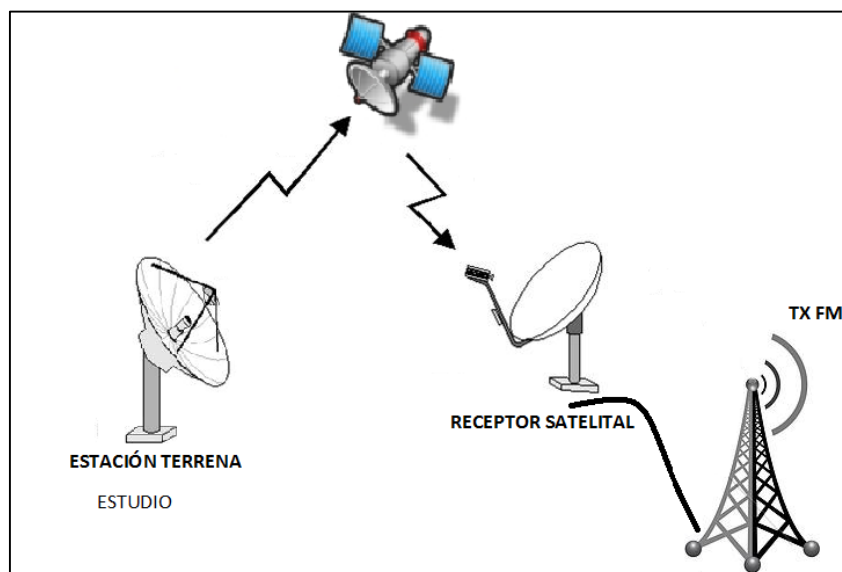


**Realizado por:** Calvopiña, W. 2016.

- Estación Satelital

La señal se transmite del estudio al satélite, del satélite al sitio de ubicación del transmisor FM, y del transmisor FM a su área de cobertura autorizada, en la frecuencia FM asignada.

**Figura 5.1-3** Escenario de una estación radiodifusora FM satelital.



**Realizado por:** Calvopiña, W. 2016.

En la búsqueda de mejorar un sistema, es indispensable conocer el estado en el que se encuentra, tanto para identificar sus fortalezas, debilidades, analizar sus características específicas, como para aplicar apropiadamente los cambios que permitan corregir los problemas y fortalecer los aciertos que generen una correcta transmisión de las ondas electromagnéticas que llegan al usuario final.

Las estaciones de radiodifusión FM tomadas en cuenta para el estudio se detallan a continuación: ordenadas ascendentemente por su frecuencia central, detallando el nombre de la estación, si la estación es matriz (M), repetidora (R), o repetidora con enlace satelital (Rs), la ciudad de cobertura principal autorizada, la ciudad donde se encuentran sus estudios, y el cerro donde se ubica su transmisor.

**Tabla 5.1-1** Estaciones de radiodifusión FM en Riobamba.

N°	Estación de radiodifusión FM (MHz)	Nombre de la Estación	Tipo de estación	COBERTURA (Ciudad Principal)	Ciudad Estudios	Cerro de ubicación de transmisor
1	88,1	RADIO PUBLICA	Rs	RIOBAMBA	QUITO	HIGNUG CACHA
2	88,5	ROMANCE 88.5 FM	R	RIOBAMBA	AMBATO	HIGNUG CACHA
3	88,9	RUMBA STEREO FM	R	RIOBAMBA	AMBATO	HIGNUG CACHA
4	89,3	RIOBAMBA STEREO	M	RIOBAMBA	RIOBAMBA	HIGNUG CACHA
5	89,7	GENIAL EXA FM	R	RIOBAMBA	QUITO	HIGNUG CACHA
6	90,1	SULTANA FM	M	RIOBAMBA	RIOBAMBA	HIGNUG CACHA
7	90,5	STEREO MUNDO KDM	M	RIOBAMBA	RIOBAMBA	HIGNUG CACHA
8	91,3	CARACOL FM STEREO	R	RIOBAMBA	AMBATO	HIGNUG CACHA
9	91,7	ESCUELAS RADIOFÓNICAS POPULARES	M	RIOBAMBA	RIOBAMBA	HIGNUG CACHA
10	92,1	FANTÁSTICA 92.1 FM	M	RIOBAMBA	RIOBAMBA	HIGNUG CACHA
11	92,5	HOLA FM STEREO	R	RIOBAMBA	AMBATO	HIGNUG CACHA
12	92,9	SISTEMA 2 FM	M	RIOBAMBA	RIOBAMBA	BAZÁN
13	93,3	SÚPER ESTEREO FM	M	RIOBAMBA	RIOBAMBA	HIGNUG CACHA
14	93,7	BONITA FM	R	RIOBAMBA	AMBATO	HIGNUG CACHA
15	94,1	RADIO CULTURAL	R	RIOBAMBA	AMBATO	LA MIRA
16	94,5	CANELA RADIO CORP 94.5 CHIMBORAZO	M	GUANO, RIOBAMBA	GUANO	HIGNUG CACHA
17	95,3	STEREO BUENAS NUEVAS	M	RIOBAMBA	RIOBAMBA	HIGNUG CACHA
18	95,7	RIO 95.7	M	RIOBAMBA	RIOBAMBA	HIGNUG CACHA
19	96,1	MUNDIAL FM	M	RIOBAMBA	RIOBAMBA	HIGNUG CACHA
20	96,5	SOL 96	M	RIOBAMBA	RIOBAMBA	HIGNUG CACHA
21	96,9	AMOR FM STEREO	R	RIOBAMBA	AMBATO	HIGNUG CACHA
22	97,3	J.C. RADIO	Rs	RIOBAMBA	QUITO	HIGNUG CACHA
23	97,7	TRICOLOR FM	M	RIOBAMBA	RIOBAMBA	HIGNUG CACHA
24	98,5	ALEGRÍA FM	R	RIOBAMBA	AMBATO	HIGNUG CACHA
25	98,9	HOLA FM	M	RIOBAMBA	RIOBAMBA	HIGNUG CACHA
26	99,7	PUNTUAL FM	M	RIOBAMBA	RIOBAMBA	HIGNUG CACHA
27	100,1	EL BUEN SEMBRADOR	M	SAN GUISEL ALTO	SAN GUISEL ALTO	SAN GUISEL ALTO
28	100,9	LA VOZ DEL VOLCÁN	M	PENIPE, RIOBAMBA	PENIPE	LOMA SANTA VELA

Continúa...

N°	Estación de radiodifusión FM (MHz)	Nombre de la Estación	Tipo de estación	COBERTURA (Ciudad Principal)	Ciudad Estudios	Cerro de ubicación de transmisor
29	101,3	<b>TERNURA FM</b>	M	RIOBAMBA	RIOBAMBA	HIGNUG CACHA
30	101,7	<b>LA VOZ DE LA AIIECH</b>	M	RIOBAMBA, VILLA LA UNIÓN	RIOBAMBA	HIGNUG CACHA
31	102,1	<b>LATINA FM</b>	M	RIOBAMBA	RIOBAMBA	HIGNUG CACHA
32	102,5	<b>CUMBRE FM</b>	M	RIOBAMBA	RIOBAMBA	ZALARÓN
33	102,9	<b>SENSACIÓN STEREO</b>	R	RIOBAMBA	GUAMOTE	HIGNUG CACHA
34	103,7	<b>SONORAMA FM</b>	Rs	RIOBAMBA	QUITO	HIGNUG CACHA
35	104,1	<b>MARÍA</b>	Rs	RIOBAMBA	QUITO	HIGNUG CACHA
36	104,5	<b>PAZ Y BIEN</b>	R	RIOBAMBA	AMBATO	HIGNUG CACHA
37	104,9	<b>FUTURA</b>	M	RIOBAMBA	RIOBAMBA	HIGNUG CACHA
38	105,3	<b>LA RADIO DE LA ASAMBLEA NACIONAL</b>	Rs	RIOBAMBA	QUITO	HIGNUG CACHA
39	105,7	<b>CATÓLICA NACIONAL FM</b>	M	RIOBAMBA	RIOBAMBA	HIGNUG CACHA
40	106,1	<b>ANDINA FM</b>	M	RIOBAMBA	RIOBAMBA	HIGNUG CACHA
41	106,9	<b>PANAMERICANA FM</b>	R	RIOBAMBA	QUERO	HIGNUG CACHA
42	107,3	<b>STEREO FAMILIAR</b>	M	RIOBAMBA	RIOBAMBA	HIGNUG CACHA

*Realizado por:* Calvopiña, W. 2016. Sobre la base de información oficial proporcionada por ARCOTEL.

Es necesario indicar que de acuerdo a la Normativa vigente, todas las estaciones citadas tienen como área de cobertura principal los cantones: Riobamba, Guano, Chambo y Colta.

### 5.1.2 Mediciones de nivel de intensidad de campo eléctrico

Para verificar la cobertura del servicio, se realizó la medición de intensidad de campo eléctrico generado por cada estación de radiodifusión FM en la ciudad de Riobamba, con el método de drive test, utilizando la Estación Móvil (EM) sct-I01 del Sistema Automático de Control del Espectro Radioeléctrico (SACER) perteneciente a la ARCOTEL.

*Figura 5.1-4 Estación EM sct-I01 del SACER.*



*Fuente.- Fotografías EM del SACER.*

La NORMA TÉCNICA PARA EL SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN SONORA EN FRECUENCIA MODULADA ANALÓGICA Resolución No. ARCOTEL-2015-00061 del 8 de mayo de 2015, define los valores establecidos para áreas de cobertura principal y secundaria; para analizar los resultados de la medición de intensidad de campo eléctrico, se ha asignado el siguiente código de colores:

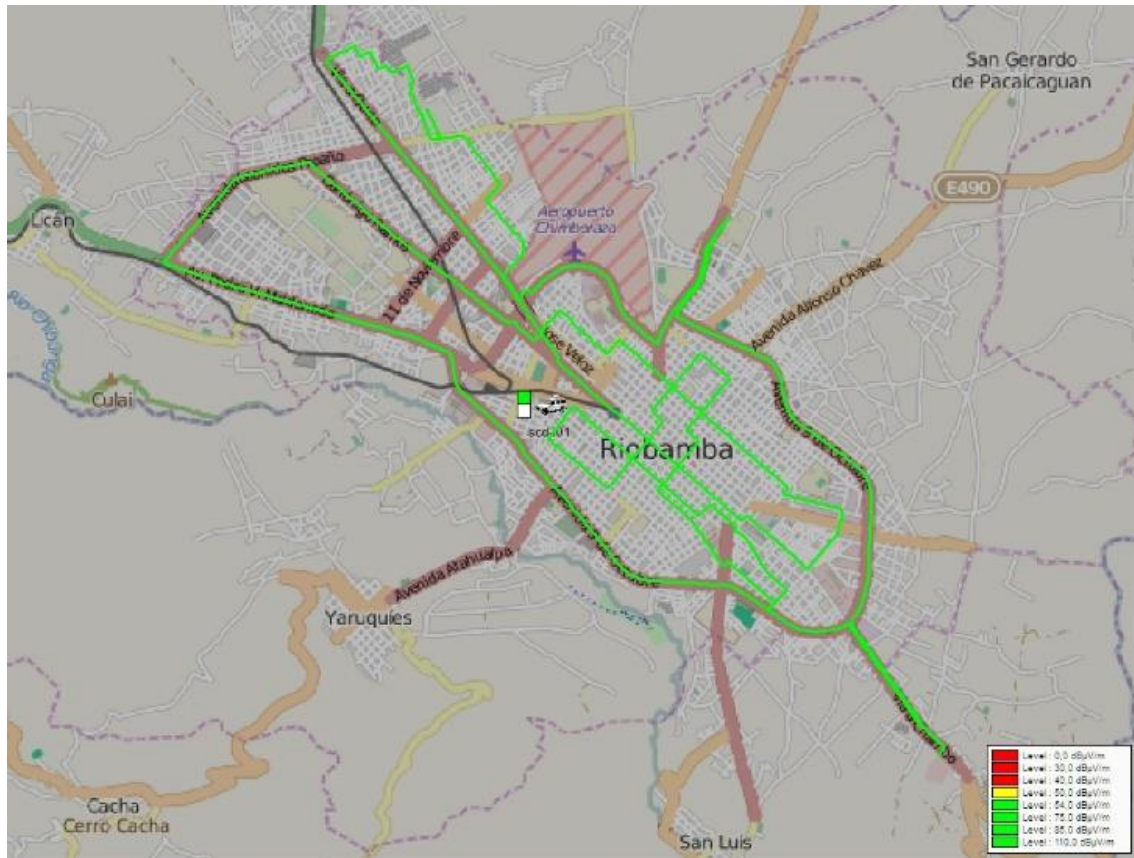
**Tabla 5.1-2 Rangos de cobertura FM.**

	Rango en (dBµV/m)	Color asignado
Área de cobertura principal	Medición $\geq$ 54	Verde
Área de cobertura secundaria	$50 \leq$ Medición $<$ 54	Amarillo
Fuera de cobertura	Medición $<$ 50	Rojo

*Realizado por: Calvopiña, W. 2016.*

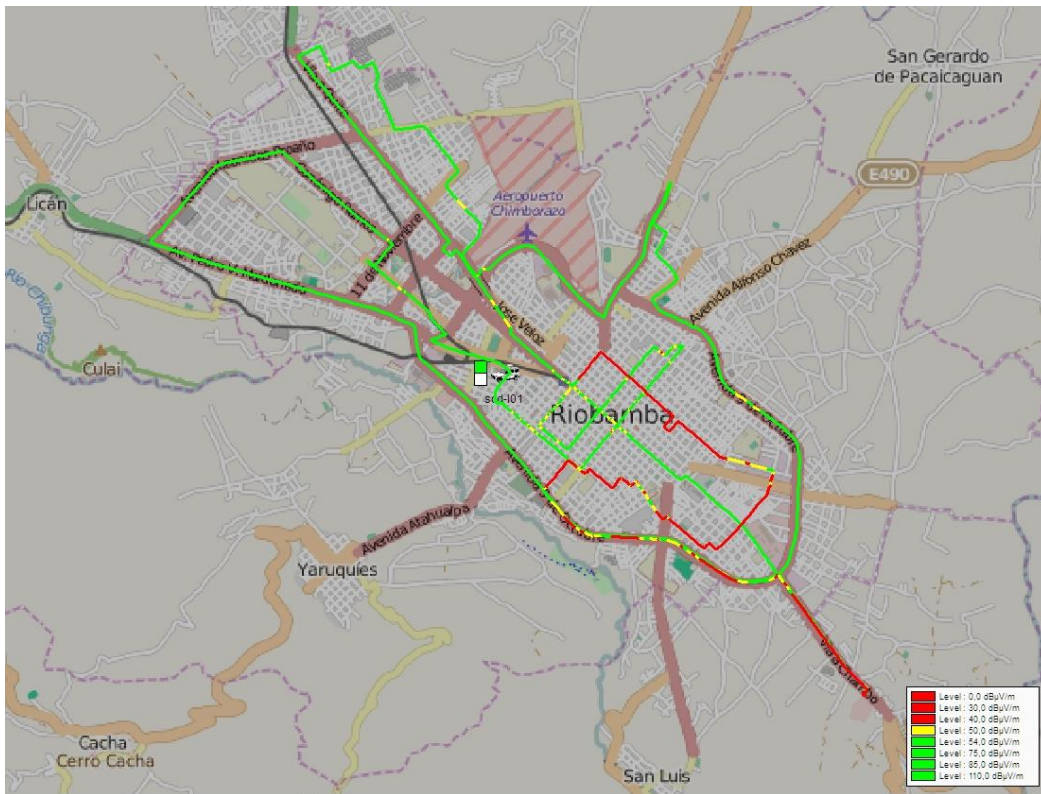
Una muestra de los resultados gráficos de la medición de intensidad de campo eléctrico realizado en todas las radiodifusoras FM en la ciudad de Riobamba se aprecian en el **Anexo 1**, representados tanto en MapView como en Google Earth. A manera de ejemplo, los resultados de medición de las frecuencias 88,1 MHz y 98,9 MHz, se definen gráficamente de la siguiente manera:

**Figura 5.1-5** Cobertura de la frecuencia 88,1 MHz visualizada en MapView, valores correctos de acuerdo con la Norma Técnica FM.



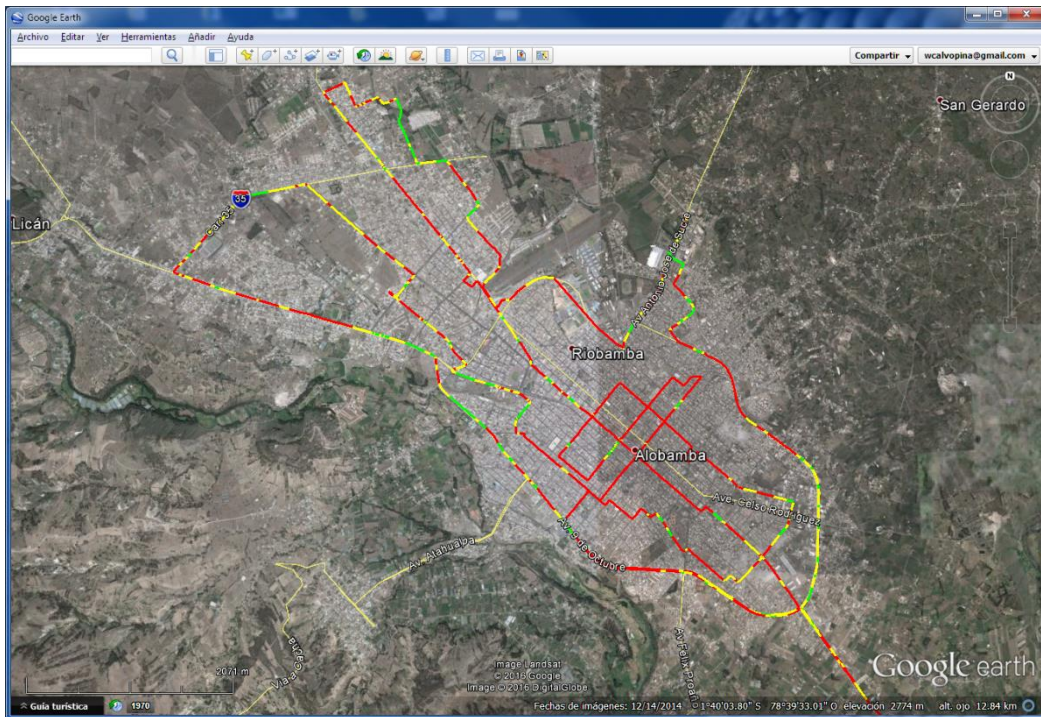
*Fuente: MapView vinculado al SACER.*

**Figura 5.1-6** Cobertura de la frecuencia 100,9 MHz visualizada en MapView con valores correspondientes a zonas de cobertura primaria, secundaria y fuera de cobertura de acuerdo con la Norma Técnica FM.



**Fuente:** MapView vinculado al SACER.

**Figura 5.1-7** Cobertura de la frecuencia 100,1 MHz visualizada en Google Earth con valores inferiores a las zonas de cobertura primaria o secundaria, es decir se encuentra fuera de cobertura de acuerdo con la Norma Técnica FM.



**Fuente:** Google Earth vinculado al SACER.

En la siguiente tabla se resumen las muestras obtenidas en la medición de intensidad de campo eléctrico de todas las radiodifusoras FM en la ciudad de Riobamba.

**Tabla 5.1-3** Resultados de medición de intensidad de campo eléctrico de las radiodifusoras FM en Riobamba.

Estación de radiodifusión FM (MHz)	Promedio Intensidad de Campo (dBuV/m)	Cantidad de Muestras					
		Cobertura Principal (número de muestras)	Porcentaje Cobertura Principal (%)	Cobertura Secundaria (número de muestras)	Porcentaje Cobertura Secundaria (%)	Fuera de Cobertura (número de muestras)	Porcentaje Fuera de Cobertura (%)
88,1	83,7	2291	100	0	0	0	0
88,5	52,0	1734	75,69	298	13,00	259	11,31
88,9	62,2	2291	100	0	0	0	0
89,3	72,0	2291	100	0	0	0	0
89,7	71,9	2291	100	0	0	0	0
90,1	60,9	2291	100	0	0	0	0
90,5	70,7	2291	100	0	0	0	0
91,3	53,8	1914	83,54	160	6,98	217	9,47
91,7	84,4	2291	100	0	0	0	0
92,1	86,6	2291	100	0	0	0	0
92,5	63,7	2291	100	0	0	0	0
92,9	46,3	2244	97,95	46	2,01	1	0,04
93,3	63,1	2291	100	0	0	0	0
93,7	51,2	1696	71,89	403	17,08	260	11,02
94,1	46,4	1626	71,0	565	24,7	100	4,4
94,5	88,2	2291	100	0	0	0	0
95,3	80,2	2291	100	0	0	0	0
95,7	75,3	2291	100	0	0	0	0
96,1	78,2	2291	100	0	0	0	0
96,5	82,4	2291	100	0	0	0	0
96,9	49,6	1978	86,34	272	11,87	41	1,79
97,3	68,5	2291	100	0	0	0	0
97,7	86,1	2291	100	0	0	0	0
98,5	57,0	2563	100	0	0	0	0
98,9	52,69	2151	83,93	372	14,51	40	1,56
99,7	53,56	1885	73,55	530	20,68	148	5,77
100,1	49,09	245	9,56	722	28,17	1596	62,27
100,9	52,92	1902	74,21	302	11,78	359	14,01
101,3	53,51	2346	91,53	217	8,47	0	0
101,7	77,42	2563	100	0	0	0	0
102,1	82,92	2563	100	0	0	0	0
102,5	51,40	2145	83,69	286	11,16	132	5,15
102,9	74,84	2563	100	0	0	0	0
103,7	58,80	2563	100	0	0	0	0
104,1	67,24	2563	100	0	0	0	0
104,5	78,93	2563	100	0	0	0	0
104,9	65,57	2563	100	0	0	0	0
105,3	81,32	2563	100	0	0	0	0
105,7	79,53	2563	100	0	0	0	0
106,1	77,81	2563	100	0	0	0	0
106,9	51,48	2306	89,97	235	9,17	22	0,86
107,3	79,18	2563	100	0	0	0	0

Realizado por: Calvopiña, W. 2016.

De acuerdo con las mediciones de intensidad de campo eléctrico en el perímetro urbano de la ciudad de Riobamba, considerando 42 radiodifusoras, se aprecia que:

- 29 estaciones de radiodifusión FM, es decir, el 69% de las radiodifusoras, operan normalmente y cumplen con los valores establecidos para áreas de cobertura principal.
- 12 estaciones de radiodifusión FM, es decir, el 29% de las radiodifusoras, operan con un nivel de intensidad de campo eléctrico bajo, existen valores correspondientes a zona de cobertura secundaria e incluso fuera de cobertura.
- 1 estación de radiodifusión FM, es decir, el 2% de las radiodifusoras, se encuentra fuera de cobertura. Se trata de la radiodifusora denominada EL BUEN SEMBRADOR – 100,1 MHz, pues el 62,27% de los valores obtenidos tienen un valor promedio de 49,09(dB $\mu$ V/m), valor inferior a los valores establecidos para áreas de cobertura principal y secundaria.

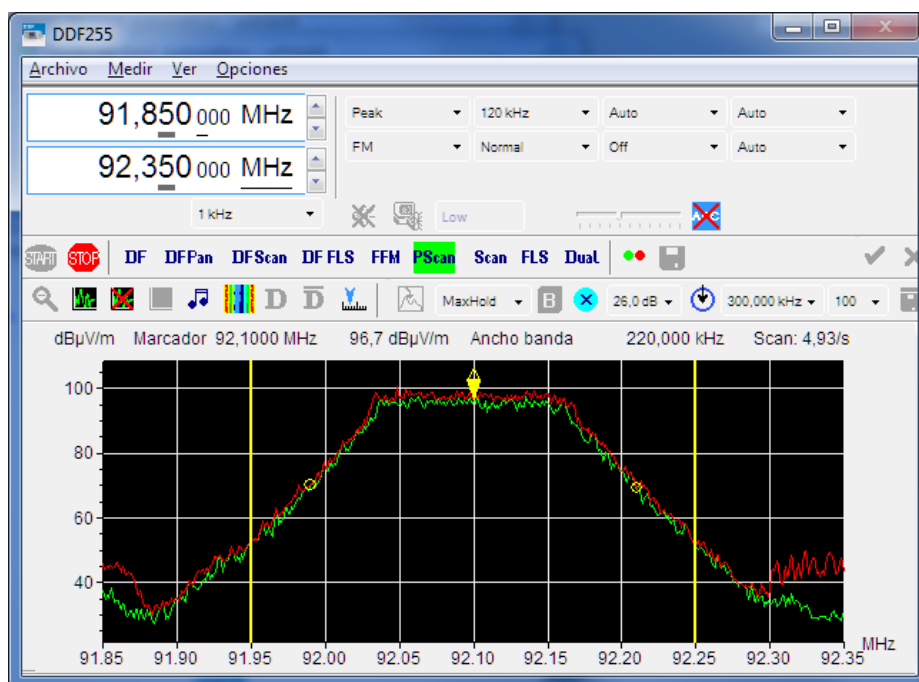
### 5.1.3 Mediciones de ancho de banda

En cuanto a la medición de ancho de banda de cada estación de radiodifusión FM en la ciudad de Riobamba, para verificar su estado de funcionamiento, y el cumplimiento de la normativa, se utilizó la Estación Remota Transportable-ERT scd-I01 del SACER.

La NORMA TÉCNICA PARA EL SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN SONORA EN FRECUENCIA MODULADA ANALÓGICA, define que el ancho de banda para sistemas estereofónicos es de 220 kHz con un 5% de tolerancia, es decir, máximo 231 kHz.

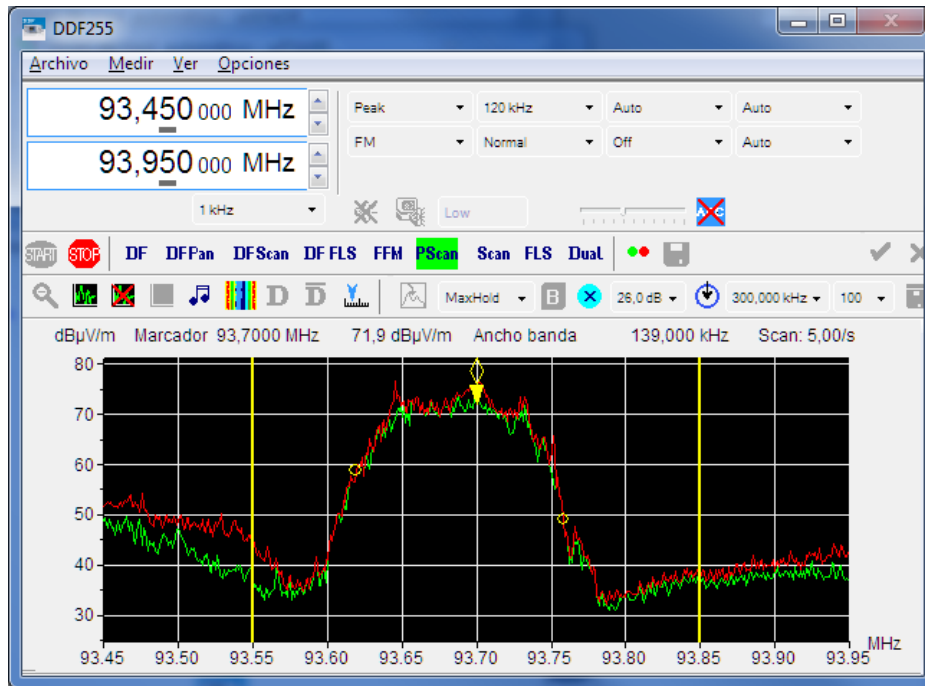
Las mediciones de ancho de banda de todas las radiodifusoras FM en la ciudad de Riobamba se aprecian en el **Anexo 2**. A manera de ejemplo, el resultado de medición de la frecuencia 88,1 MHz, 93,7 MHz y 102,5 MHz se presentan de la siguiente manera:

**Figura 5.1-8** Ancho de banda de 88,1 MHz, valor correcto.



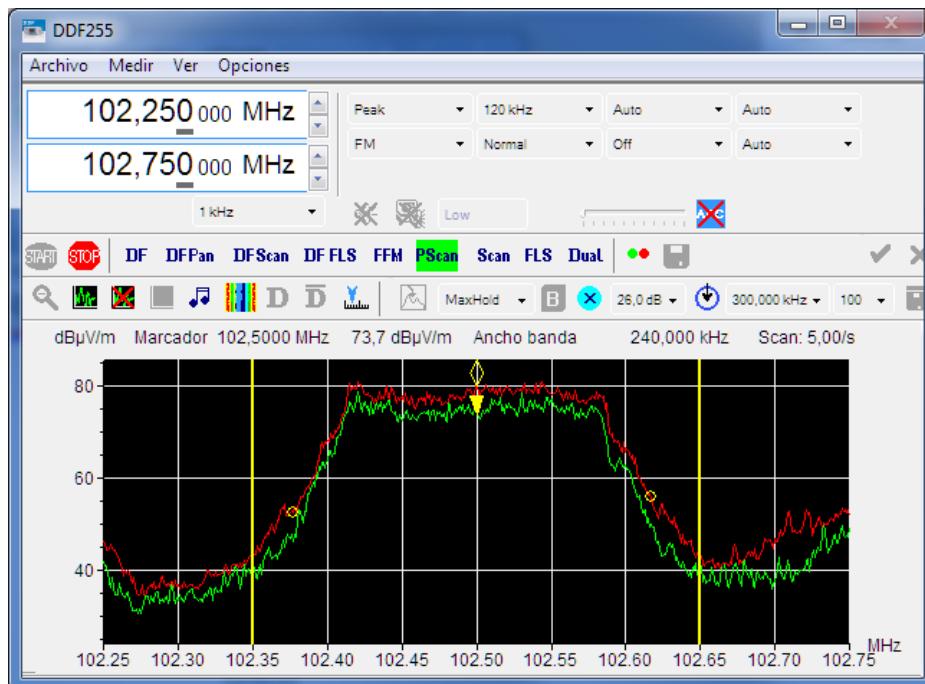
Fuente: SACER.

Figura 5.1-9 Ancho de banda de 93,7 MHz, valor muy inferior al recomendado.



Fuente: SACER.

Figura 5.1-10 Ancho de banda de 102,5 MHz, que excede el límite permitido (máximo 231 kHz).



Fuente: SACER.

A continuación, en la Tabla 5.1-5 se resumen los resultados obtenidos de la medición de ancho de banda individual de todas las radiodifusoras FM en la ciudad de Riobamba.

**Tabla 5.1-4** Ancho de banda de las radiodifusoras FM en Riobamba.

Estación de Radiodifusión FM (MHz)	Ancho de Banda Medido (kHz)	Observación
88,1	220	
88,5	155	Bajo AB: falta de calibración de equipos.
88,9	158	Bajo AB: falta de calibración de equipos.
89,3	191	
89,7	110	Bajo AB
90,1	270	Excesivo AB: falta de calibración de equipos.
90,5	196	
91,3	143	Bajo AB: falta de calibración de equipos.
91,7	197	
92,1	243	Excesivo AB
92,5	198	
92,9	191	
93,3	195	Sufre Intermodulación
93,7	139	Bajo AB: falta de calibración de equipos.
94,1	383	Excesivo AB: falta de calibración de equipos.
94,5	192	
95,3	187	
95,7	204	
96,1	230	
96,5	216	
96,9	212	
97,3	182	
97,7	143	Bajo AB: falta de calibración de equipos.
98,5	203	
98,9	212	
99,7	211	
100,1	171	
100,9	122	Bajo AB: falta de calibración de equipos.
101,3	167	Bajo AB
101,7	138	Bajo AB: falta de calibración de equipos.
102,1	221	
102,5	240	Excesivo AB
102,9	280	Excesivo AB: falta de calibración de equipos.
103,7	193	
104,1	168	Bajo AB Interferencia de canal adyacente: 103,9 MHz.
104,5	245	Excesivo AB: falta de calibración de equipos.
104,9	185	
105,3	156	Bajo AB: falta de calibración de equipos.
105,7	206	
106,1	184	
106,9	221	Señal afectada: falta de calibración de equipos.
107,3	187	

Realizado por: Calvopiña, W. 2016.

De acuerdo con las mediciones de ancho de banda, se aprecia que:

- 25 estaciones de radiodifusión FM, es decir, el 59,5% de ellas, cumplen con el valor establecido en cuanto al parámetro técnico ancho de banda, aunque sólo 23 de ellas (54,8%) no presentan ningún inconveniente en su señal.
- 6 estaciones de radiodifusión FM, es decir, el 14,3% de ellas, operan con un ancho de banda excesivo.
- 11 estaciones de radiodifusión FM, es decir, el 26,2% de ellas, operan con un ancho de banda muy bajo.

De las cuales:

- 13 estaciones de radiodifusión FM, es decir, el 31% de ellas, presentan anomalías en su señal que podrían deberse a falta de calibración de los equipos, afectando la calidad de su transmisión.
- 1 estación de radiodifusión FM, es decir, el 2,4% de ellas, presentan interferencia de canal adyacente, que afecta a la calidad de su transmisión.
- 1 estación de radiodifusión FM, es decir, el 2,4% de ellas, presentan una señal de intermodulación, que afecta a la calidad de la señal transmitida.

**Tabla 5.1-5** Resumen de los anchos de banda medidos en las radiodifusoras FM en Riobamba.

OPERACIÓN	Intermodulación	Interferencia canal adyacente	Falta de calibración de equipos	Indeterminado	TOTALES
Ancho de banda excedido			4	2	6
Ancho de banda muy bajo		1	8	2	11
Cumplen con los valores establecidos Pero sufre interferencias	1		1	23	25
<b>TOTAL</b>					<b>42</b>

*Realizado por: Calvopiña, W. 2016.*

#### 5.1.4 Parámetros técnicos medidos en los enlaces auxiliares

Parámetros del enlace, como: potencia, frecuencia central, antenas, ancho de banda, entre otros, requieren de un análisis individual para la identificación de posibles afectaciones en el desempeño del mismo.

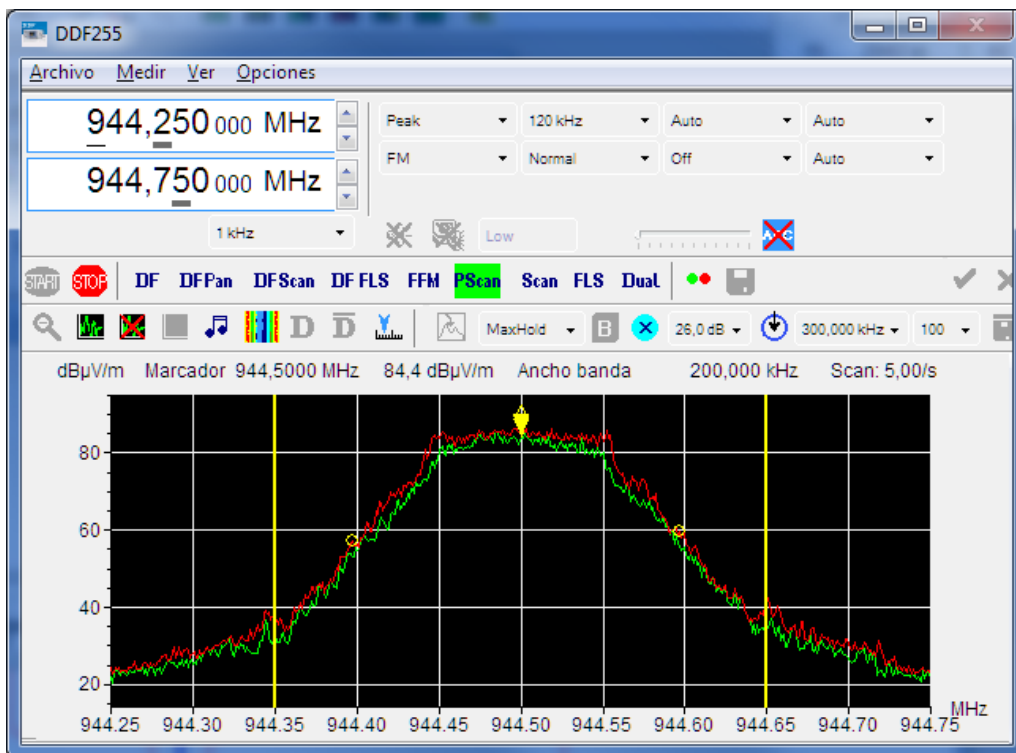
El enlace auxiliar de las estaciones de radiodifusión, que permite el traslado de la señal generada en los estudios hasta el sitio de ubicación del transmisor, puede ser enlace radioeléctrico terrestre punto a punto, enlace de línea física o enlace satelital.

Para verificar el correcto funcionamiento del enlace auxiliar, y el cumplimiento de la normativa vigente, se realizaron mediciones sobre la frecuencia de enlace, considerando el nivel de intensidad, y el ancho de banda de la señal, con la ERT scd-I01 del SACER.

Se consideraron todas las radiodifusoras FM matrices en la ciudad de Riobamba cuyo enlace es radioeléctrico, debido a que las antenas del SACER realizan mediciones únicamente hasta los 3GHz; Para realizar el análisis de un enlace satelital se hubiese necesitado instalar estaciones terrestres dirigidas a cada satélite.

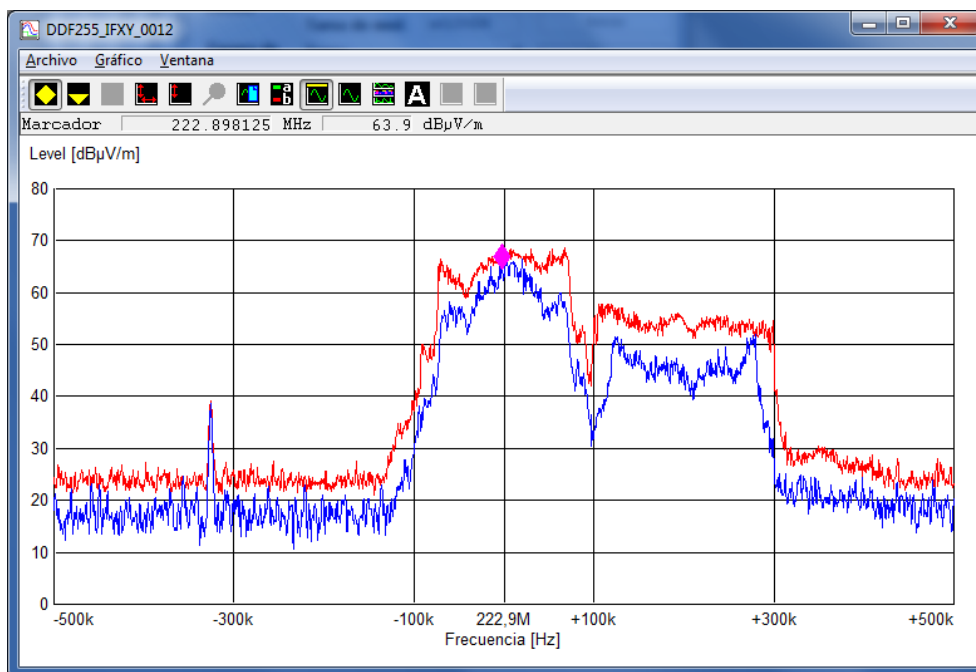
Las mediciones de las frecuencias de enlace auxiliar de todas las radiodifusoras FM matrices se aprecian en el **Anexo 3**. A manera de ejemplo, los resultados de medición de las frecuencias de enlace auxiliar de Sultana FM y Escuelas Radiofónicas Populares, se presentan a continuación:

**Figura 5.1-11** Medición de la frecuencia de enlace auxiliar 944,5 MHz.de radiodifusora Sultana FM (90.1 MHz)



Fuente: SACER.

**Figura 5.1-12** Medición de la frecuencia de enlace auxiliar 222,9 MHz de Escuelas Radiofónicas Populares (91.7 MHz), que sufre interferencia mutua de canal adyacente debido a la cercanía con la frecuencia 223,1 MHz de Radio Stereo Buenas Nuevas (95.3 MHz).



Fuente: SACER.

En la siguiente tabla se resumen los resultados obtenidos de la medición de la frecuencia de enlace auxiliar de las radiodifusoras FM matrices.

**Tabla 5.1-6** Mediciones de la intensidad de campo eléctrico y del ancho de banda de la frecuencia de enlace auxiliar de las radiodifusoras FM matrices en Riobamba.

Estación de radiodifusión FM (MHz)	Frecuencia de Enlace (MHz)	Intensidad de Campo (dBµV/m)	Ancho de Banda (kHz)	Observación
89,3	942,5	71,0	148	Bajo AB
90,1	944,5	84,4	200	
90,5	225,4	67,5	175	
91,7	222,9	62,0	198	Frecuencia utilizada 222,6 MHz debido a Interferencia (canal adyacente con 223,1 MHz)
92,1	430	77,7	167	Bajo AB
92,9	941,5	76,6	177	
93,3	228,5	44,9	199	Bajo nivel de señal
94,5	427,5	65,0	180	No detectado en Riobamba (Enlace San Alfonso-Cacha)
95,3	223,1	75,9	158	Bajo AB Interferencia (canal adyacente)
95,7	425,75	99,6	179	
96,1	224,75	86,2	155	Bajo AB
96,5	949,25	52,9	207	Bajo nivel de señal Interferencia (canal adyacente)
97,7	231,5	79,5	147	Bajo AB

Continúa...

Estación de radiodifusión FM (MHz)	Frecuencia de Enlace (MHz)	Intensidad de Campo (dBuV/m)	Ancho de Banda (kHz)	Observación
98,9	226,1	66,6	173	
99,7	232	62,0	168	Bajo AB
100,1	-	-	-	Línea física
100,9	946,5	45,4	-	Bajo nivel de señal, no mide AB
101,3	223,6	45,2	164	Bajo AB Bajo nivel de señal
101,7	229,4	37,5	157	Bajo AB Bajo nivel de señal
102,1	422,5	69,9	212	
102,5	944	47,0	-	Bajo nivel de señal, no mide AB
104,9	223,1	59,6	172	
105,7	423,5	47,2	127	Bajo AB Bajo nivel de señal
106,1	942	53,0	165	Bajo AB Bajo nivel de señal
107,3	949	70,3	145	Bajo AB Frecuencia utilizada 948,66

*Realizado por: Calvopiña, W. 2016.*

Según las mediciones de la frecuencia de enlace auxiliar de cada estación de radiodifusión FM matriz, considerando un total de 25 estaciones monitoreadas, se aprecia que:

- 10 frecuencias de enlace de las estaciones de radiodifusión FM, es decir, el 40% de ellas, cumplen con los valores establecidos en cuanto al parámetro técnico ancho de banda, aunque:
  - o 7 de ellas (28%) operan normalmente
  - o 2 de ellas (8%) operan con un nivel bajo de señal, de las cuales: 1 (4%) presenta una interferencia de canal adyacente.
  - o 1 de ellas (4%), opera en una frecuencia diferente a la autorizada, y presenta interferencia de canal adyacente.
- En 2 frecuencias de enlace de las estaciones de radiodifusión FM, es decir, en el 8% de ellas, no se puede medir el ancho de banda, debido a que su nivel de señal es muy bajo.
- 11 estaciones de radiodifusión FM, es decir el 44% de ellas, operan con un bajo ancho de banda, lo cual afectar a la calidad de la transmisión debido a que no se modulan todas las frecuencias de audio que determinan fidelidad en el audio receptado por el usuario.
  - o 4 de ellas (16%) operan con un nivel bajo de señal.
  - o 1 de ellas (8%) operan en una frecuencia diferente a la autorizada.
  - o 1 de ellas presenta interferencia de canal adyacente.
- 2 Frecuencias de enlace de las estaciones de radiodifusión FM, es decir, el 8% de ellas, no es detectada en Riobamba:
  - o 1 de ellas (4%) por las condiciones del enlace auxiliar (San Alfonso – Cacha).
  - o 1 de ellas (4%) ya que la conexión de estudio al transmisor es una línea física, es decir, la radiodifusora no ocupa espectro radioeléctrico.

**Tabla 5.1-7** Resumen de las mediciones de la intensidad de campo eléctrico y del ancho de banda de la frecuencia de enlace auxiliar de las radiodifusoras FM matrices en Riobamba.

OPERACIÓN	TOTAL	PROBLEMAS		
		Interferencia canal adyacente	Diferente Frecuencia	Bajo nivel de señal
Cumplen con los valores establecidos de AB	10	1		2
Bajo nivel, no mide AB	2			
Bajo AB	11	1	1	4
Señal no detectada	2			

*Realizado por: Calvopiña, W. 2016.*

### 5.1.5 Inspecciones

A fin de establecer criterios en cuanto a uniformidad de condiciones, y diferenciaciones, es indispensable analizar la configuración técnica de cada estación de radiodifusión, para definir la incidencia de los valores y equipos utilizados.

Con el apoyo de ARCOTEL (antes SUPERTEL) se realizaron inspecciones a las estaciones de radiodifusión FM ubicadas en los cerros: Hignug Cacha, La Mira, Bazán, Zalarón, Loma Santa Vela y San Guisel Alto, para obtener información sobre:

- Ubicación exacta de los transmisores (coordenadas geográficas).
- Arreglos de antenas utilizados, altura de los sistemas de transmisión, ángulos de azimut e inclinación.
- Equipos utilizados en los sistemas de transmisión: amplificadores, cables, conectores, filtros, etc.
- Potencia en los transmisores.
- Instalaciones eléctricas, de puesta a tierra, respaldo de energía, etc.

La información recopilada es el fundamento principal para los cálculos y análisis desarrollado, con el fin de comprender el entorno y las características de transmisión, para determinar la señal transmitida y la cobertura alcanzada, con ayuda del software libre Radio Mobile, para simular la propagación de la onda electromagnética, tanto en transmisor FM a receptor (difusión FM), como en los enlaces auxiliares (estudio – transmisor o relevador - transmisor).

En el **Anexo 4** se aprecian los equipos, cables, conectores, respaldo de energía, filtros y potencia del transmisor verificados en las inspecciones.

En el **Anexo 5** constan las antenas de las estaciones de radiodifusión FM verificadas en las inspecciones.

## 5.2 ANÁLISIS DE LAS CAUSAS DE LAS AFECTACIONES A LA CALIDAD DE SEÑAL FM

Primeramente se iniciará con el análisis del sistema de transmisión, para posteriormente, considerar las interferencias y problemas encontrados en los resultados de medición, las características de los enlaces radioeléctricos auxiliares, y la normativa relacionada a la radiodifusión FM.

### 5.2.1 Ubicación de los transmisores

Los transmisores deben encontrarse a una altura considerable, de manera que puedan dar cobertura al mayor espacio posible. En Chimborazo, así como en la mayoría de lugares de la región sierra del Ecuador, los transmisores para difusión FM se encuentran en la cima de cerros aledaños a la zona a la que se quiere brindar cobertura.

Bajo ese principio, existen varios cerros que albergan a estaciones de transmisión para dar cobertura a Riobamba, Guano, Chambo, Villa La Unión (Colta) y aledaños. Estos son los cerros: Hignug Cacha, La Mira, Bazán, Zalarón, Loma Santa Vela y San Guisel Alto.

Si bien el estudio se realiza en la ciudad de Riobamba, se debe considerar que problemas similares se presentan en el resto de áreas de cobertura, dependiendo del factor distancia, el cual difiere entre uno y otro cerro, con respecto a cada área de cobertura.

Figura 5.2-1 Entorno de transmisión: Cerros (Tx) y ciudades de Cobertura (Rx).



Realizado por: Calvopiña, W. 2016 – Imagen de Google Earth.

Para efectos de concordancia entre todos los estudios de ingeniería que incluyan ubicaciones de transmisores, es conveniente que se utilice un único sistema de coordenadas (WGS-84), el cual también es utilizado en todas las ubicaciones mostradas a continuación.

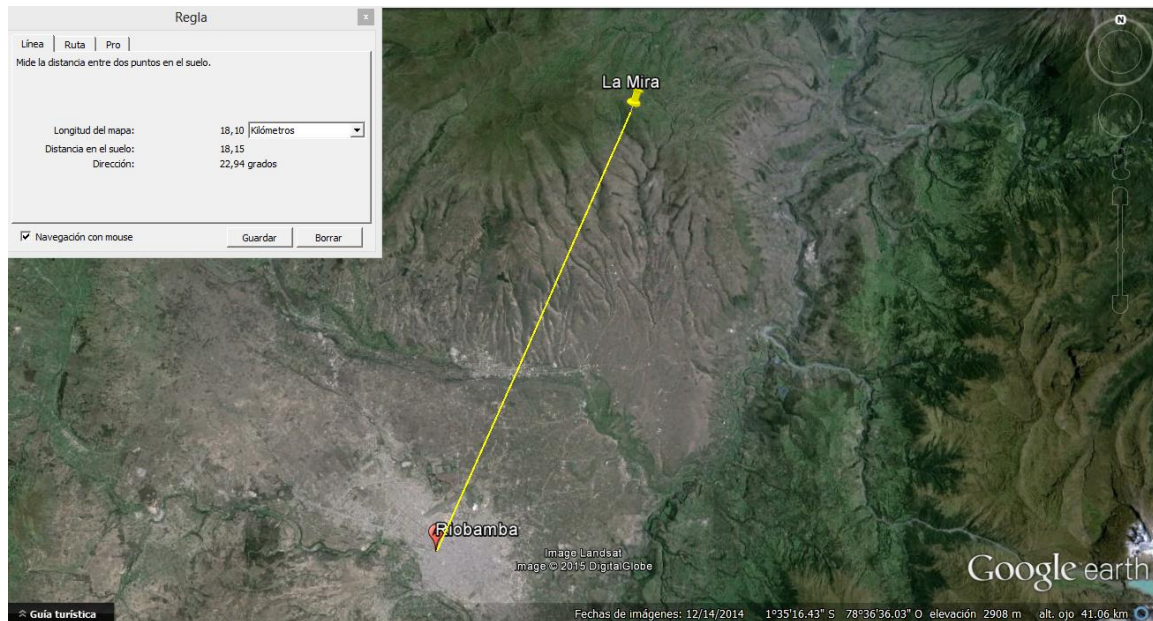
### 5.2.1.1 Cerro La Mira

Tabla 5.2-1.- Localización del cerro La Mira.

Nombre	CERRO LA MIRA
Latitud	01°31'04"S
Longitud	78°35'42"O
Altura sobre el nivel del mar	3948 msnm
Distancia a Riobamba (en línea recta)	18,15 km

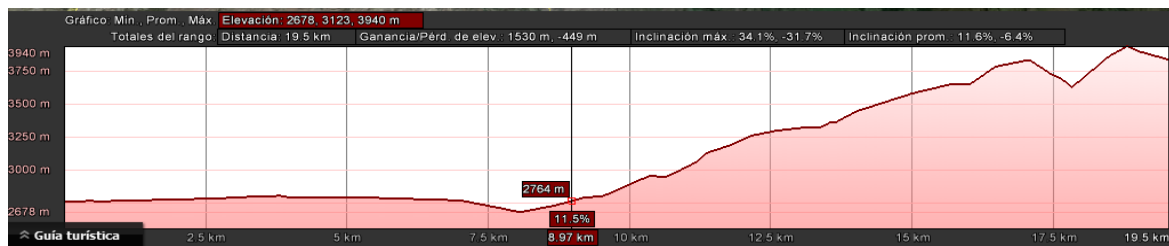
Realizado por: Calvopiña, W. 2016.

Figura 5.2-2 Localización cerro La Mira con respecto a Riobamba.



Realizado por: Calvopiña, W. 2016. Imagen de Google Earth.

Figura 5.2-3 Perfil Cerro La Mira a Riobamba.



Realizado por: Calvopiña, W. 2016. Imagen de GoogleEarth.

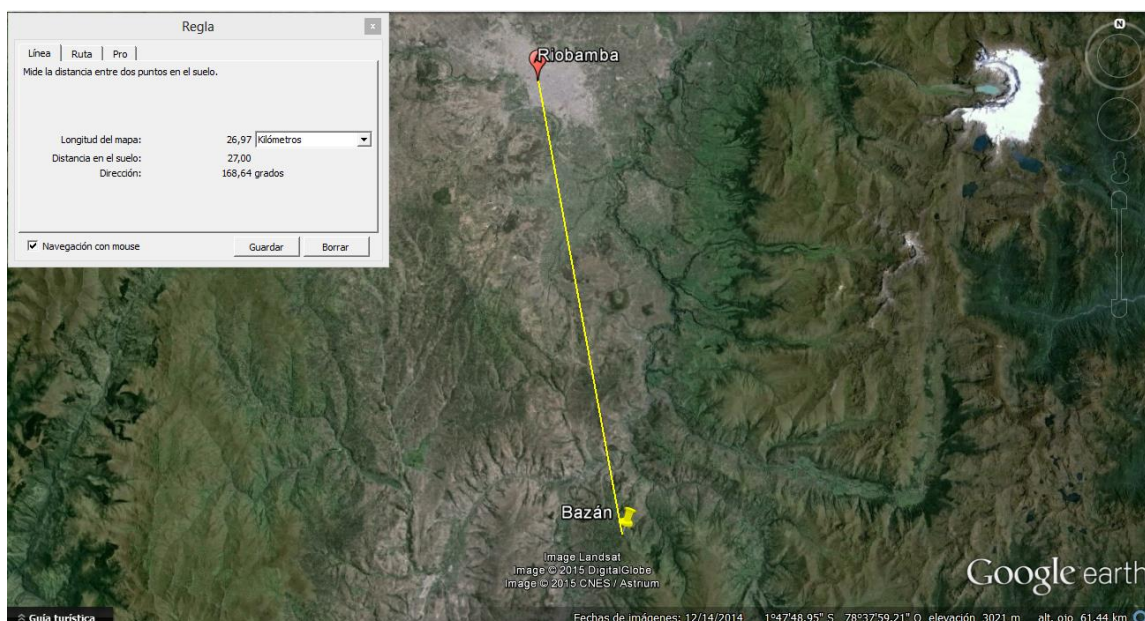
### 5.2.1.2 Cerro Bazán

Tabla 5.2-2.- Localización del cerro Bazán.

Nombre	CERRO BAZÁN
Latitud	1°54'27"S
Longitud	78°36'38"O
Altura sobre el nivel del mar	3717 msnm
Distancia a Riobamba (en línea recta)	27 km

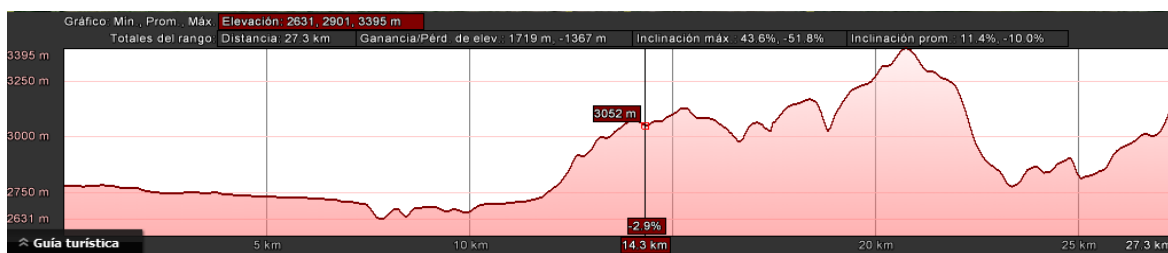
Realizado por: Calvopiña, W. 2016.

Figura 5.2-4 Localización cerro Bazán con respecto a Riobamba.



Realizado por: Calvopiña, W. 2016. Imagen de GoogleEarth.

Figura 5.2-5 Perfil Cerro Bazán a Riobamba.



Realizado por: Calvopiña, W. 2016. Imagen de GoogleEarth.

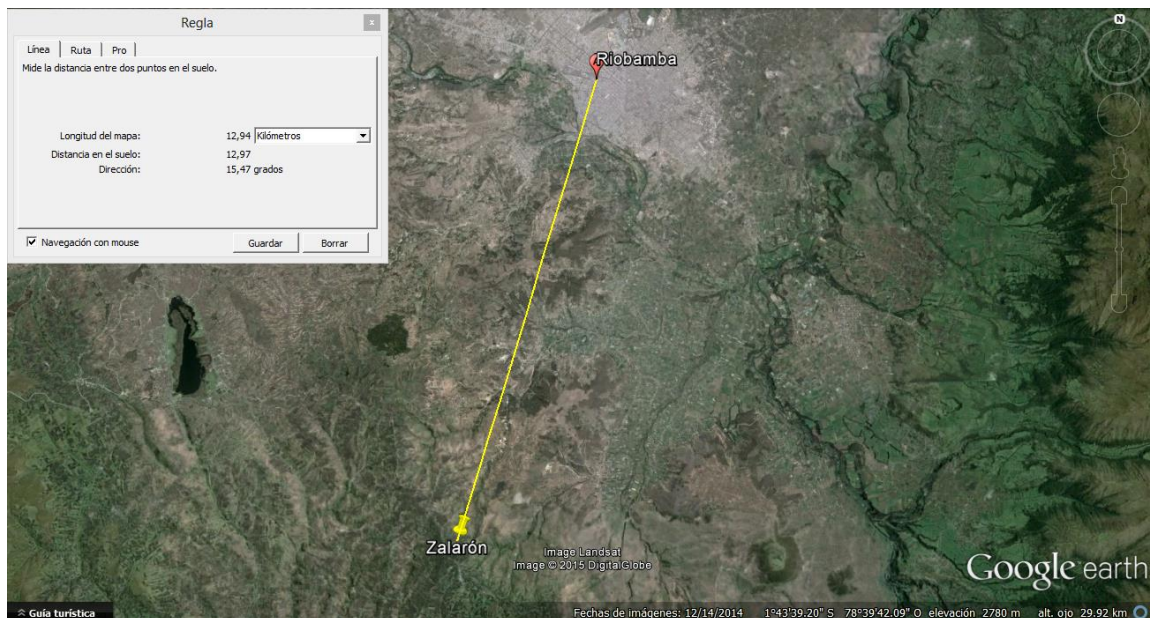
### 5.2.1.3 Cerro Zalarón

Tabla 5.2-3.- Localización del cerro La Zalarón.

Nombre	CERRO ZALARÓN
Latitud	01°46'55"S
Longitud	78°41'26"O
Altura sobre el nivel del mar	3580 msnm
Distancia a Riobamba (en línea recta)	12,97 km

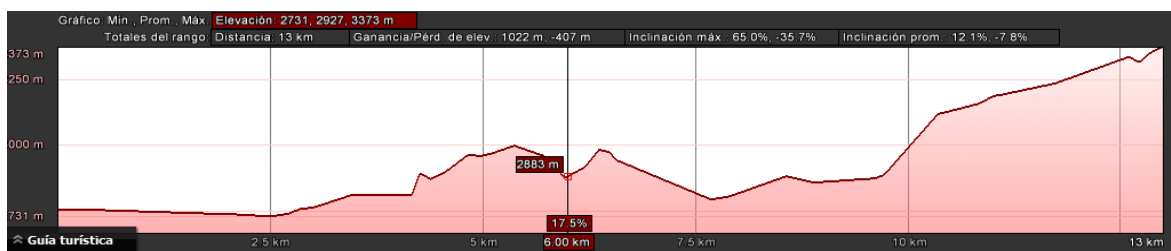
Realizado por: Calvopiña, W. 2016.

Figura 5.2-6 - Localización cerro Zalarón con respecto a Riobamba.



Realizado por: Calvopiña, W. 2016. Imagen de Google Earth.

Figura 5.2-7 Perfil Cerro Zalarón a Riobamba.



Realizado por: Calvopiña, W. 2016. Imagen de GoogleEarth.

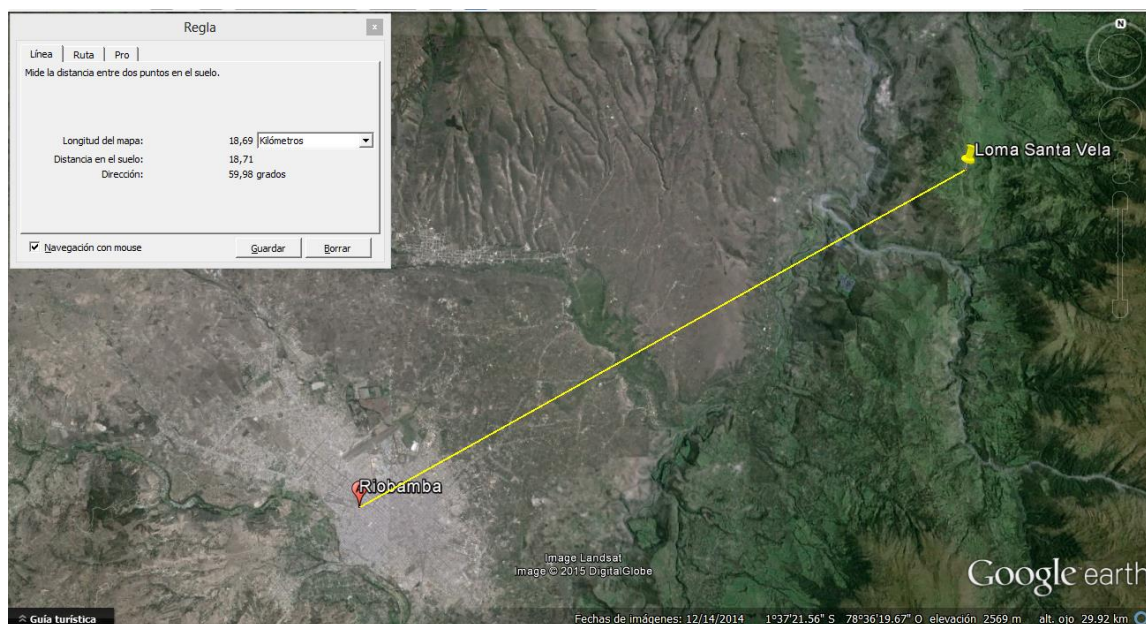
### 5.2.1.4 Cerro Loma Santa Vela

Tabla 5.2-4.- Localización del cerro Loma Santa Vela.

Nombre	LOMA SANTA VELA
Latitud	01°35'05"S
Longitud	78°30'47"O
Altura sobre el nivel del mar	3450 msnm
Distancia a Riobamba (en línea recta)	18,71 km

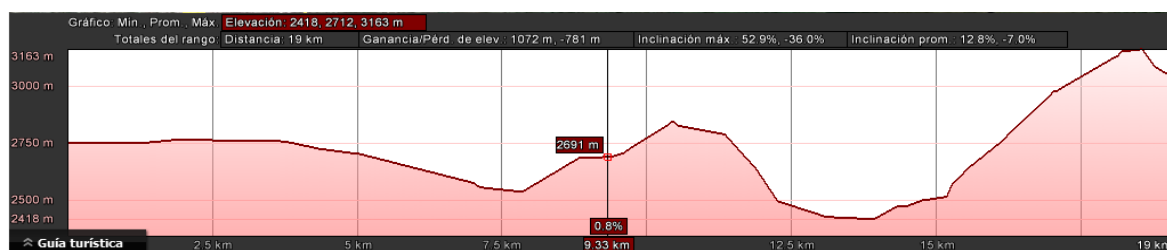
Realizado por: Calvopiña, W. 2016.

Figura 5.2-8 - Localización cerro Loma Santa Vela con respecto a Riobamba.



Realizado por: Calvopiña, W. 2016. Imagen de Google Earth.

Figura 5.2-9 Perfil Cerro Loma Santa Vela a Riobamba.



Realizado por: Calvopiña, W. 2016. Imagen de GoogleEarth.

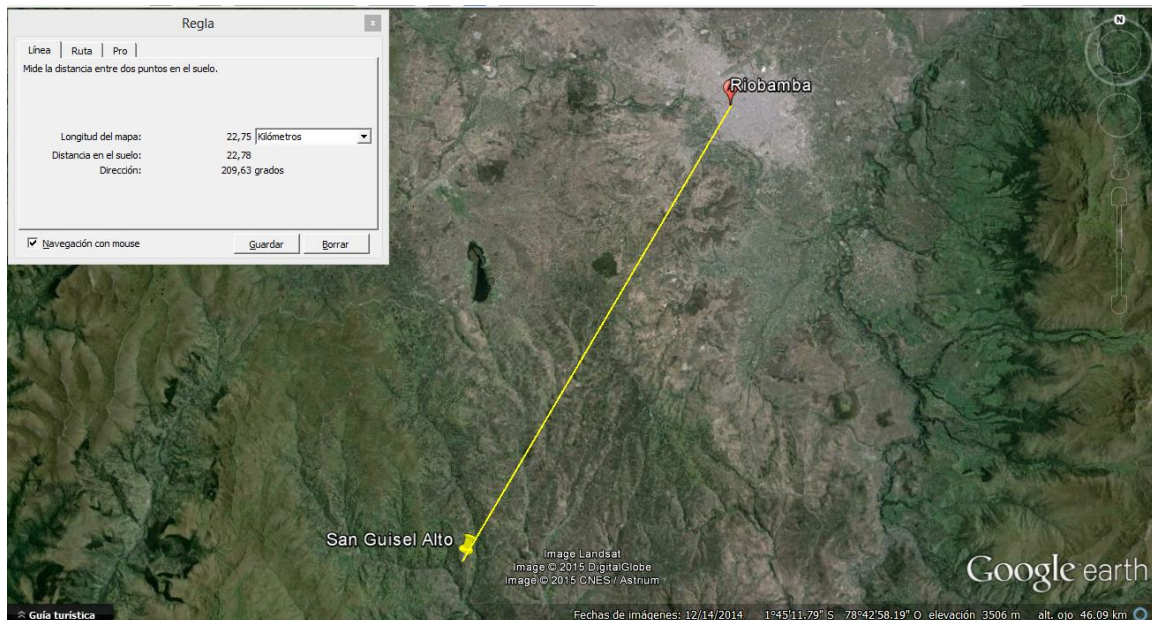
### 5.2.1.5 Cerro San Guisel Alto

Tabla 5.2-5 Localización del cerro San Guisel Alto.

Nombre	CERRO SAN GUISEL ALTO
Latitud	1°50'49"S
Longitud	78°45'37"O
Altura sobre el nivel del mar	3543 msnm
Distancia a Riobamba (en línea recta)	22,78 km

Realizado por: Calvopiña, W. 2016.

Figura 5.2-10 Localización cerro San Guisel Alto con respecto a Riobamba.



Realizado por: Calvopiña, W. 2016. Imagen de GoogleEarth.

Figura 5.2-11 Perfil Cerro San Guisel Alto a Riobamba.



Realizado por: Calvopiña, W. 2016. Imagen de GoogleEarth.

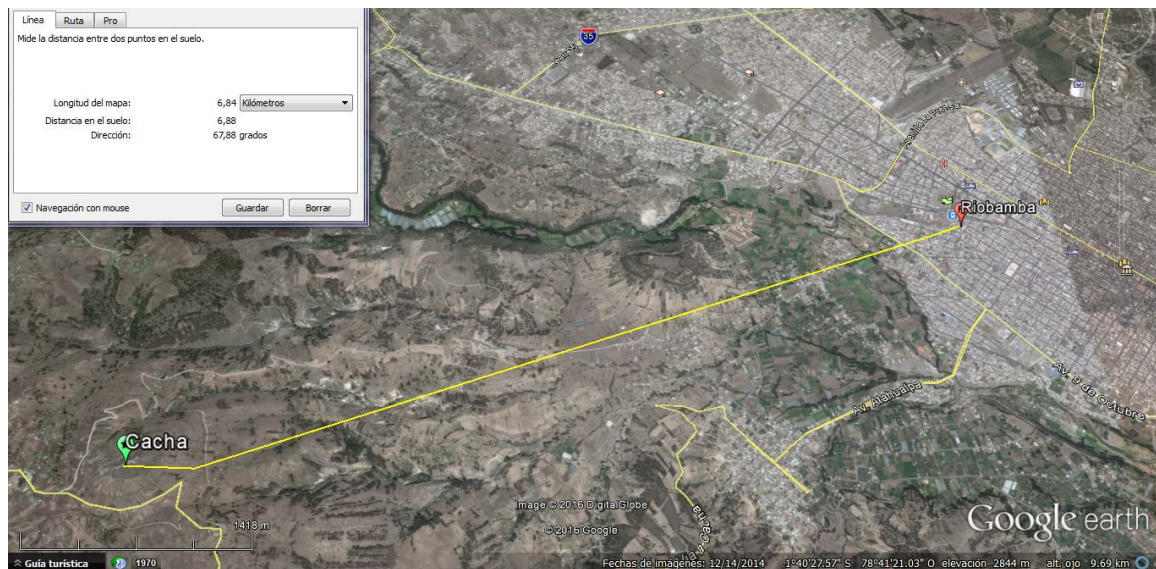
### 5.2.1.6 Cerro Hignug Cacha o Amulá Grande

Tabla 5.2-6 Localización del cerro Hignug Cacha.

Nombre	CERRO HIGNUG CACHA
Latitud	01°41'31.90"S
Longitud	78°42'58.60"O
Altura sobre el nivel del mar	3567 msnm
Distancia a Riobamba (en línea recta)	6,91 km

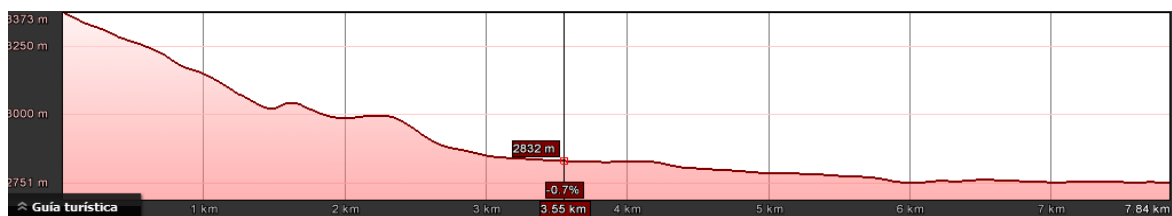
Realizado por: Calvopiña, W. 2016.

Figura 5.2-12 Localización cerro Hignug Cacha con respecto a Riobamba.



Realizado por: Calvopiña, W. 2016. Imagen de GoogleEarth.

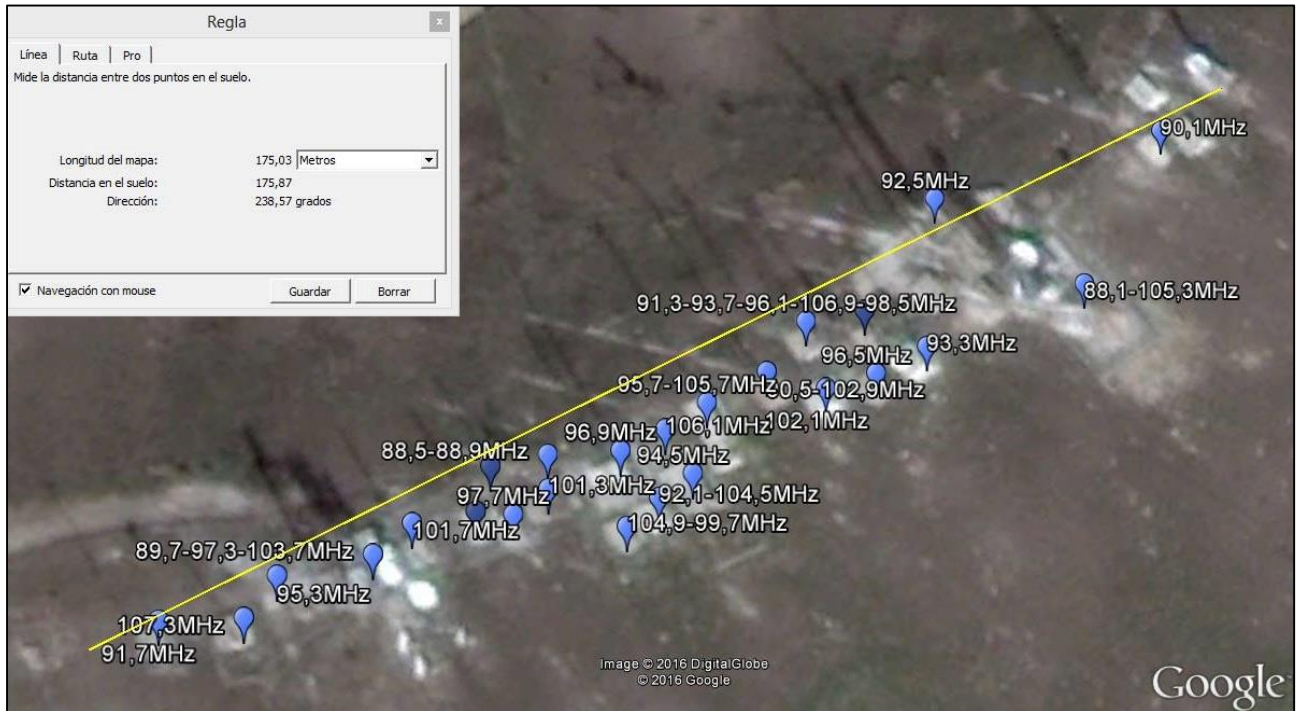
Figura 5.2-13 Perfil Cerro Hignug Cacha a Riobamba.



Realizado por: Calvopiña, W. 2016. Imagen de GoogleEarth.

El Cerro Hignug Cacha alberga a 37 de los 42 transmisores FM considerados en este estudio, es decir al 85,71% de los transmisores FM que propagan su señal a la cobertura autorizada: Riobamba, Guano, Chambo y Colta.

**Figura 5.2-14** Ubicación de los transmisores en el cerro Hignug Cacha.



*Realizado por: Calvopiña, W. 2016. Imagen de GoogleEarth.*

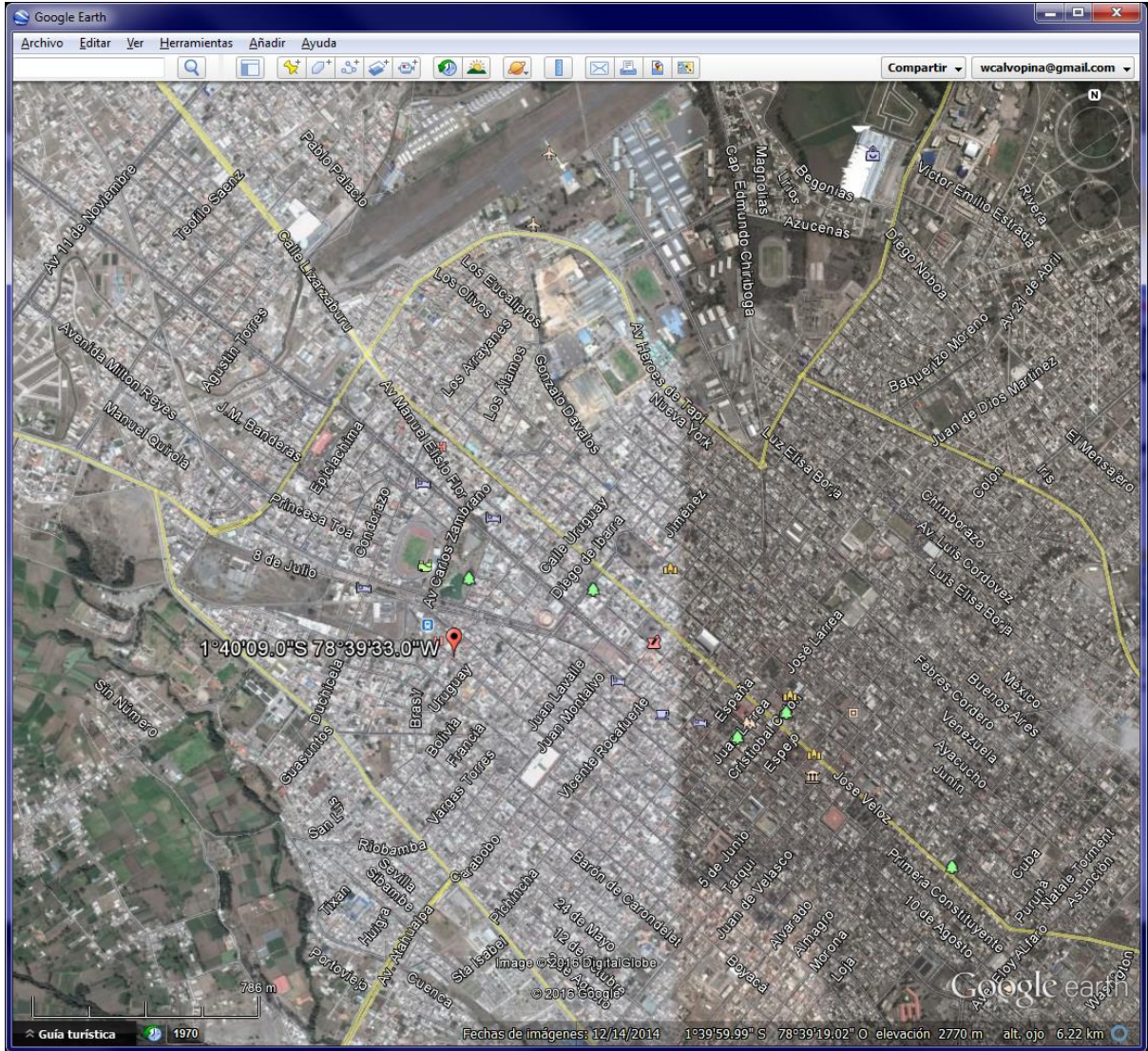
### 5.2.1.7 Análisis de la incidencia de la ubicación geográfica de los transmisores

En la Tabla 5.2-7, se especifica el cerro en donde están ubicadas las estaciones de radiodifusión FM de la ciudad de Riobamba, su ubicación geográfica autorizada, su ubicación geográfica utilizada, la diferencia entre éstas, la distancia Tx-Rx según diferencia de coordenadas (D2D), y la distancia Tx-Rx en línea recta (D3D) calculados. Los cálculos se basan en los datos recopilados en las inspecciones, para que los resultados sean un total reflejo de la realidad.

Para los cálculos, además se consideró la ubicación geográfica de la Estación Remota Transportable (ERT scd-I01) del SACER, como un punto referencial de la ciudad de Riobamba, la misma está ubicada en la dirección: Edificio del Hospital del IESS, último piso, calles Chile y Brasil, esquina, coordenadas: latitud: 01° 40' 09" S, longitud: 78° 39' 33" W, altura: 2811 msnm.

Con los equipos disponibles en la ERT indicada se realizaron todas las mediciones fijas de anchos de banda, enlaces, interferencias, etc.

Figura 5.2-15 Ubicación de la ERT del SACER en la ciudad de Riobamba.



Realizado por: Calvopiña, W. 2016. Imagen de GoogleEarth.

A manera de ejemplo, se detalla el proceso de cálculo utilizado en el caso de la estación de radiodifusión FM 92,9 MHz. La figura siguiente representa el caso analizado:

Figura 5.2-16 Datos del enlace punto a punto (Cerro Bazán – ERT Riobamba).

**DATOS**

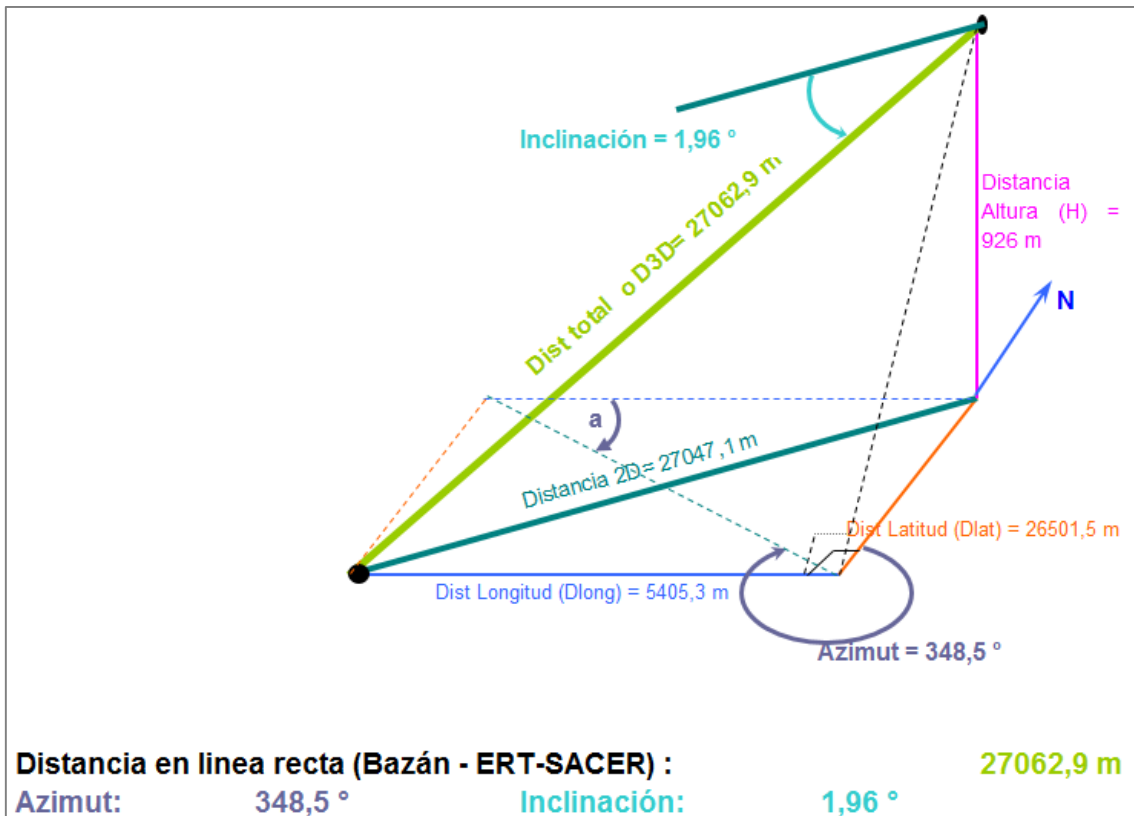
	Latitud	Longitud	Altura
<b>Bazán</b>	1 °	78 °	3737
	54 ′	36 ′	msnm
	27 ″	38 ″	
	S	W	

	Latitud	Longitud	Altura
<b>ERT-SACER</b>	1 °	78 °	2811
	40 ′	39 ′	msnm
	9 ″	33 ″	
	S	W	

Realizado por: Calvopiña, W. 2016.

Figura 5.2-17 Representación: D2D, Δh, D3D, ángulo de inclinación y azimut de la radiodifusora 92.9 MHz.



Realizado por: Calvopiña, W. 2016.

**Proceso de cálculo:**

**a. Cálculo de distancia entre transmisor (cerro Bazán) y estación de medición scd-I01 (ERT Riobamba).**

- La ERT scd-I01 del SACER está ubicada en 1°40'09''S, 78°39'33''W, a 2773 msnm, más 38 m de la altura de la torre (10 m de la torre y aproximadamente 28 m del edificio sobre el que está colocada). La equivalencia en grados decimales de sus coordenadas geográficas es: -1,669°, -78,659°.
- La radiodifusora 92,9 MHz, está ubicada en el Cerro Bazán, la ubicación real del transmisor es: 01°54'27"S 78°36'38"O, a 3717 msnm, más 20 m de la torre. La equivalencia de sus coordenadas geográficas es -1,908° -78,611°.
- Para encontrar la distancia D2D se utilizan las equivalencias de las coordenadas geográficas decimales, en la fórmula:

$$D2D \text{ (km)} = k * \arccos \{ [\sin(\text{lat}1)*\sin(\text{lat}2)] + [(\cos(\text{lat}1)*\cos(\text{lat}2))*(\cos(\text{long}1 - \text{long}2))] \}$$

Donde k es el equivalente de grado sexagesimal a kilómetros, que de acuerdo con la ubicación en el Ecuador (línea ecuatorial), se obtiene al dividir el radio de la Tierra 6371 km para 360°:

$$k = 2\pi \frac{6371}{360} = 111,195 \text{ km}$$

$$D2D \text{ (km)} = 111,195 * \arccos \{ [\sin(-1,669) * \sin(-1,908)] + [(\cos(-1,669) * \cos(-1,908)) * (\cos(-78,659 - (-78,611)))] \}$$

$$D2D \text{ (km)} = 27,047 \text{ km}$$

- La diferencia de altura, entre el transmisor (estación 92,9 MHz) y el receptor (ERT scd-l01 del SACER) se halla de la siguiente manera:

$$\Delta h \text{ (km)} = |(\text{altura Rx} + \text{altura torre Rx}) - (\text{altura Tx} + \text{altura torre Tx})|$$

$$\Delta h \text{ (km)} = |(2773+38) - (3717+20)| = 0,926 \text{ km}$$

- Para calcular la D3D se utiliza la fórmula siguiente:

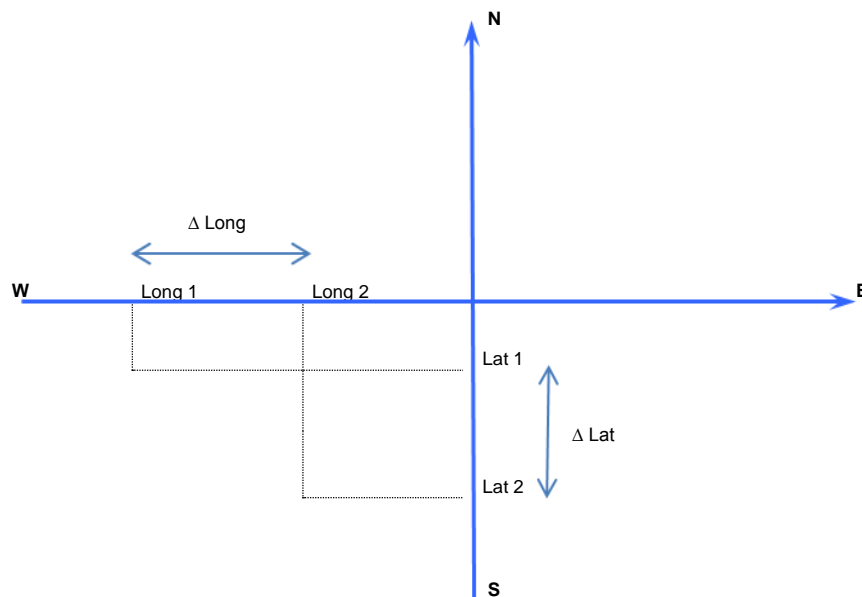
$$D3D \text{ (km)} = \sqrt{D2D^2 + \Delta h^2}$$

$$D3D \text{ (km)} = \sqrt{27,047^2 + 0,926^2} = 27,062 \text{ km}$$

**b. Cálculo de la diferencia de distancia entre la ubicación autorizada y la utilizada del transmisor.**

- Para calcular la diferencia entre la ubicación geográfica autorizada y la utilizada, se debe considerar:
  - o La diferencia en latitud ( $\Delta \text{ lat}$  en metros), la diferencia en longitud ( $\Delta \text{ long}$  en metros), calculando la diferencia entre las coordenadas autorizadas (lat 1, long 1) y las coordenadas verificadas en las inspecciones (lat 2, long 2), y aplicando el factor de conversión k.
  - o Distancia D3D entre la ubicación geográfica autorizada y la utilizada.

**Figura 5.2-18** Representación:  $\Delta \text{ lat}$  y  $\Delta \text{ long}$ .



**Realizado por:** Calvopiña, W. 2016.

En el caso de la radiodifusora 92,9 MHz, la ubicación geográfica verificada en la inspección coincide con la autorizada. Así que se tomarán los datos de la radiodifusora 94,1 MHz como ejemplo:

$$\Delta \text{ lat (m)} = k * |\text{lat 1} - \text{lat 2}| = 111195 * |-1,509 - (-1,518)| = 982,222 \text{ m}$$

$$\Delta \text{ long (m)} = k * |\text{long 1} - \text{long 2}| = 111195 * |-78,584 - (-78,595)| = 1220,056 \text{ m}$$

Tabla 5.2-7 Análisis de la ubicación de las estaciones de radiodifusión FM.

Frecuencia FM (MHz)	Cerro	Ubicación Autorizada del Transmisor				Ubicación Real del Transmisor (Verificada)				Cálculos Distancia Real Riobamba-Transmisor	Diferencia Ubicación autorizada y utilizada del Transmisor		
		Latitud (S)	Longitud (W)	Altura (msnm)	Torre (m)	Latitud (S)	Longitud (W)	Altura (msnm)	Torre (m)		D3D (km)	Δ lat (m)	Δ long (m)
88,1	HIGNUG CACHA	01°41'30,70"	78°42'57,20"	3540	30	1°41'30,78"	78°42'57,61"	3508	30	6,842	2,471	12,664	34,501
88,5	HIGNUG CACHA	01°41'31,9"	78°42'59,4"	3558	30	1°41'31,74"	78°42'59,93"	3516	30	6,920	-4,942	16,370	45,345
88,9	HIGNUG CACHA	01°41'31,9"	78°42'59,5"	3558	30	1°41'31,74"	78°42'59,93"	3516	30	6,920	-4,942	13,282	44,325
89,3	HIGNUG CACHA	01°41'31"	78°42'58"	3511	30	1°41'32,01"	78°43'0,21"	3516	30	6,931	31,196	68,261	75,191
89,7	HIGNUG CACHA	01°41'20"	78°42'52"	3540	30	1°41'32,23"	78°43'0,62"	3516	30	6,945	377,754	266,250	462,711
90,1	HIGNUG CACHA	01°41'20"	78°42'52"	3540	40	1°41'30,03"	78°42'57,27"	3502	40	6,824	309,802	162,777	351,986
90,5	HIGNUG CACHA	01°41'31,2"	78°42'57,9"	3553	30	1°41'31,30"	78°42'59,01"	3512	30	6,888	3,089	34,285	53,526
91,3	HIGNUG CACHA	01°41'20"S	78°42'52"	3540	30	1°41'31,07"	78°42'58,86"	3512	48	6,884	341,925	211,888	402,331
91,7	HIGNUG CACHA	01°41'32,9"	78°43'01,0"	3563	42	1°41'32,58"	78°43'1,51"	3516	48	6,977	-9,884	15,753	45,018
92,1	HIGNUG CACHA	01°41'31,98"	78°42'59,73"	3540	30	1°41'31,88"	78°42'59,43"	3514	30	6,907	-3,089	-9,266	27,773
92,5	HIGNUG CACHA	01°41'23"	78°42'53"	3552	30	1°41'30,46"	78°42'58,32"	3508	30	6,966	508,408	164,322	536,090
92,9	BAZAN	01°54'27"	78°36'38"	3717	20	1°54'27"	78°36'38"	3717	20	27,062	0,000	0,000	0,000
93,3	HIGNUG CACHA	01°41'31,19"	78°42'57,52"	3531	30	1°41'31,13"	78°42'58,31"	3509	42	6,868	-1,853	24,401	26,426
93,7	HIGNUG CACHA	01°41'20"	78°42'52"	3540	30	1°41'31,07"	78°42'58,86"	3512	48	6,884	341,925	211,888	402,331
94,1	LA MIRA	01°30'32,20"	78°35'02,50"	3875	36	01°31'04"	78°35'42"	3948	36	18,320	982,222	1220,056	1567,670
94,5	HIGNUG CACHA	01°41'20"	78°42'52"	3540	42	1°41'31,77"	78°42'59,29"	3513	42	6,903	363,546	225,170	428,430
95,3	HIGNUG CACHA	01°41'31,98"	78°42'59,73"	3540	42	1°41'32,35"	78°43'1,02"	3516	42	6,959	11,428	39,845	47,884
95,7	HIGNUG CACHA	01°41'31,1"	78°42'58,3"	3552	20	1°41'31,46"	78°42'59,26"	3514	15	6,896	11,119	29,652	53,396
96,1	HIGNUG CACHA	01°41'31"	78°42'58"	3551	28	1°41'31,07"	78°42'58,86"	3512	33	6,882	2,162	26,563	43,193
96,5	HIGNUG CACHA	01°41'20"	78°42'51"	3540	30	1°41'31,27"	78°42'58,53"	3510	30	6,874	348,102	232,583	419,670
96,9	HIGNUG CACHA	01°41'31,6"	78°42'58,5"	3557	24	1°41'31,70"	78°42'59,61"	3515	24	6,910	3,089	34,285	54,295

Continúa...

Frecuencia FM (MHz)	Cerro	Ubicación Autorizada del Transmisor				Ubicación Real del Transmisor (Verificada)				Cálculos Distancia Real Riobamba-Transmisor	Diferencia Ubicación autorizada y utilizada del Transmisor		
		Latitud (S)	Longitud (W)	Altura (msnm)	Torre (m)	Latitud (S)	Longitud (W)	Altura (msnm)	Torre (m)	D3D (km)	Δ lat (m)	Δ long (m)	D3D (m)
97,3	HIGNUG CACHA	01°41'20"	78°42'52"	3540	24	1°41'32,23"	78°43'0,62"	3516	24	6,945	377,754	266,250	462,711
97,7	HIGNUG CACHA	01°41'31,6"	78°42'58,8"	3554	30	1°41'32,01"	78°43'0,05"	3517	48	6,929	12,664	38,609	44,842
98,5	HIGNUG CACHA	01°41'31"	78°42'58"	3551	30	01°41'30,62"	78°42'57,62"	3512	48	6,843	-11,737	-11,737	26,766
98,9	HIGNUG CACHA	01°41'30,9"	78°42'57,6"	3546	21	1°41'31,81"	78°43'0,17"	3515	21	6,927	28,108	79,381	89,704
99,7	HIGNUG CACHA	01°41'39"	78°42'58"	3546	30	1°41'32,02"	78°42'59,56"	3514	26	6,912	-215,595	48,185	223,823
100,1	SAN GUISEL ALTO	01°50'30.4"	78°45'45.3"	3400	36	1°50'49"	78°45'37"	3543	36	22,752	574,507	-256,366	645,107
100,9	LOMA SANTA VELA	01°34'28"	78°30'28"	3100	20	01°35'05"	78°30'47"	3450	20	18,771	1142,838	586,862	1331,437
101,3	HIGNUG CACHA	01°41'32"	78°42'59"	3560	12	1°41'31,89"	78°42'59,91"	3515	12	6,919	-3,398	28,108	53,159
101,7	HIGNUG CACHA	01°40'20"	78°42'52"	3540	20	1°41'32,08"	78°43'0,47"	3516	20	6,938	2226,371	261,617	2241,805
102,1	HIGNUG CACHA	01°41'29.9"	78°42'56.6"	3553	18	1°41'31,35"	78°42'58,75"	3511	30	6,882	44,787	66,408	85,511
102,5	ZALARON	01°47'2,72"	78°41'28,18"	3581	30	01°46'55"	78°41'26"	3580	30	13,041	-238,452	-67,335	247,769
102,9	HIGNUG CACHA	01°41'20"	78°42'52"	3550	30	1°41'31,30"	78°42'59,01"	3512	30	6,888	349,029	216,521	412,439
103,7	HIGNUG CACHA	01°41'20"	78°42'52"	3540	10	1°41'32,23"	78°43'0,62"	3516	10	6,943	377,754	266,250	462,711
104,1	HIGNUG CACHA	01°41'4,8"	78°42'49"	3572	30	1°41'31,27"	78°42'58,53"	3511	30	6,874	817,592	294,358	871,062
104,5	HIGNUG CACHA	01°41'30"	78°42'56,6"	3534	30	1°41'31,88"	78°42'59,43"	3514	30	6,907	58,069	87,412	106,799
104,9	HIGNUG CACHA	01°41'31,5"	78°42'59"	3560	30	1°41'32,02"	78°42'59,56"	3514	35	6,913	16,062	17,297	47,306
105,3	HIGNUG CACHA	01°41'30,70"	78°42'57,00"	3549	42	1°41'30,78"	78°42'57,61"	3508	42	6,843	2,471	18,841	45,186
105,7	HIGNUG CACHA	01°42'21"	78°43'10"	3555	24	1°41'31,46"	78°42'59,26"	3514	27	6,897	-1530,167	-331,732	1566,143
106,1	HIGNUG CACHA	01°42'20,73"	78°43'20,73"	3540	28	1°41'31,59"	78°42'59,43"	3514	28	6,904	-1517,812	-657,904	1654,353
106,9	HIGNUG CACHA	01°41'20"	78°42'52"	3540	30	1°41'31,07"	78°42'58,86"	3512	33	6,882	341,925	211,888	402,983
107,3	HIGNUG CACHA	01°41'32.2"	78°43'00.2"	3563	20	1°41'32,54"	78°43'1,14"	3517	20	6,963	10,502	29,034	55,394

Realizado por: Calvopiña, W. 2016.

La ubicación de los transmisores, es una referencia muy importante para analizar cada sistema de radiodifusión, la ubicación asignada o autorizada debería coincidir con la utilizada, pues como se refleja en los cálculos del estudio de ingeniería, cada parámetro tiene su incidencia en la transmisión de la señal.

En este caso, al analizar el entorno de transmisión, se puede afirmar que la diferencia entre la ubicación geográfica autorizada y la utilizada, afecta sustancialmente en la transmisión de la señal, por su incidencia en la distancia del enlace, y ubicación respecto a la zona de cobertura principal, parámetros fundamentales en la recepción de la señal.

A manera ilustrativa, en las siguientes tablas se resume la variación de estos parámetros, considerando las 42 estaciones de radiodifusión FM, y sabiendo que sólo en una de ellas la ubicación utilizada coincide con la autorizada:

**Tabla 5.2-8** Variación de latitud, longitud y D3D.

Parámetro	Criterio	Variación (m)					
		Hasta 20	21-80	81-160	161-460	461-1330	1331-3000
Latitud	Número de Radiodifusoras	17	4	-	12	5	3
	Porcentaje de Radiodifusoras	40,48%	9,52%		28,57%	11,90%	7,14%
Longitud	Número de Radiodifusoras	8	15	-	2	15	1
	Porcentaje de Radiodifusoras	19,05%	35,71%		4,76%	35,71%	2,38%
Distancia Real (D3D)	<b>Número de Radiodifusoras</b>	<b>18</b>	-	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
	<b>Porcentaje de Radiodifusoras</b>	<b>42,86%</b>		<b>7,14%</b>	<b>28,57%</b>	<b>9,52%</b>	<b>9,52%</b>

*Realizado por: Calvopiña, W. 2016.*

A menor distancia transmisor-receptor, habrá menos pérdidas, por lo que se puede destacar la ventaja de las estaciones de radiodifusión FM ubicadas en el cerro Hignug Cacha, a una distancia aproximada de 6,87 km de Riobamba, y la gran desventaja de las ubicadas en lugares lejanos como son el cerro Bazán (26,97 km), cerro San Guisel Alto (22,75 km), Loma Santa Vela (18,69 km) y en el cerro la Mira (18,1 km). La distancia al cerro Zalarón (12,94 km) casi duplica la distancia al cerro Hignug Cacha.

### 5.2.2 Instalaciones y equipos utilizados

Para conectar el transmisor a la antena, se utilizan: cables, conectores, distribuidor, siendo por demás importante, su correcta adaptación, que depende no solo de su longitud, sino de la atenuación, respuesta de frecuencia e impedancia característica.

No toda la potencia generada es radiada, tanto por condiciones externas como por los equipos utilizados. Por ejemplo, el mal acoplamiento entre la línea de transmisión y el distribuidor puede originar *potencia reflejada*, así que la importancia de utilizar cálculos correctos de líneas de transmisión, coeficiente de reflexión y equipos homologados es indudable.

La falta de uso de *sistemas de enfriamiento*, limita el tiempo de vida útil de los equipos, en especial en el caso de las tarjetas de amplificación, por lo que es común que sufran averías, y por tanto, operen con potencias inferiores hasta la reparación o cambio de las mismas.

**Figura 5.2-19** Falta de uso de sistemas de enfriamiento.



**Fuente.-** Fotografía Radiodifusora 106,9 MHz.

La *compartición de instalaciones*, suele también generar inconvenientes, ya que con la intención de abaratar costos de operación, se ha verificado que en el cerro Hignug-Cacha en una sola caseta se encuentran instaladas 6 estaciones de radiodifusión, sin las debidas protecciones: carga acumulada de consumo de energía, sistema de tierra individual, sistemas de enfriamiento, etc.

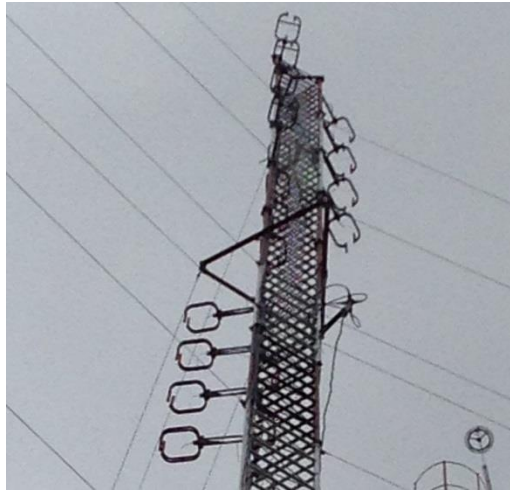
**Figura 5.2-20** Compartición de varias estaciones FM en una misma caseta de equipos.



**Fuente.-** Fotografía tomada a varias estaciones

Similar problema se presenta por el *uso compartido de torres* de soporte de antenas, lo cual implica utilizar menor altura para algunas estaciones, así como azimut no adecuado.

**Figura 5.2-21** *Compartición de varias estaciones FM en una sola torre de soporte de antenas.*



**Fuente.-** *Fotografía de varias antenas en torre compartida en el cerro Cacha.*

Con respecto al cable utilizado, el problema se origina por el *sobrante del rollo* adquirido, que por lo general es almacenado innecesariamente, generando pérdidas adicionales e incluso generando inducción electromagnética al formarse una bobina.

**Figura 5.2-22** *Cable sobrante enrollado que provoca pérdidas e inducción electromagnética.*



**Fuente.-** *Fotografía de sobrante del cable tomada en el cerro Cacha.*

La *gran densidad* de transmisores y antenas en un mismo sitio, que conlleva a generación de intermodulaciones y levantamiento del piso de ruido es otro de los problemas detectados.

Se ha verificado que muy pocas torres soporte de antenas cuentan con un sistema de pararrayos que protejan sus instalaciones de descargas eléctricas atmosféricas.

Otro problema detectado en las inspecciones y mediciones de campo es la mala calibración de los equipos que componen el sistema FM, entre ellos: ajustes en el receptor de enlace, fallas en el distribuidor de potencia, conectores de mala calidad, cables con excesivas pérdidas o no adecuados para la potencia transmitida, mal acoplamiento en las líneas de transmisión que se traduce en alta potencia reflejada, excesivo o insuficiente ancho de banda, falta de mantenimiento en equipos y antenas, además de la falta de personal técnico calificado que realice la instalación y manipulación de equipos.

**Figura 5.2-23** Transmisores y antenas en cerro Hignug-Cacha que demuestra alta densidad.



**Fuente.-** Fotografía de torres en el cerro Hignug Cacha.

En las inspecciones realizadas en los cerros, se constataron los equipos utilizados por cada estación de radiodifusión FM, cuya información se detalla en la tabla 5.2-9:

**Figura 5.2-24** Inspecciones de equipos de transmisión FM de las estaciones que sirven a la ciudad de Riobamba.



**Fuente.-** Fotografía de equipos de las radiodifusoras 89,3 y 104,5 MHz

**Tabla 5.2-9** Información de equipos utilizados por las estaciones de radiodifusión FM.

Estación de Radiodifusión FM (MHz)	Altura Torre (m)	Equipo Tx FM Marca/Modelo	Cable			Conector	Observación
			Tipo	Diámetro (Plg)	Longitud (m)		
89,3	30	RVR PJ 1000M	LDF 4-50 A	7/8	27,5	L44R 7/8	
90,5	30	RVR TEX 1000-LIGHT	Andrew Helix	1/2	36	7/8	
91,3	48	RVR TEX100	LDF 4-50 A	1/2	51,5	Tipo N	
91,7	48	NAUTEL NARF07 FCC B3WFM3-5	RG-319 A/V	1 5/8	39	EIA Flange 7/8	
93,3	42	RVR TEX1000-LCD	LDF 5-50 A	7/8	51,5	EIA Flange 7/8	
93,7	48	OMB AM250S	LDF 4-50 A	1/2	46	Tipo N	
95,3	42	RVR PJ1000M	Andrew Helix	3/4	50	EIA Flange 7/8	
95,7	15	RVR TEX 1000 LIGHT	Draka RFA	1/2	15,5	EIA Flange 7/8	
96,1	33	OMB AM1000	LDF 4-50 A	1/2	34,5	EIA Flange 7/8	
96,5	30	RVR TEX1000LCD	Andrew Helix AVA5-5U	7/8	45	7/8	Respaldo de energía
97,7	48	RVR PJ1000-C/PFL	Andrew Helix	7/8	39	EIA Flange L45R 7/8	Respaldo de energía y Filtro rechaza armónicos
98,5	48	RVR TEX300	LDF 4-50 A	1/2	47	Tipo N	
99,7	26	ABS ATV 050SSF	LDF 4-50 A	1/2	22,5	Tipo N	
102,1	30	MIZAR FM	HFE 12D LS	1/2	31	Tipo N	
102,9	30	RVR TEX500.LCD	Andrew Helix	1/2	36	Tipo N	
104,5	30	RVR PJ2000M-C	Andrew Helix	7/8	33	EIA Flange L45R 7/8	
104,9	35	RVR TEX1000-LCD	LDF 5-50 A	7/8	30,5	EIA Flange	Filtro rechaza armónicos
105,7	27	NAUTEL NARF06 / NAC57A	LDF 4-50 A	7/8	24,5	EIA Flange 7/8	Filtro rechaza armónicos
106,1	28	RVR VJ 1000 HP	Andrew Helix	7/8	44	EIA Flange L45R 7/8	Filtro rechaza armónicos
106,9	33	RVR TEX1000-LCD	LDF 4-50 A	1/2	34,5	EIA Flange 7/8	

Realizado por: Calvopiña, W. 2016.

No se presentan los modelos de equipos de todas las estaciones FM, debido a que no se ha recibido autorización de los concesionarios por motivos de seguridad.

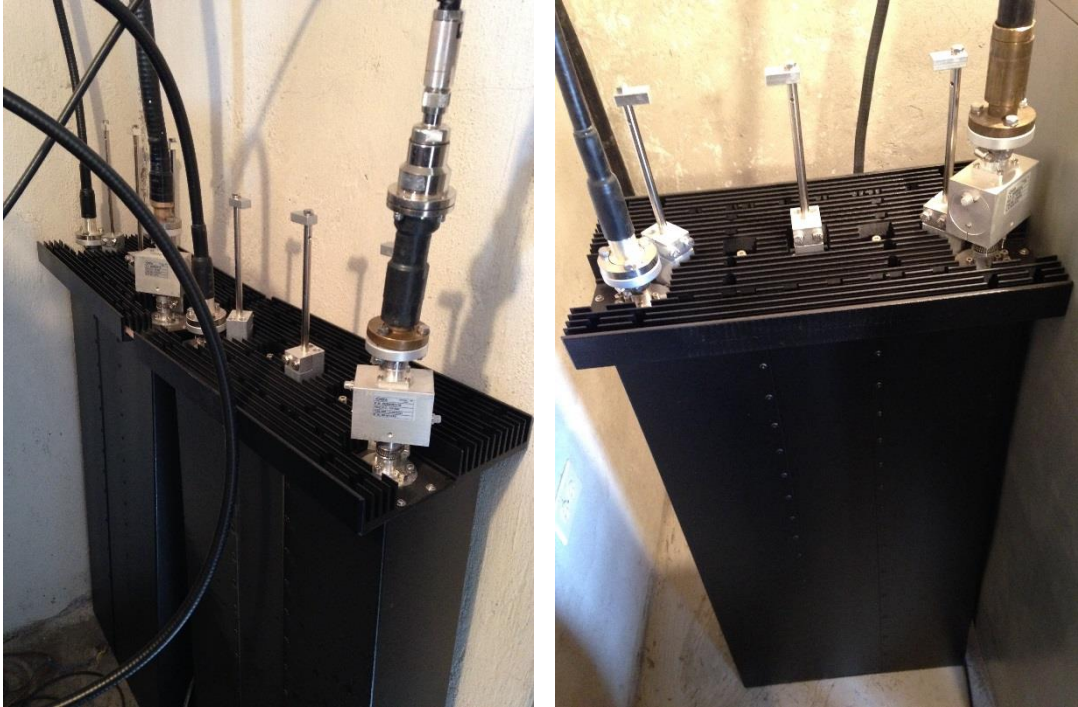
En general mayormente se utilizan en el sistema de transmisión, equipos y elementos con las siguientes características:

- Equipos de transmisión: marca RVR, OMB, Nautel, ABS, R&S, etc.
- Cables: Andrew Helix, LDF, Draka. La longitud depende de la ubicación del sistema.
- Conectores: EIA Flange, Tipo N.
- Torres: autoportadas o con tensores con alturas que varían entre 18 y 48 metros.

Es importante mencionar, que la ARCOTEL ha dispuesto la utilización de filtros que eliminen los armónicos en las estaciones de radiodifusión FM que operan en cerros con alta densidad de transmisores, como medida de corrección a los problemas de interferencia y elevación del piso de ruido, presentados en la banda.

A la fecha de inspección (ago-2015) y considerando que el 88% de las radiodifusoras analizadas en este caso de estudio, tienen su transmisor en el cerro Hignug Cacha, únicamente 4 radiodifusoras cuentan con este elemento.

**Figura 5.2-25** Filtros rechazabanda (Notch filter) que evitan la difusión de armónicos de las estaciones FM, instalados en el cerro Cacha.



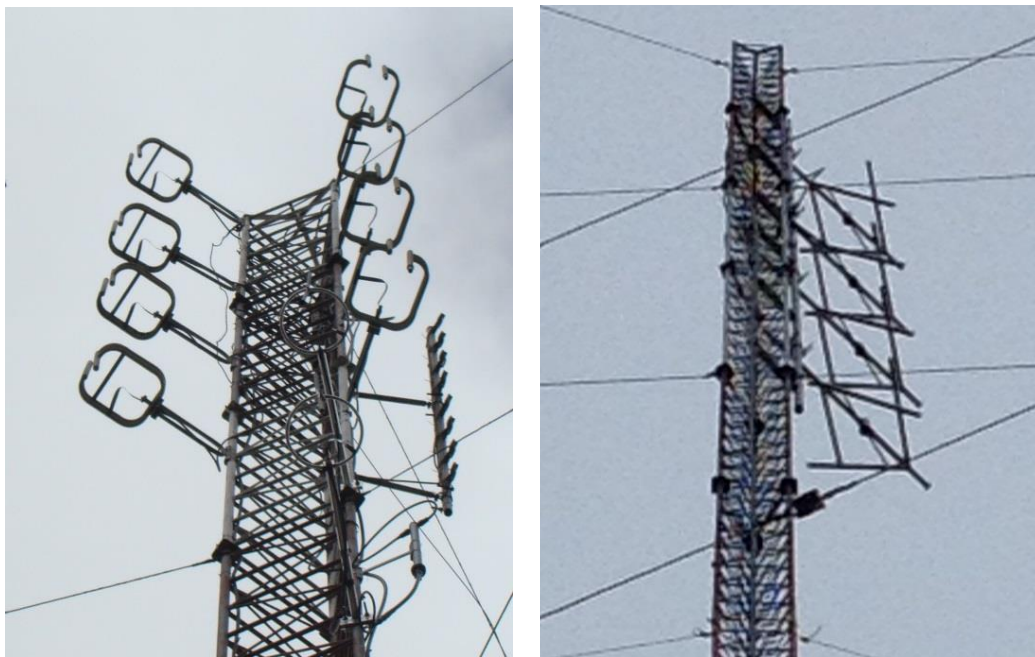
**Fuente.-** Fotografía de filtros de las radiodifusoras 105,7 y 97,7 MHz en el cerro Cacha.

La utilización de filtros evita ciertos inconvenientes en la transmisión, al reducir los armónicos (entre 60 a 80 dB); sin embargo es necesario considerar que agregan pérdidas al sistema de transmisión en aproximadamente 0,8 dB en la frecuencia principal. A lo que se deben adicionar las consideraciones y características del distribuidor de potencia, la línea de transmisión, longitud y pérdidas del cable, su adaptación y pérdidas por conectores.

### **5.2.3 Sistema radiante**

Las características y configuración del sistema radiante son sin duda decisivas para la transmisión de la señal. Principalmente se consideran: número de antenas del arreglo y su separación óptima, ganancia, respuesta de frecuencia, polarización, directividad (Tilt y azimut) y características de los patrones de radiación horizontal y vertical.

**Figura 5.2-26** Sistemas radiantes de las radiodifusoras FM que sirven a la ciudad de Riobamba.



**Fuente.-** Fotografía de sistemas radiantes en el cerro Hignug - Cacha.

### **5.2.3.1 Antenas**

Las antenas son dispositivos cuya función es la transformación de energía eléctrica recibida por cables, en ondas electromagnéticas; y el proceso opuesto, recibiendo ondas electromagnéticas del espacio y convirtiéndolas en señales eléctricas. La primera se conoce como antena transmisora y la segunda como receptora.

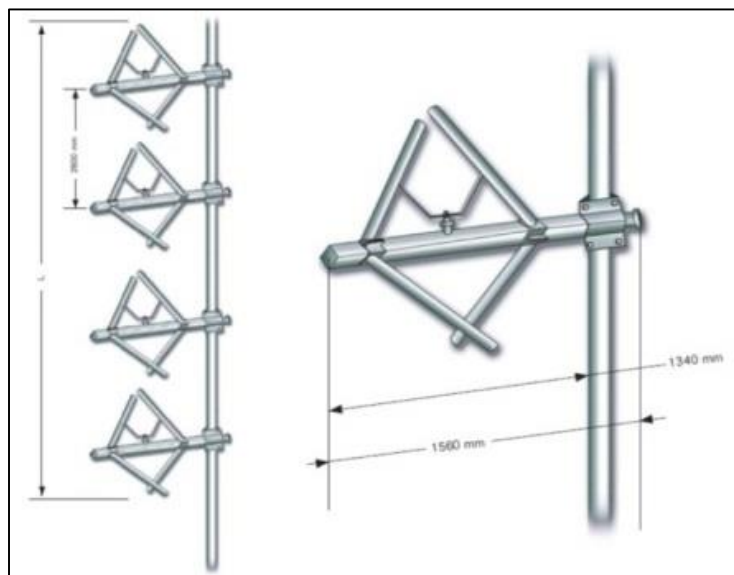
En razón de que la radiodifusión FM busca llegar a grandes poblaciones con un elevado número de receptores, la utilización de radioenlaces punto a punto se limita a la transmisión de la señal desde los estudios de la estación hasta el punto de radiación, en donde se utilizan arreglos de antenas construidas fundamentalmente a partir de antenas dipolo que permitan la difusión para una amplia cobertura, excepto aquellas que tengan restricciones legales y deban cubrir a una población específica únicamente.

Comúnmente se utilizan varias antenas básicas agrupadas en arreglos y alineadas verticalmente, generando un lóbulo de radiación de gran haz de radiación. Se ubican en lugares elevados para lograr una buena visibilidad y mayor alcance, mejorando la transmisión. En la mayoría de estaciones parte del presente estudio se utiliza un arreglo de 4 radiadores similares a los mostrados en la figura 5.2-27.

Considerando las especificaciones requeridas y los datos recopilados en este caso de estudio se resume:

- De las antenas utilizadas, la que ofrece mayor ganancia es el “Arreglo de 4 antenas Yagi de 3 elementos”, por lo que podría ser una buena elección, utilizarla en lugar de otras antenas cuya ganancia ofrecida es menor, y obviamente, en lugar de cualquier otra antena construida artesanalmente, como en el caso de las antenas de construcción nacional; considerar que el lóbulo de radiación se hace más directivo por lo cual se pierden zonas de cobertura.
- Debido a que la ganancia depende del número de dipolos utilizados, al menos se deberían utilizar 3 o 4 elementos.
- La configuración en la radiodifusión FM puede aprovechar la polarización circular, en este caso, se estaría hablando de antenas con polarización cruzada.

**Figura 5.2-27** Antena para radiodifusión FM. Marca RVR, Modelo ACP1. Izquierda arreglo de 4 antenas, derecha antena individual.



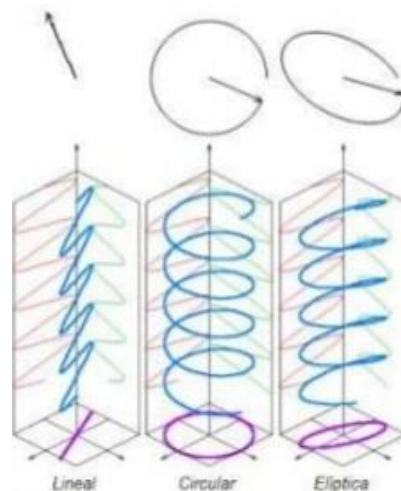
**Fuente.-** Documento técnico RVR ACP1 Antenna.  
**Disponible:** <http://www.rvrusa.com/brochures/ACP1.pdf>

### 5.2.3.2 Polarización

La polarización de una antena indica la orientación del campo electromagnético que recibe o emite. Se conoce como polarización vertical, si el campo eléctrico es perpendicular al horizonte; de polarización horizontal, si el campo eléctrico es paralelo al horizonte, y de polarización circular o elíptica si el campo eléctrico gira formando círculos o elipses.

La radiodifusión FM se fundamenta principalmente en la polarización vertical, siendo ésta configuración la mayormente utilizada; también en menor cantidad operan estaciones con polarización circular.

**Figura 5.2-28** Polarización lineal, circular y elíptica.



**Fuente.-** V Garcés, J Chaparro y R Cárdenas. "Antenas".

**Disponible:** <http://es.slideshare.net/JuFe13/antenas-26370082>

### 5.2.3.3 Patrón de radiación

El patrón de radiación es la representación gráfica, expresada en sistema cartesiano o en diagrama polar, de la potencia radiada por la antena en función de la dirección, es decir, representa la fuerza de los campos electromagnéticos de la antena.

Así, una antena ideal (antena isotrópica), irradia energía uniformemente en todas las direcciones; una antena omnidireccional, orienta la señal con un haz amplio pero de corto alcance; mientras que una antena direccional, emana la señal en una dirección determinada, con un haz estrecho pero de largo alcance.

**Figura 5.2-29** Patrones de radiación.



**Fuente.-** Consideraciones generales sobre Antenas. Parámetros.

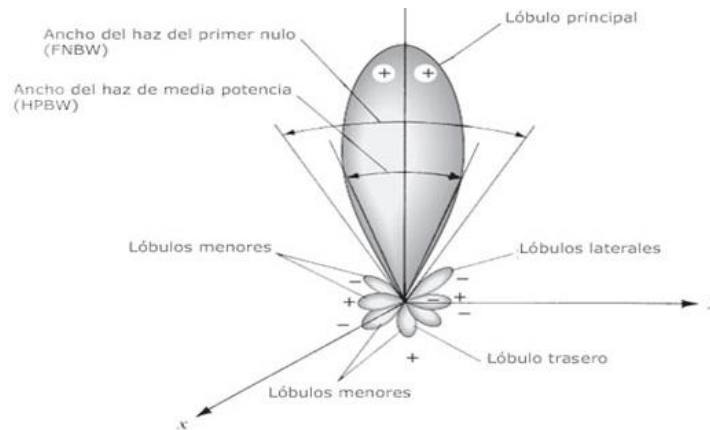
**Disponible en:** [http://www.upv.es/antenas/Documentos\\_PDF/transparencias/Antenas\\_tema\\_1.pdf](http://www.upv.es/antenas/Documentos_PDF/transparencias/Antenas_tema_1.pdf)

Cada porción del patrón de radiación está limitada por las regiones de intensidad relativamente débiles, se define como [6]:

- **Lóbulo mayor o lóbulo principal:** se encuentra en la dirección de máxima radiación, y contiene la mayor cantidad de potencia.
- **Lóbulos menores:** son cualquier lóbulo que no sea el principal, idealmente se trata de eliminarlos ya que son radiaciones accidentales en direcciones no deseadas, que pueden causar interferencia con otros sistemas además de consumir potencia propia.

- *Lóbulo lateral*: es un lóbulo en cualquiera otra dirección, suele ser adyacente al lóbulo principal y ocupa el hemisferio ubicado en la misma dirección que éste.
- *Lóbulos posteriores*: se refieren a los lóbulos menores que ocupan el hemisferio opuesto al lóbulo principal.

**Figura 5.2-30** Patrón de radiación de una antena sectorial.

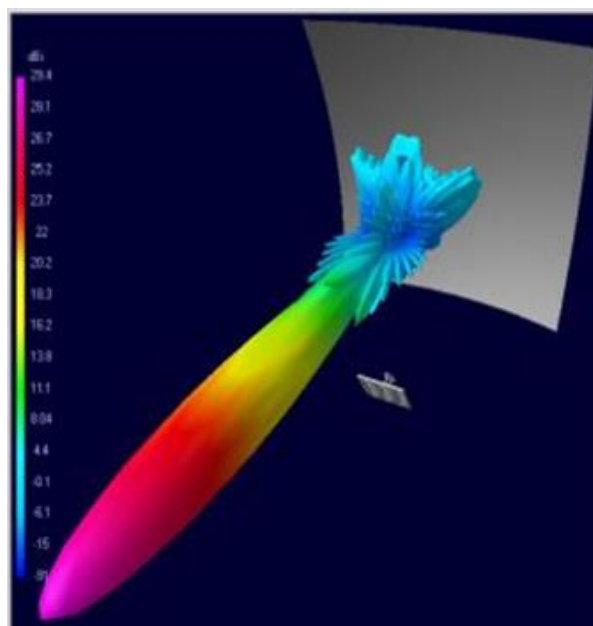


**Fuente.-** Optimización de la Estimación de DOA en Antenas Inteligentes usando criterios de Redes Neuronales.  
**Disponible:** [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59282013000100006&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59282013000100006&script=sci_arttext)

### 5.2.3.4 Directividad

La directividad es la habilidad de una antena para direccionar la energía radiada en una dirección específica. Para mejor entendimiento se pueden observar las siguientes figuras, donde el patrón de radiación de la primera es más directivo que el de la segunda.

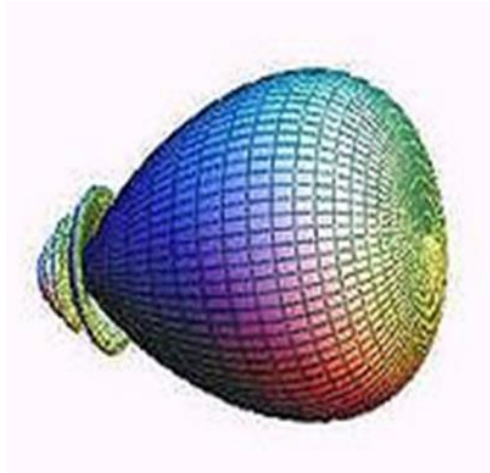
**Figura 5.2-31** Patrón de radiación directivo.



**Fuente.-** Antena Yagi.

**Disponible en:** <https://maam891.wordpress.com/2011/05/03>

**Figura 5.2-32** Patrón de radiación de una antena Yagi.



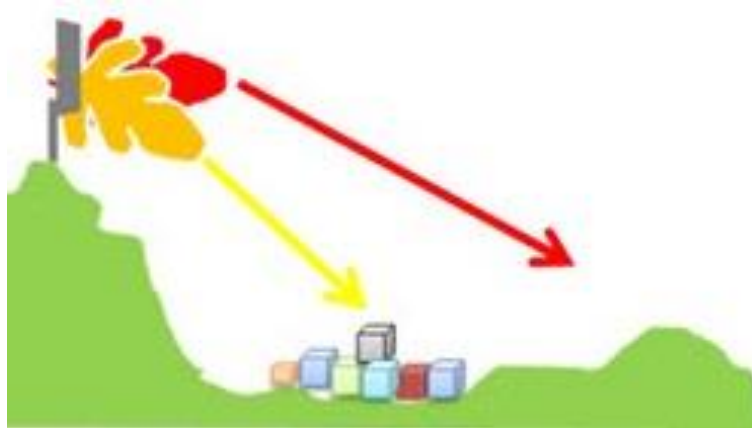
**Fuente.-** Antena Yagi.

**Disponible en:** <https://maam891.wordpress.com/2011/05/03>

### 5.2.3.5 **Inclinación del haz o TILT**

La pendiente de la antena con relación al eje, inclinación del haz, abertura del haz, ángulo de inclinación o TILT, define la correcta configuración y adaptación del sistema radiante, pues así se logra concentrar la energía radiada en la dirección deseada, al apuntar el lóbulo principal, logrando reducir interferencias y mejorando la intensidad de campo que llega a los receptores. [7]

**Figura 5.2-33** TILT.



**Fuente.-** Tilt Eléctrico y Mecánico de la antena.

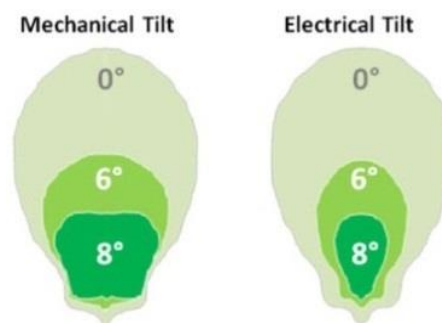
**Disponible:** [http://www.academia.edu/11481696/TILT\\_EL%C3%89CTRICO\\_Y\\_MEC%C3%81NICO](http://www.academia.edu/11481696/TILT_EL%C3%89CTRICO_Y_MEC%C3%81NICO)

Si la inclinación es hacia abajo, se denomina downtilt, mientras que si es hacia arriba, se denomina uptilt. En este caso, debido a la ubicación en regiones montañosas y aprovechando la facilidad de ubicar los sistemas de transmisión a mayores alturas para brindar mayor cobertura, se trata definitivamente de una inclinación downtilt.

Al aplicar tilt, puede hablarse de [7]:

- Inclutación mecánica, ubicando el sistema radiante sobre un herraje mecánico, recomendada a utilizarse en antenas directivas, provistas con reflectores, para dar cobertura a zonas específicas.
- Inclutación electrónica, manipulando la fase de las corrientes de excitación de los elementos, generalmente del arreglo de antenas, si se requiere mayor homogeneidad en el lóbulo de radiación transmitida.
- Combinación de inclinación mecánica y electrónica

**Figura 5.2-34** TILT Eléctrico y TILT Mecánico.



**Fuente.-** Tilt Eléctrico y Mecánico de la antena.

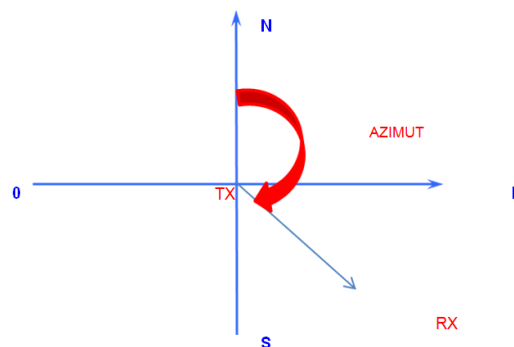
**Disponible:** [http://www.academia.edu/11481696/TILT\\_EL%C3%89CTRICO\\_Y\\_MEC%C3%81NICO](http://www.academia.edu/11481696/TILT_EL%C3%89CTRICO_Y_MEC%C3%81NICO)

### 5.2.3.6 Azimut

El azimut o direccionamiento, es el ángulo horizontal que se define en relación al norte geográfico o al norte magnético, en sentido horario.

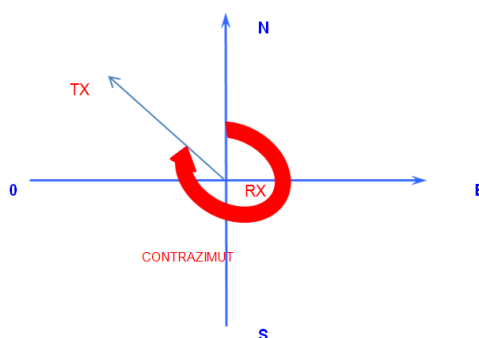
El azimut inverso, o contra azimut se obtiene sumando o restando 180° al azimut, dependiendo de si el azimut es menor o mayor a 180°, respectivamente.

**Figura 5.2-35** Azimut.



**Realizado por:** Calvopiña, W. 2016.

**Figura 5.2-36** Contra-azimut.



**Realizado por:** Calvopiña, W. 2016.

El azimut influye tanto como el TILT en la transmisión de la señal, y generalmente tiene una tolerancia de  $\pm 10$  grados en broadcast (radiodifusión).

### 5.2.3.7 Ganancia

La ganancia de una antena es la relación entre la potencia que entra en la antena y la que sale de la misma. Se puede expresar en dBi cuando se refiere a la comparación entre la potencia que sería radiada por la antena analizada y una antena omnidireccional (isotrópica), y se expresa en dBd cuando se relaciona con un dipolo.

La relación entre dBd y dBi se define como:

$$\text{dBd} = \text{dBi} - 2,15$$

### 5.2.3.8 Análisis de la configuración técnica de las antenas

En las inspecciones realizadas en cada cerro se constataron las antenas utilizadas en las estaciones de radiodifusión FM, cuya información se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 5.2-10** Antenas utilizadas por las radiodifusoras FM.

Estación de Radiodifusión FM (MHz)	Antena Utilizada	Polarización	Ganancia (dBd)
88,1	ARREGLO DE 4 ANTENAS YAGI DE 3 ELEMENTOS	Vertical	7
88,5	ARREGLO DE 4 RADIADORES <i>Construcción Nacional</i>	Vertical	3
88,9	ARREGLO DE 4 RADIADORES <i>Construcción Nacional</i>	Vertical	3
89,3	ARREGLO DE 4 RADIADORES	Circular	1,5
89,7	ARREGLO DE 4 RADIADORES <i>Construcción Nacional</i>	Circular	3

Continúa...

Estación de Radiodifusión FM (MHz)	Antena Utilizada	Polarización	Ganancia (dBd)
90,1	4 ANTENAS DIPOLO EN ANILLO	Vertical	3
90,5	ARREGLO DE 4 RADIADORES <i>Construcción Nacional</i>	Vertical	3
91,3	ARREGLO DE 4 RADIADORES <i>Construcción Nacional</i>	Vertical	3
91,7	ARREGLO DE 4 RADIADORES TIPO ANILLO	Circular	3
92,1	4 DIPOLOS RADIANTES	Circular	3
92,5	ARREGLO DE 4 RADIADORES	Circular	3
92,9	ARREGLO DE 4 RADIADORES <i>Construcción Nacional</i>	Vertical	3
93,3	ARREGLO DE 4 RADIADORES	Vertical	1,5
93,7	ARREGLO DE 4 RADIADORES <i>Construcción Nacional</i>	Vertical	3
94,1	UNA ANTENA TIPO YAGI DE 3 ELEMENTOS	Vertical	7
94,5	ARREGLO DE 4 RADIADORES ALTA PENETRACIÓN	Circular	1,5
95,3	ARREGLO DE 4 RADIADORES <i>Construcción Nacional</i>	Vertical	3
95,7	ARREGLO DE 4 RADIADORES	Circular	1,5
96,1	ARREGLO DE 4 RADIADORES <i>Construcción Nacional</i>	Vertical	3
96,5	4 ANTENAS TIPO DOBLE DIPOLO EN V	Circular	1,5
96,9	ARREGLO DE 4 RADIADORES <i>Construcción Nacional</i>	Vertical	3
97,3	ARREGLO DE 4 RADIADORES <i>Construcción Nacional</i>	Vertical	3
97,7	ARREGLO DE 4 RADIADORES	Circular	1,5
98,5	ARREGLO DE 4 RADIADORES <i>Construcción Nacional</i>	Vertical	3
98,9	ARREGLO DE 4 ANILLOS RADIADORES	Vertical	3
99,7	ARREGLO DE 4 ANILLOS <i>Construcción Nacional</i>	Vertical	3
100,1	YAGI DE 3 ELEMENTOS	Vertical	7
100,9	2 YAGI DE 3 ELEMENTOS	Vertical	7
101,3	ARREGLO DE 4 RADIADORES <i>Construcción Nacional</i>	Vertical	3
101,7	ARREGLO DE 4 RADIADORES	Circular	3
102,1	ARREGLO DE 4 RADIADORES	Vertical	1,5
102,5	ARREGLO DE 4 RADIADORES	Circular	3
102,9	ARREGLO DE 4 RADIADORES <i>Construcción Nacional</i>	Vertical	3
103,7	ARREGLO DE 4 RADIADORES <i>Construcción Nacional</i>	Vertical	3
104,1	ARREGLO DE 4 DIPOLOS	Circular	3
104,5	ARREGLO DE 4 RADIADORES	Vertical	3
104,9	ARREGLO DE 4 RADIADORES <i>Construcción Nacional</i>	Vertical	3
105,3	ARREGLO DE 4 ANTENAS DE DOBLE DIPOLO CRUZADO EN V	Vertical	1,5
105,7	ARREGLO DE 4 RADIADORES <i>Construcción Nacional</i>	Vertical	3
106,1	ARREGLO DE 4 DIPOLOS	Circular	3
106,9	ARREGLO DE 4 RADIADORES <i>Construcción Nacional</i>	Vertical	3
107,3	ARREGLO DE 4 RADIADORES	Vertical	3

Realizado por: Calvopiña, W. 2016.

Según los datos anteriores se puntualiza lo siguiente:

- Como se mencionó anteriormente, la radiodifusión FM fundamentalmente utiliza la polarización vertical:
  - o 29 estaciones de radiodifusión FM, es decir el 69%, utilizan polarización vertical.
  - o 13 estaciones de radiodifusión FM, es decir el 31%, utilizan polarización circular.
- 33 estaciones de radiodifusión FM, utilizan antenas tipo radiador FM: 22 de construcción nacional y 11 antenas importadas.
- 5 estaciones de radiodifusión FM, utilizan antenas tipo dipolo FM.
- 4 estaciones de radiodifusión FM, utilizan antenas yagi.

La utilización de antenas certificadas es un factor decisivo, ya que las antenas de construcción nacional, sin respaldo de hoja de datos reales, no aseguran una irradiación óptima de la señal, es decir, con pocas pérdidas, lóbulo establecido, respuesta de frecuencia e incluso con una ganancia definida. Por lo que 22 radiodifusoras FM, es decir el 52,38% de las estaciones consideradas, al utilizar antenas de construcción artesanal tienen una gran desventaja respecto a las que utilizan antenas garantizadas.

A manera demostrativa, en la siguiente fotografía se aprecia parte del escenario en el cerro Hignug Cacha, donde varias torres albergan antenas de diferentes radiodifusoras FM.

**Figura 5.2-37** Antenas de varias radiodifusoras FM – Inspección Cerro Hignug Cacha.



**Fuente.-** Fotografía de torres y antenas – Cerro Cacha.

En general, al hablar de arreglos de antenas se destaca lo siguiente [8]:

- La utilización de antenas colineales no suele ser recomendable, ya que aunque tienen un bajo costo y ocupan poco espacio, ofrecen poca ganancia, poco ancho de banda, tienen una radiación omnidireccional y la potencia suele limitarse a 250 W.
- Los paneles ofrecen un diagrama relativamente omnidireccional al colocar 4 (1 c/90° de ancho de haz), pudiendo utilizarse polarización horizontal o vertical, y admiten potencias de alrededor de 2,5 kW.
- Antena dipolo circular FM, o radiador FM, es una antena circular, de doble polarización Vertical/Horizontal, cuyo diagrama de radiación es omnidireccional; es ideal para cubrir núcleos urbanos por su alta penetración. Se pueden apilar, por ejemplo, en grupos de 2, la ganancia aumenta unos 3 dB.
- En el caso de utilizar una antena Yagi, se suelen añadir elementos llamados “parásitos”, para hacerla direccional y además reducir la carga del viento, estos pueden ser: directores (delante de la antena, para reforzar la señal en el sentido de emisión), o reflectores (detrás de la antena, para bloquear la captación de señales en la dirección opuesta al emisor).

El ancho de haz del diagrama de radiación es considerable, puede utilizarse polarización horizontal, vertical, o circular (yagis cruzadas), la ganancia depende del número de dipolos utilizados, y el ancho de banda es limitado a 5 MHz, soportando una potencia de 5 kW aproximadamente.

#### *Cálculo de la Ganancia del sistema radiante:*

La ganancia que debe ser considerada, de acuerdo con lo establecido en el “INSTRUCTIVO PARA LA VERIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS Y CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN EN LAS INSPECCIONES DE COMPROBACIÓN DE LA OPERACIÓN DE LAS ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN SONORA Y DE TELEVISIÓN ABIERTA” emitido mediante Resolución 0818-ARCOTEL-2015 de 25 de noviembre de 2015, es la ganancia del arreglo de antenas en el azimut de máxima radiación y no de la antena individual. Para tal efecto se toma como referencia los datos de catálogos y manuales, así como las siguientes fórmulas:

$$\text{Para un arreglo lineal: } G_T = G_A + 10 * \log[A_T]$$

$$\text{Para un arreglo Compuesto: } G_T = G_A + 10 * \log[A_{MR}] + 10 * \log \left[ \frac{A_{MR}}{A_T} \right]$$

Dónde:

$G_T$  es la ganancia del arreglo en dBd

$G_A$  es la ganancia de la antena individual en dBd

$A_{MR}$  es el número de antenas en la dirección de máxima radiación

$A_T$  es el número total de antenas del arreglo

Analizar el ángulo de inclinación y el azimut, permitirá comprender mejor la situación real de la transmisión. Tomando el ejemplo analizado en 5.2.1.7, se detalla el proceso de cálculo utilizado en el caso de la estación de radiodifusión FM 92,9 MHz:

- Para hallar el ángulo de inclinación se utiliza:

$$\text{sen } \theta = \frac{\Delta h}{D3D} \quad \text{entonces} \quad \theta = \text{sen}^{-1} \frac{\Delta h}{D3D} = \text{sen}^{-1} \frac{0,926}{27,062} = 1,961^\circ$$

- Para calcular el azimut, se considera la ubicación del emisor y el transmisor, ubicando el sistema en uno de los cuadrantes.

**Tabla 5.2-11** Cálculo del azimut.

Cuadrante	Ángulo		Azimut
	(rad)	(grados)	
I	$\text{sen}^{-1} (\Delta \text{ long (km)} / D2D \text{ (km)})$	$\text{rad} * 180 / \pi$	ángulo + 0°
II	$\text{sen}^{-1} (\Delta \text{ lat (km)} / D2D \text{ (km)})$	$\text{rad} * 180 / \pi$	ángulo + 270°
III	$\text{sen}^{-1} (\Delta \text{ long (km)} / D2D \text{ (km)})$	$\text{rad} * 180 / \pi$	ángulo + 180°
IV	$\text{sen}^{-1} (\Delta \text{ lat (km)} / D2D \text{ (km)})$	$\text{rad} * 180 / \pi$	ángulo + 90°

Descripción gráfica Cuadrante	
II	I
III	IV

*Realizado por: Calvopiña, W. 2016.*

Para calcular  $\Delta \text{ lat (km)}$  y  $\Delta \text{ long (km)}$ , se consideran las coordenadas del emisor (92,9 MHz) y del receptor (scd-I01):

$$\Delta \text{ lat (km)} = k * |\text{lat } 1 - \text{lat } 2|$$

$$\Delta \text{ long (km)} = k * |\text{long } 1 - \text{long } 2|$$

Siendo  $k = 111,195 \text{ km}$ , el cuadrante en este caso de análisis, es el II, como se refleja en la

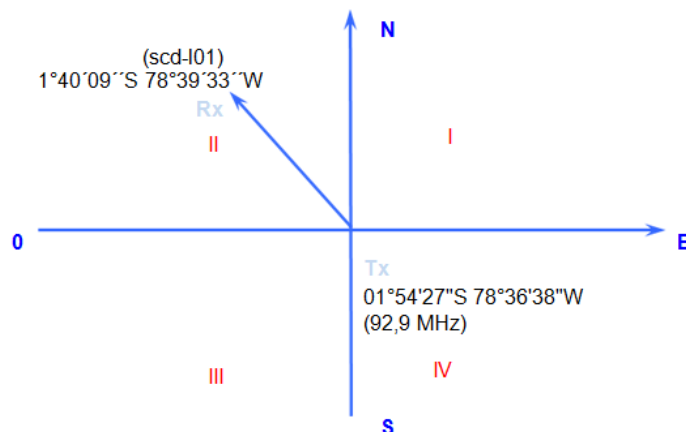
**Figura 5.2-38**, así que se calculará  $\Delta \text{ lat (km)}$  para hallar el azimut:

$$\Delta \text{ lat (km)} = k * |\text{lat } 1 - \text{lat } 2| = 111,195 * |-1,669 - (-1,908)| = 26,501 \text{ km}$$

$$\text{Ángulo} = \text{sen}^{-1} \frac{\Delta \text{ lat}}{D2D} = \text{sen}^{-1} \frac{26,501}{27,047} = 1,3697 \text{ rad} = 78,477^\circ$$

$$\text{Azimut } (^\circ) = 78,477^\circ + 270^\circ = 348,468^\circ$$

**Figura 5.2-38** Representación de Tx-Rx para cálculo de azimut.



*Realizado por: Calvopiña, W. 2016.*

La Tabla 5.2-12 recopila los datos obtenidos en las inspecciones y los resultados de los cálculos realizados. Se debe considerar que azimut óptimo es aquel ángulo al cual debería estar direccionada la máxima radiación de la antena de transmisión FM.

**Tabla 5.2-12** Ángulo de inclinación y azimut de las radiodifusoras FM.

Estación de Radiodifusión FM (MHz)	Azimut verificado en inspecciones (°)	Datos de distancias reales entre transmisor y equipo de medición			Ángulos calculados con ubicaciones reales		Diferencia entre azimut óptimo y azimut verificado (°)
		$\Delta h$ (km)	D2D (km)	D3D (km)	Ángulo de Inclinación (°)	Azimut Óptimo (°)	
88,1	78	0,727	6,803	6,842	6,099	68,267	-9,733
88,5	73	0,735	6,881	6,920	6,097	68,259	-4,741
88,9	54	0,735	6,881	6,920	6,097	68,259	14,259
89,3	63	0,735	6,892	6,931	6,087	68,222	5,222
89,7	80	0,735	6,906	6,945	6,075	68,208	-11,792
90,1	76	0,731	6,785	6,824	6,149	68,416	-7,584
90,5	55	0,731	6,850	6,888	6,092	68,277	13,277
91,3	45	0,749	6,843	6,884	6,247	68,318	23,318
91,7	62	0,753	6,936	6,977	6,196	68,210	6,210
92,1	73	0,733	6,868	6,907	6,092	68,178	-4,822
92,5	70	0,727	6,928	6,966	5,991	66,270	-3,730
92,9	350	0,926	27,047	27,062	1,961	348,477	-1,523
93,3	88	0,740	6,828	6,868	6,186	68,250	-19,750
93,7	90	0,749	6,843	6,884	6,247	68,318	-21,682
94,1	205	1,173	18,282	18,320	3,671	202,971	-2,029
94,5	74	0,744	6,863	6,903	6,187	68,191	-5,809
95,3	70	0,747	6,919	6,959	6,162	68,218	-1,782
95,7	58	0,718	6,859	6,896	5,976	68,262	10,262
96,1	210	0,734	6,843	6,882	6,123	68,318	-141,682
96,5	68	0,729	6,835	6,874	6,088	68,238	0,238
96,9	52	0,728	6,871	6,910	6,048	68,238	16,238
97,3	82	0,729	6,906	6,945	6,026	68,208	-13,792
97,7	73	0,754	6,888	6,929	6,247	68,206	-4,794
98,5	45	0,749	6,802	6,843	6,284	68,307	23,307
98,9	87	0,725	6,889	6,927	6,008	68,266	-18,734
99,7	124	0,729	6,874	6,912	6,054	68,157	-55,843
100,1	30	0,768	22,739	22,752	1,934	29,633	-0,367
100,9	232	0,659	18,759	18,771	2,012	240,004	8,004
101,3	67	0,716	6,882	6,919	5,940	68,222	1,222
101,7	63	0,725	6,900	6,938	5,998	68,230	5,230
102,1	70	0,730	6,843	6,882	6,089	68,240	-1,760
102,5	18	0,799	13,017	13,041	3,513	15,554	-2,446
102,9	23	0,731	6,850	6,888	6,092	68,277	45,277
103,7	60	0,715	6,906	6,943	5,911	68,208	8,208
104,1	62	0,730	6,835	6,874	6,096	68,238	6,238

Continúa...

Estación de Radiodifusión FM (MHz)	Azimut verificado en inspecciones (°)	Datos de distancias reales entre transmisor y equipo de medición			Ángulos calculados con ubicaciones reales		Diferencia entre azimut óptimo y azimut verificado (°)
		$\Delta h$ (km)	D2D (km)	D3D (km)	Ángulo de Inclinación (°)	Azimut Óptimo (°)	
104,5	63	0,733	6,868	6,907	6,092	68,178	5,178
104,9	52	0,738	6,874	6,913	6,128	68,157	16,157
105,3	94	0,739	6,803	6,843	6,199	68,267	-25,733
105,7	56	0,730	6,859	6,897	6,075	68,262	12,262
106,1	57	0,731	6,865	6,904	6,078	68,247	11,247
106,9	351	0,734	6,843	6,882	6,123	68,318	-282,682
107,3	82	0,726	6,925	6,963	5,985	68,184	-13,816

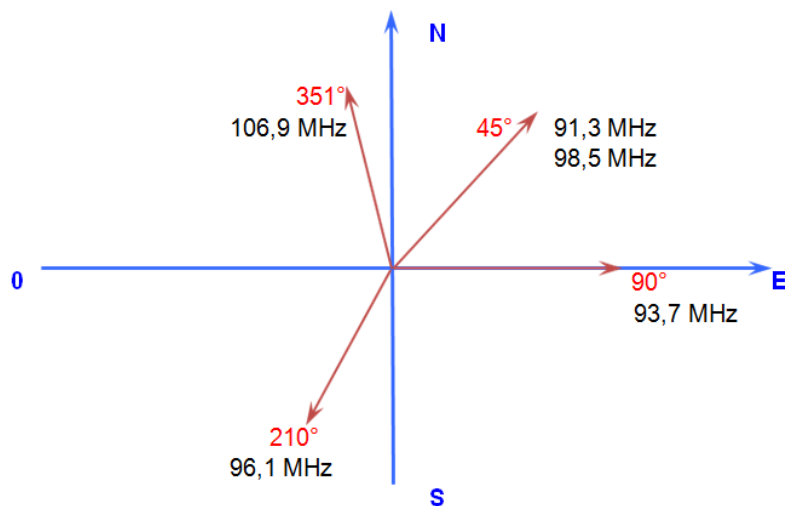
Realizado por: Calvopiña, W. 2016.

Teóricamente, las radiodifusoras FM ubicadas en el mismo cerro deberían configurarse con un azimut equivalente, al orientarse a una similar zona de cobertura.

En su mayoría, las radiodifusoras comparten una misma torre, así que algunas logran ubicarse a cierta distancia vertical una de otra, con un azimut similar, y diferente ángulo de inclinación; pero al contar con un espacio limitado (por la altura de la torre), se requiere en algunos casos variar también el valor del azimut, y al pretender cubrir la misma área de cobertura, se puede advertir que esta variación del azimut puede ser una gran desventaja.

Para comprender de mejor manera, en las siguientes figuras se pueden apreciar los azimuts de los arreglos de antenas de varias radiodifusoras que comparten una misma torre:

Figura 5.2-39 Azimut de varias radiodifusoras FM.



Realizado por: Calvopiña, W. 2016.

**Figura 5.2-40** Varios Arreglos de antenas compartiendo una torre en el cerro Hignug Cacha.



**Fuente.-** Fotografía de arreglos de antenas – Cerro Cacha.

Como se había mencionado, la ubicación de los transmisores es una referencia muy importante para analizar cada sistema de radiodifusión, y cada parámetro tiene su incidencia en la transmisión de la señal. En este caso los datos obtenidos anteriormente: diferencia de altura (Rx-Tx),  $\Delta$  lat (Rx-Tx),  $\Delta$  long (Rx-Tx), D2D y D3D, inciden en el ángulo de inclinación y el azimut, parámetros fundamentales en la transmisión al analizar la línea de vista.

El ángulo de inclinación se debe analizar específicamente en cada caso, debido a que existe inclinación mecánica y eléctrica.

Al comparar los ángulos de azimut a los que se debería dirigir la máxima radiación y los verificados en las inspecciones, se puede deducir que los sistemas radiantes no están correctamente direccionados, es decir no están bien instalados, afectando la calidad de la señal recibida.

En cuanto a la variación del azimut, se determinan los siguientes casos:

- Variación de hasta 45°: 38 estaciones de radiodifusión FM (90,5%).
- Variación de 45°- 90°: 2 estación de radiodifusión FM (4,8%).
- Variación de 90°- 180°: 1 estación de radiodifusión FM (2,4%).
- Variación de 180°- 360°: 1 estación de radiodifusión FM (2,4%).

### 5.2.4 Potencia en los transmisores FM

La potencia del transmisor es uno de los parámetros infaltables al analizar un sistema de transmisión, siempre se pretenderá radiar el máximo de potencia, y tener el mínimo de pérdidas, para garantizar la calidad de la transmisión y una buena propagación de las ondas electromagnéticas hacia el usuario, además de ahorrar en energía eléctrica.

En la Tabla 5.2.13 se esquematiza un cuadro comparativo entre las potencias autorizadas y las potencias utilizadas, verificadas en las inspecciones, tanto de la potencia del transmisor, como de la potencia efectiva radiada - PER.

Para calcular la PER utilizada, se consideran: pérdidas de 1.5dB, y potencia utilizada (emitida por el transmisor)  $Pot_{TX}(W)$ , en la siguiente fórmula:

$$PER (W) = Pot_{TX}(W) * 10^{[(ganancia_{antena}(dB)-p\u00e9rdidas)/10]}$$

**Figura 5.2-41** Medición de Potencia de salida de transmisores, utilizando vat\u00edmetro.



**Fuente.-** Fotograf\u00eda de la potencia del transmisor de radiodifusora 102.5 MHz.

**Tabla 5.2-13** An\u00e1lisis de la potencia utilizada respecto a la autorizada, en las estaciones de radiodifusi\u00f3n.

Frecuencia radiodifusora (MHz)	Potencia Autorizada en transmisor (W)	Potencia Utilizada en transmisor (W)	Porcentaje de Potencia utilizada en transmisor (%)	PER Autorizada (W)	PER Calculada (W)	Porcentaje de PER utilizada (%)
<b>88,1</b>	482,83	482	<b>99,83</b>	4000	1710,20	<b>42,76</b>
<b>88,5</b>	660	354	<b>53,64</b>	1000	500,04	<b>50,00</b>
<b>88,9</b>	700	680	<b>97,14</b>	1200	960,53	<b>80,04</b>
<b>89,3</b>	1650	977	<b>59,21</b>	2500	977,00	<b>39,08</b>
<b>89,7</b>	700	660	<b>94,29</b>	1190	932,27	<b>78,34</b>
<b>90,1</b>	300	280	<b>93,33</b>	560	395,51	<b>70,63</b>
<b>90,5</b>	1650	965	<b>58,48</b>	2500	1363,10	<b>54,52</b>
<b>91,3</b>	660	60	<b>9,09</b>	1000	84,75	<b>8,48</b>
<b>91,7</b>	1000	1000	<b>100,00</b>	1510	1412,54	<b>93,55</b>

Contin\u00faa...

<i>Frecuencia radiodifusora (MHz)</i>	<i>Potencia Autorizada en transmisor (W)</i>	<i>Potencia Utilizada en transmisor (W)</i>	<i>Porcentaje de Potencia utilizada en transmisor (%)</i>	<i>PER Autorizada (W)</i>	<i>PER Calculada (W)</i>	<i>Porcentaje de PER utilizada (%)</i>
<b>92,1</b>	1470	1228	<b>83,54</b>	2500	1734,60	<b>69,38</b>
<b>92,5</b>	1000	700	<b>70,00</b>	1510	988,78	<b>65,48</b>
<b>92,9</b>	1000	850	<b>85,00</b>	1500	1200,66	<b>80,04</b>
<b>93,3</b>	1000	965	<b>96,50</b>	1510	965,00	<b>63,91</b>
<b>93,7</b>	660	209	<b>31,67</b>	1000	295,22	<b>29,52</b>
<b>94,1</b>	500	450	<b>90,00</b>	1774,07	1596,66	<b>90,00</b>
<b>94,5</b>	1320	1200	<b>90,91</b>	2000	1200,00	<b>60,00</b>
<b>95,3</b>	1650	952	<b>57,70</b>	2500	1344,74	<b>53,79</b>
<b>95,7</b>	660	652	<b>98,79</b>	1070	652,00	<b>60,93</b>
<b>96,1</b>	660	738	<b>111,82</b>	1000	1042,45	<b>104,25</b>
<b>96,5</b>	1252,25	972	<b>77,62</b>	2500	972,00	<b>38,88</b>
<b>96,9</b>	660	140	<b>21,21</b>	1000	197,76	<b>19,78</b>
<b>97,3</b>	1000	917	<b>91,70</b>	1510	1295,30	<b>85,78</b>
<b>97,7</b>	1000	801	<b>80,10</b>	1510	801,00	<b>53,05</b>
<b>98,5</b>	660	230	<b>34,85</b>	1000	324,88	<b>32,49</b>
<b>98,9</b>	1000	930	<b>93,00</b>	1510	1313,66	<b>87,00</b>
<b>99,7</b>	660	400	<b>60,61</b>	1000	565,02	<b>56,50</b>
<b>100,1</b>	560	500	<b>89,29</b>	1000	1774,07	<b>177,41</b>
<b>100,9</b>	71	350	<b>492,96</b>	500	1241,85	<b>248,37</b>
<b>101,3</b>	1000	980	<b>98,00</b>	1510	1384,29	<b>91,67</b>
<b>101,7</b>	1650	820	<b>49,70</b>	2500	1158,28	<b>46,33</b>
<b>102,1</b>	125,89	837	<b>664,87</b>	1000	837,00	<b>83,70</b>
<b>102,5</b>	1310	1200	<b>91,60</b>	2500	1695,05	<b>67,80</b>
<b>102,9</b>	1000	360	<b>36,00</b>	1510	508,51	<b>33,68</b>
<b>103,7</b>	1000	450	<b>45,00</b>	1500	635,64	<b>42,38</b>
<b>104,1</b>	1000	730	<b>73,00</b>	1510	1031,15	<b>68,29</b>
<b>104,5</b>	1000	900	<b>90,00</b>	1510	1271,28	<b>84,19</b>
<b>104,9</b>	1000	670,8	<b>67,08</b>	1510	947,53	<b>62,75</b>
<b>105,3</b>	2275,41	2260	<b>99,32</b>	4000	2260,00	<b>56,50</b>
<b>105,7</b>	1000	900	<b>90,00</b>	1510	1271,28	<b>84,19</b>
<b>106,1</b>	1000	600	<b>60,00</b>	1500	847,52	<b>56,50</b>
<b>106,9</b>	1000	440	<b>44,00</b>	1510	621,52	<b>41,16</b>
<b>107,3</b>	1600	950	<b>59,38</b>	2500	1341,91	<b>53,68</b>

Realizado por: Calvopiña, W. 2016.

Según los valores de potencia autorizada y utilizada, se puede apreciar que las radiodifusoras FM operan con potencias inferiores a las facultadas en sus contratos de concesión, perjudicando la zona de cobertura establecida, y la calidad en las zonas que llegan sus emisiones; en la tabla siguiente se muestra el porcentaje de utilización de potencia respecto a la autorizada:

**Tabla 5.2-14** Porcentaje de potencia autorizada que utilizan las radiodifusoras FM que sirven a Riobamba.

Porcentaje de utilización	1-25%	26-50%	51-75%	76-94%	95-100%	Excede	Observación
<b>PER</b>	2	10	16	11	0	3	Número de estaciones
	4,76%	23,81%	38,10%	26,19%	0,00%	7,14%	Porcentaje respecto al total (42 estaciones)
<b>Potencia en Transmisor</b>	2	6	10	13	8	3	Número de estaciones
	4,76%	14,29%	23,81%	30,95%	19,05%	7,14%	Porcentaje respecto al total (42 estaciones)

*Realizado por: Calvopiña, W. 2016.*

En cuanto a los niveles de potencia utilizada, se generalizan los siguientes rangos:

**Tabla 5.2-15** Rangos de potencia utilizada por las radiodifusoras FM consideradas.

Potencia	Hasta 200 W	200-500 W	501-1000 W	Más de 1000 W	Observación
<b>PER</b>	2	3	16	21	Número de estaciones
<b>Potencia en Transmisor</b>	2	12	24	4	Número de estaciones

*Realizado por: Calvopiña, W. 2016.*

Se debe considerar que por la necesidad de mejorar la señal, algunas estaciones de radiodifusión FM han tenido que subir la potencia a utilizar; en el caso de las 3 radiodifusoras que exceden el valor autorizado de potencia, se denota la falla en la normativa, al establecer límites permitidos muy bajos.

Como se mencionó anteriormente, siempre se pretende irradiar el máximo de potencia, y considerando que casi el 50% de las estaciones de radiodifusión FM operan con menos del 70% de la potencia autorizada, se demuestra que su configuración se está convirtiendo en una desventaja, considerando que las pérdidas en la transmisión son inevitables y no se puede garantizar calidad en la transmisión.

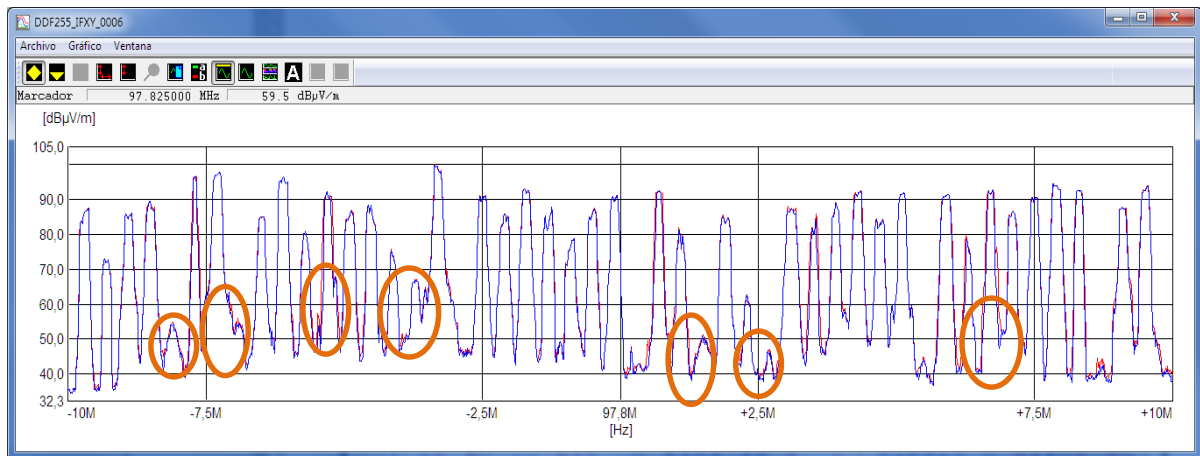
### 5.2.5 Problemas puntuales de interferencia

Se conoce como interferencia a la contaminación de una onda electromagnética, por parte de señales ajenas al sistema que mantienen cierta similitud con la señal original. Sucede cuando el receptor, en este caso FM, capta más de una señal simultáneamente, reduciendo la calidad del servicio que pretende obtener.

Con la finalidad de entregar un servicio de calidad, todo sistema de comunicaciones tiene como objetivo principal, eliminar la señal interferente o su fuente, resultando ésta la solución obvia, pero pocas veces práctica, dado que ciertas fuentes son naturales y no pueden ser eliminadas o debido a las condiciones propias de operación se hace imposible eliminarlas, dejando únicamente la alternativa de reducir su efecto y perjuicio hasta que se afecte lo menos posible a la operación del sistema.

Para apreciar el estado de la banda de radiodifusión FM, y detallar los problemas de interferencia que la afectan, se realizó un rastreo de la banda FM, con diferentes ventanas de observación (SPAN) cuya muestra de capturas se encuentran en el **Anexo 6**; se utilizaron los equipos del SACER (analizador marca Rohde&Schwarz modelo DDF255), y el analizador portátil marca Anritsu modelo MS724B.

**Figura 5.2-42** Monitoreo de la banda FM con 20 MHz de SPAN.



**Fuente:** SACER.

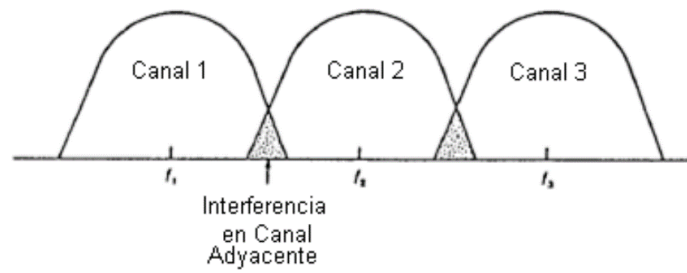
Considerando toda la banda, es decir con un SPAN de 20 MHz como se muestra en la **Figura 5.2-42**, se pueden apreciar los siguientes inconvenientes:

- Señales de interferencia en la frecuencia principal: cocanal y canal adyacente.
- Señales no deseadas debido a interferencias en el enlace auxiliar.
- Señales producto de intermodulaciones (debido a armónicos).
- Eminentemente diferencias de intensidad de campo entre estaciones que tienen la misma cobertura.
- Excesivo ancho de banda, que se comprueba verificando con un span menor.

#### **5.2.5.1 Interferencia de canal adyacente**

Se origina cuando cierta cantidad de energía de una señal emitida en determinado canal invade algún canal o canales adyacentes.

**Figura 5.2-43** Interferencia en Canal adyacente.



**Fuente.-** Fuentes de interferencia en un sistema de comunicación satelital.

**Disponible en:** <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/162/8/A8.pdf>

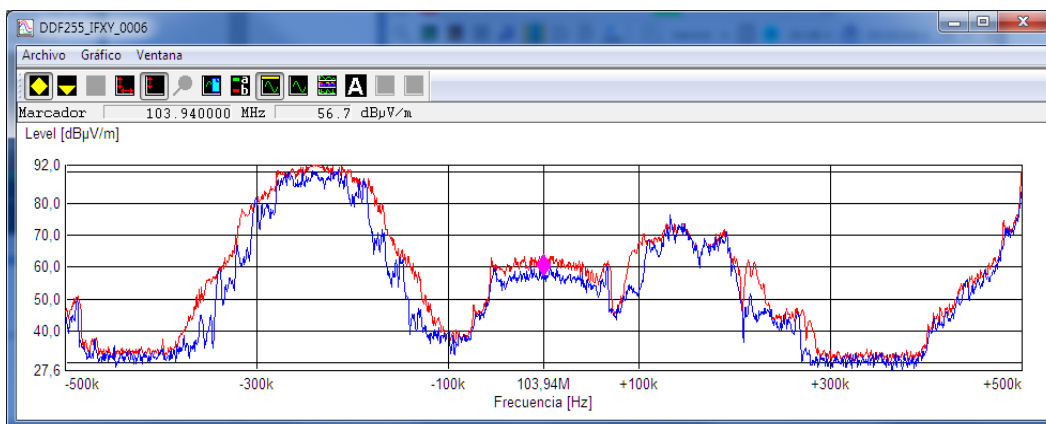
El caso presentado se refiere específicamente a la interferencia de canal adyacente que sufren las estaciones de radiodifusión FM en Riobamba.

**Tabla 5.2-16** Interferencias de canal adyacente en las radiodifusoras FM de Riobamba.

Frecuencia Interferida (MHz)	Señal Interferente
98,1	97,7
104,1	103,9

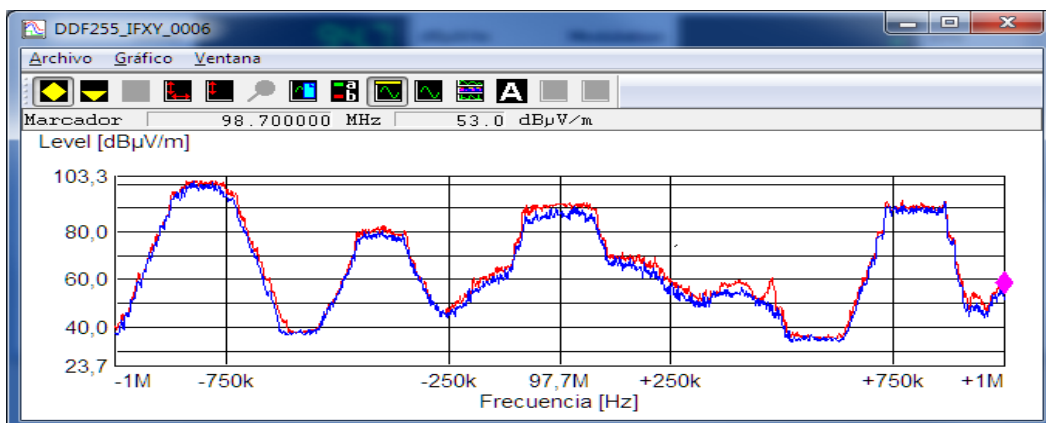
**Realizado por:** Calvopiña, W. 2016.

**Figura 5.2-44** Interferencia de canal adyacente en la frecuencia 104,1 MHz.



**Fuente.-** SACER.

**Figura 5.2-45** Interferencia de canal adyacente en la frecuencia 98,1 MHz.



**Fuente.-** SACER

### 5.2.5.2 Interferencia cocanal

Este tipo de interferencia se produce en el mismo canal, es decir, por señales radiadas en la misma frecuencia fundamental. Es la más perjudicial porque puede llegar a degradar la señal completamente.

Las bandas de frecuencias son reusadas con la finalidad de optimizar el uso del espectro radioeléctrico. En Ecuador se ha distribuido la banda de Radiodifusión FM (88 – 108 MHz) en canales de 200 kHz, asignados a distintos grupos separados geográficamente, con la finalidad de evitar la interferencia cocanal y de canal adyacente. Para la provincia de Chimborazo (área de operación independiente, FH001: Riobamba, Guano, Chambo y Colta) se asignaron los grupos: G1, G3 y G5. [5]

**Tabla 5.2-17.- Grupos de Frecuencias FM para distribución y asignación en Ecuador.**

<b>G1</b>		<b>G2</b>		<b>G3</b>		<b>G4</b>		<b>G5</b>		<b>G6</b>	
<b>CANAL</b>	<b>Frec [MHz]</b>	<b>CANAL</b>	<b>Frec [MHz]</b>	<b>CANAL</b>	<b>Frec [MHz]</b>	<b>CANAL</b>	<b>Frec [MHz]</b>	<b>CANAL</b>	<b>Frec [MHz]</b>	<b>CANAL</b>	<b>Frec [MHz]</b>
01	88.1	02	88.3	03	88.5	04	88.7	05	88.9	06	89.1
07	89.3	08	89.5	09	89.7	10	89.9	11	90.1	12	90.3
13	90.5	14	90.7	15	90.9	16	91.1	17	91.3	18	91.5
19	91.7	20	91.9	21	92.1	22	92.3	23	92.5	24	92.7
25	92.9	26	93.1	27	93.3	28	93.5	29	93.7	30	93.9
31	94.1	32	94.3	33	94.5	34	94.7	35	94.9	36	95.1
37	95.3	38	95.5	39	95.7	40	95.9	41	96.1	42	96.3
43	96.5	44	96.7	45	96.9	46	97.1	47	97.3	48	97.5
49	97.7	50	97.9	51	98.1	52	98.3	53	98.5	54	98.7
55	98.9	56	99.1	57	99.3	58	99.5	59	99.7	60	99.9
61	100.1	62	100.3	63	100.5	64	100.7	65	100.9	66	101.1
67	101.3	68	101.5	69	101.7	70	101.9	71	102.1	72	102.3
73	102.5	74	102.7	75	102.9	76	103.1	77	103.3	78	103.5
79	103.7	80	103.9	81	104.1	82	104.3	83	104.5	84	104.7
85	104.9	86	105.1	87	105.3	88	105.5	89	105.7	90	105.9
91	106.1	92	106.3	93	106.5	94	106.7	95	106.9	96	107.1
97	107.3	98	107.5	99	107.7	100	107.9				

**Fuente.-** Anexo 2 de la Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada Analógica.

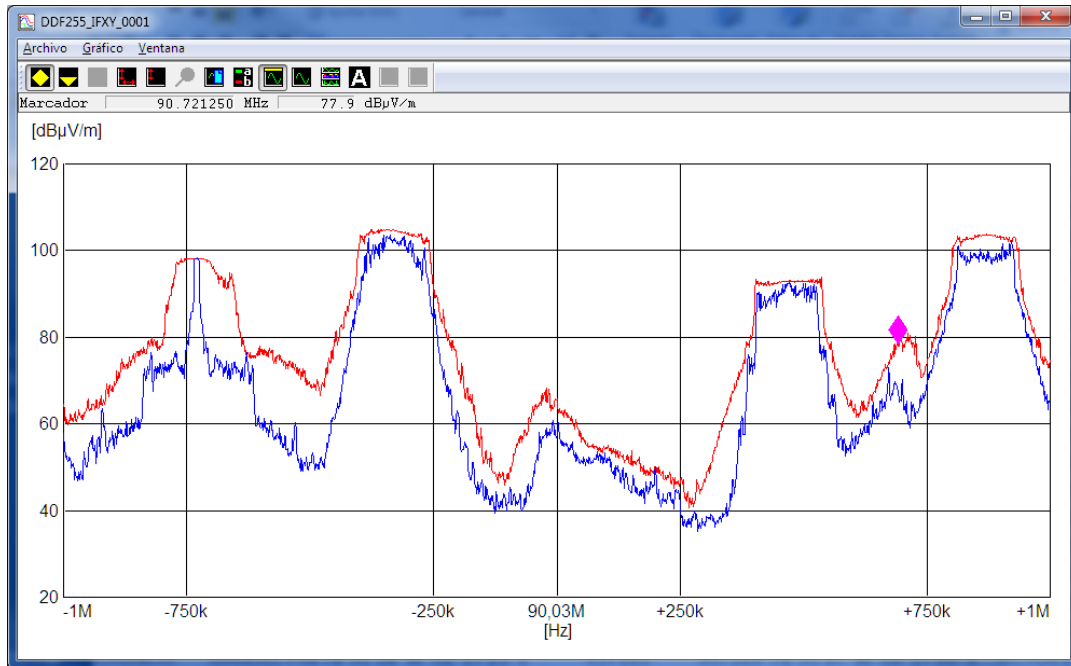
A continuación se muestra una interferencia cocanal encontrada en el estudio realizado, presente en las siguientes frecuencias:

**Tabla 5.2-18** Interferencias cocanal en las radiodifusoras FM de Riobamba.

Frecuencia Interferida (MHz)
90,1
98,7
106,1

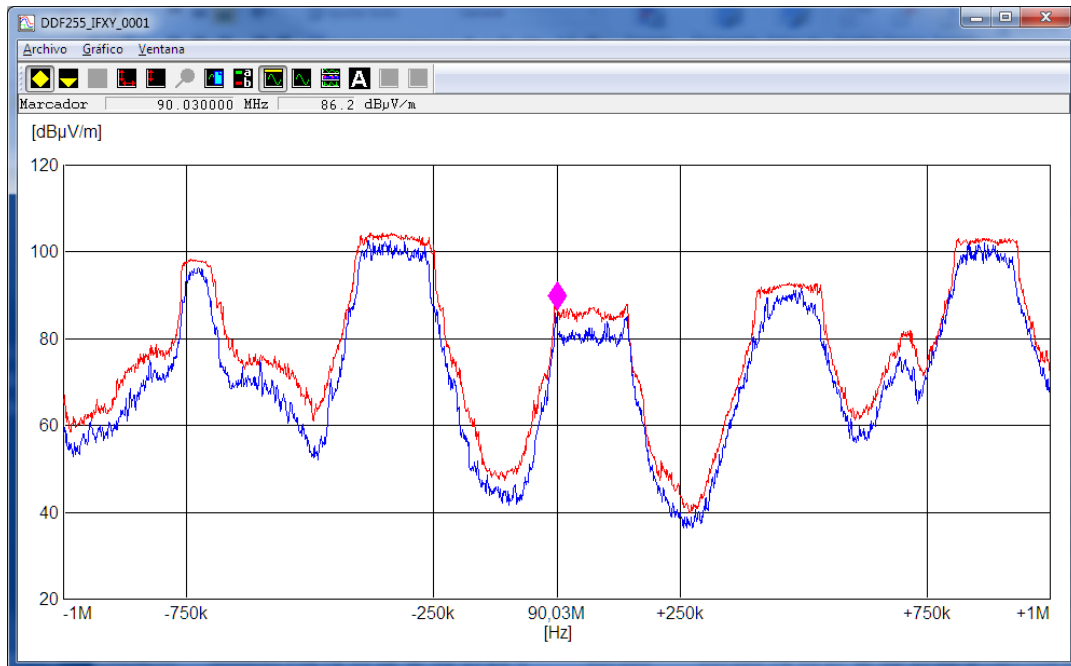
Realizado por: Calvopiña, W. 2016.

**Figura 5.2-46** Interferencia cocanal que afecta a la frecuencia 90,1 MHz (radiodifusora principal apagada).



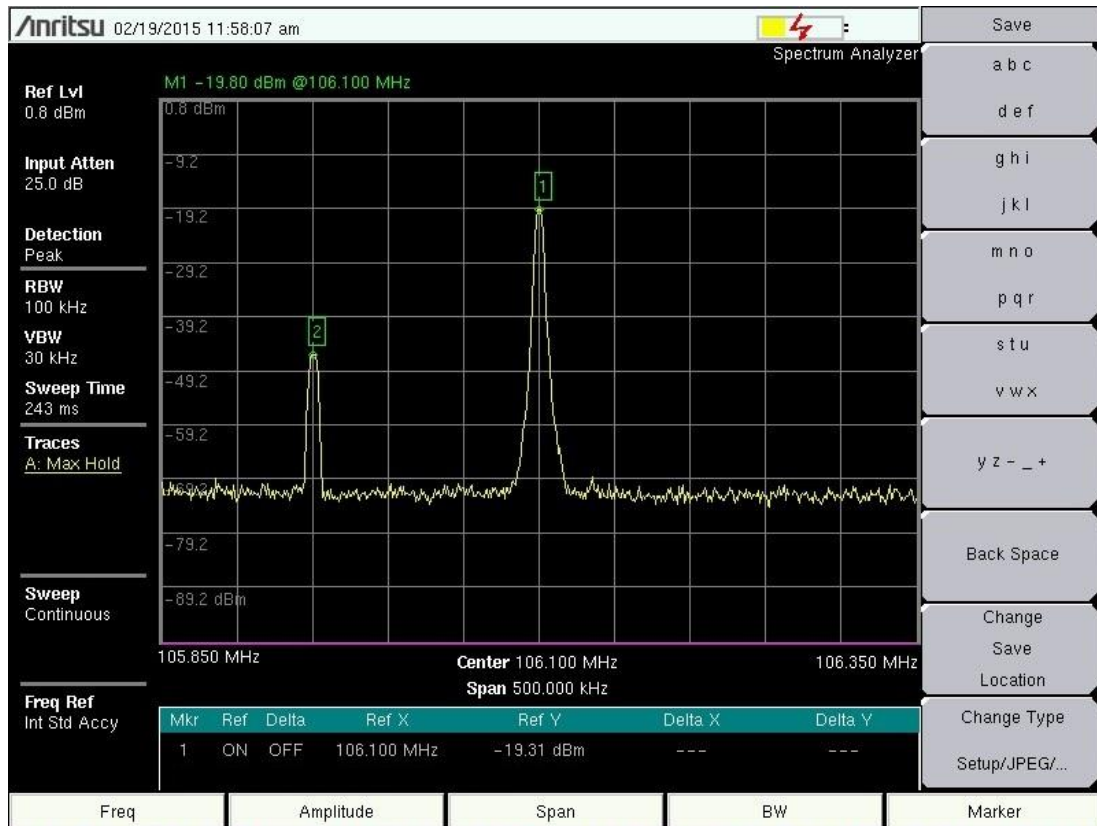
Fuente.- SACER.

**Figura 5.2-47** Frecuencia interferida 90,1 MHz (radiodifusora principal en operación).



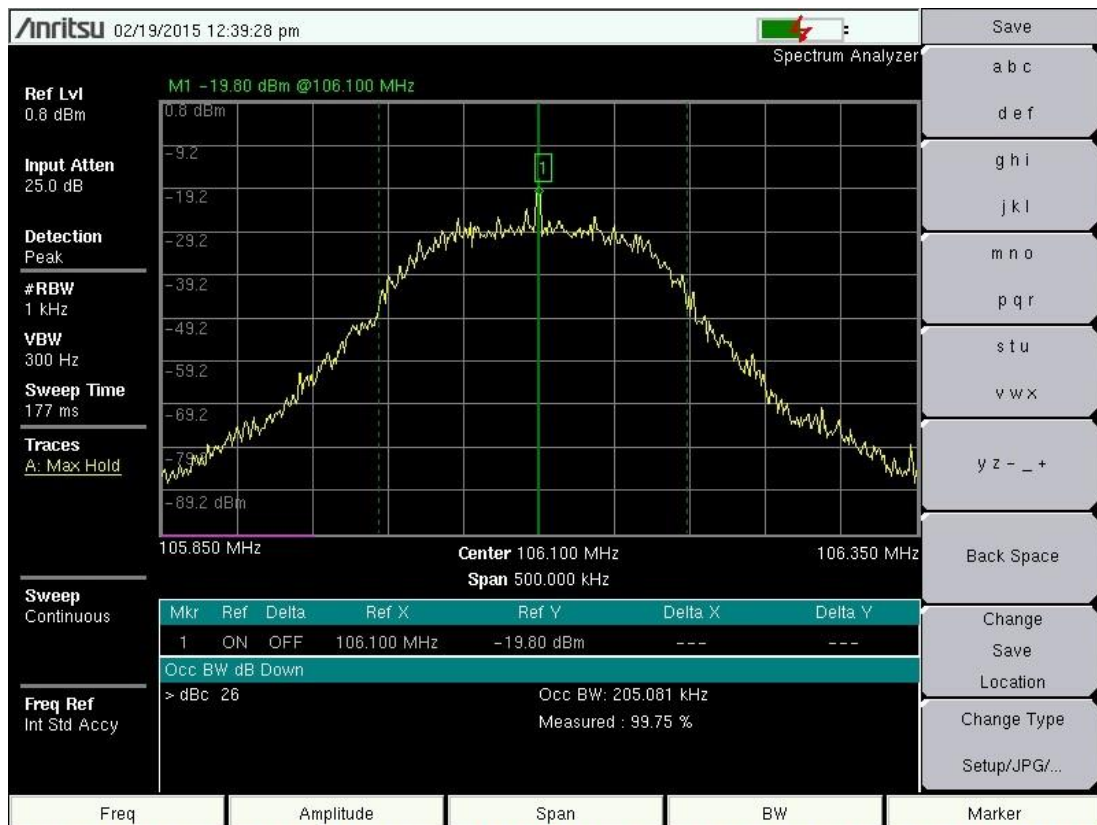
Fuente.- SACER.

Figura 5.2-48 Interferencia cocanal que afecta a la frecuencia 106,1 MHz (radiodifusora principal apagada).



Fuente.- Analizador de espectro radioeléctrico Anritsu modelo MS2724B.

Figura 5.2-49 Frecuencia interferida 106,1 MHz (radiodifusora principal en operación).



Fuente.- Analizador de espectro radioeléctrico Anritsu modelo MS2724B.

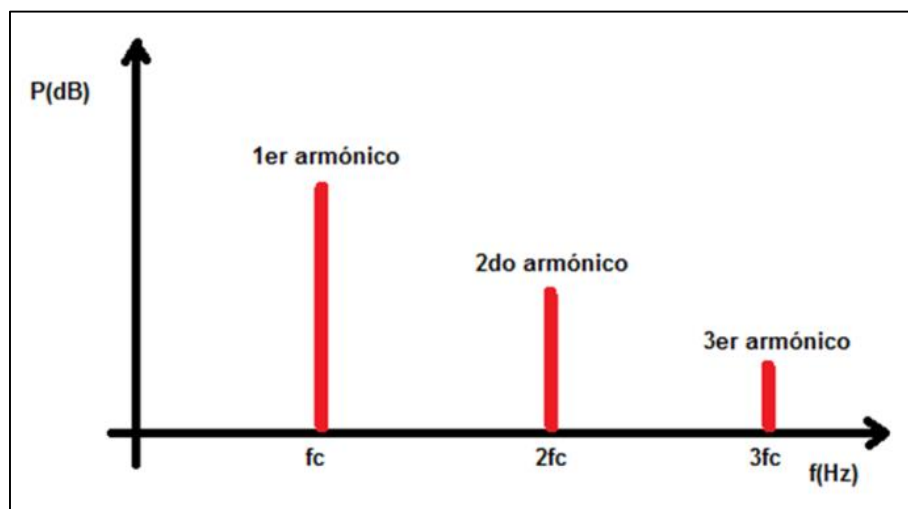
### 5.2.5.3 Armónicos

Las señales armónicas son múltiplos de la frecuencia central asignada a la estación radiodifusora, generado por la operación de cualquier sistema de transmisión, conforme lo estudiado por las Series de Fourier que indican que todas las señales pueden ser representadas por una suma de señales sinusoidales; es decir, contienen componentes múltiplos de frecuencia. Se producen en el transmisor y los amplificadores, deben ser eliminados antes de irradiar la señal, pues el incremento del número de armónicas disminuye la potencia de la misma, y a su vez, puede afectar grandemente a bandas adyacentes. [9]

Los armónicos deben ser eliminados con filtros pasabanda que permitan el pasó únicamente de la frecuencia principal y complementados con filtros rechazabanda (notch filter) ajustados exactamente a las frecuencias múltiples, principalmente al 2do y 3er armónico, lo cual se hace utilizando cavidades resonantes debido a la elevada potencia emitida por el amplificador.

Por ejemplo, una estación FM tiene asignada su frecuencia central en 100.5 MHz (“primer armónico”), la segunda armónica de la señal estará a dos veces el valor de esta frecuencia, es decir, en 201 MHz, la tercera multiplicada por 3, caerá en 301.5 MHz, y así sucesivamente.

**Figura 5.2-50** Representación de armónicos de una frecuencia central ( $f_c$ ).



**Realizado por:** Calvopiña, W. 2016.

Considerando que la normativa establece que la diferencia entre la frecuencia principal y los armónicos generados debe ser de al menos 70 dB ( $46 + 10 \cdot \log \text{Pot}[W]$ , o 70 dBc), indicando que los mismos deben ser atenuados a costo y responsabilidad del concesionario que genere las interferencias, de las mediciones realizadas se encontró que los siguientes armónicos no cumplen lo establecido por la normativa:

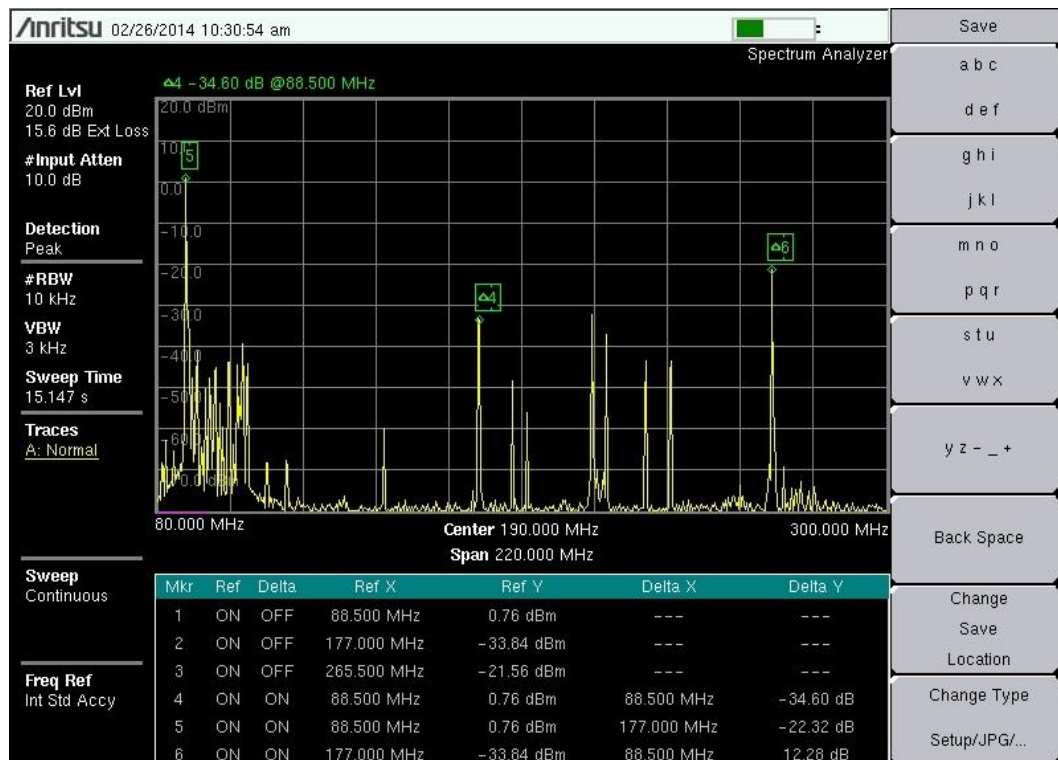
**Tabla 5.2-19** Armónicos en las radiodifusoras FM de Riobamba que no cumplen la normativa.

Frecuencia de Radiodifusora (MHz)	Armónicos F (MHz)	
	Segundo armónico	Tercer Armónico
88,5	177,0	265,5
95,7	191,4	287,1
96,1	192,2	288,3
98,9	197,8	296,7
101,7	203,4	305,1
102,1	204,2	306,3
105,3	210,6	315,9

Realizado por: Calvopiña, W. 2016.

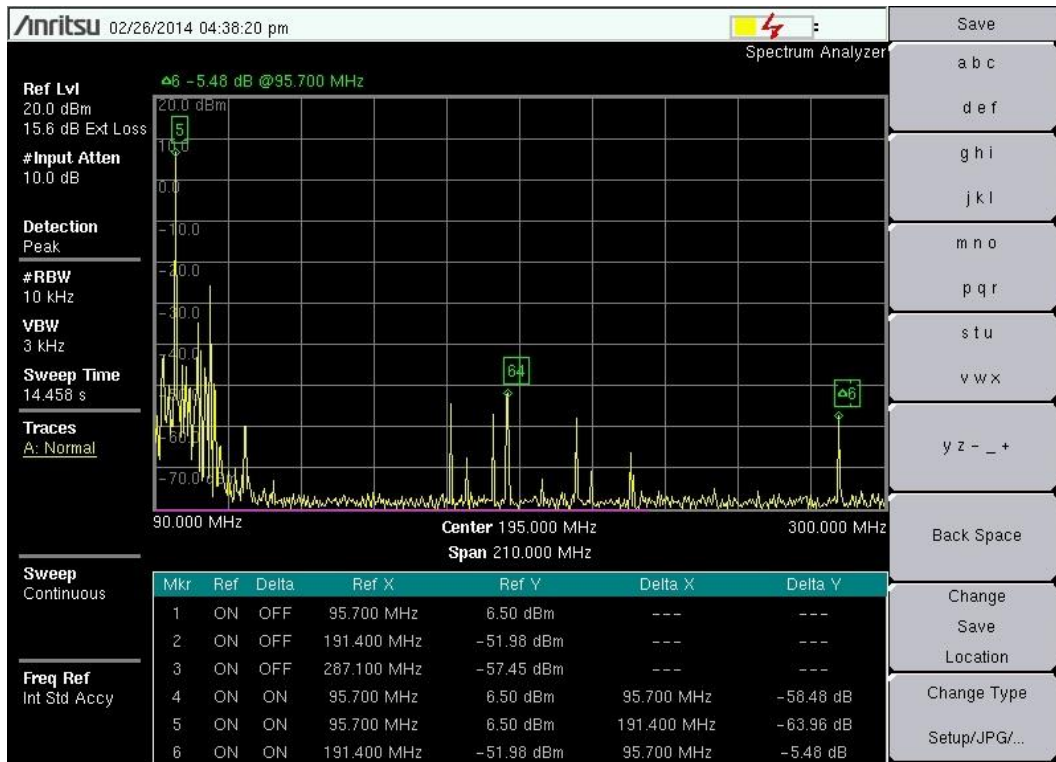
En las siguientes figuras se muestran los valores medidos a las salida de los transmisores de las frecuencias principales de varias radiodifusoras que sirven a la ciudad de Riobamba, en las cuales se pueden observar que la diferencia entre la frecuencia principal y los armónicos generados es inferior a los 70 dBc, establecidos en la Norma Técnica FM vigente, tomando en cuenta que las estaciones citadas tienen potencias superiores a 250 W en el equipo de transmisión FM.

**Figura 5.2-51** Armónicos de la frecuencia 88,5 MHz (34,6 dBc entre la frecuencia principal y el 2do armónico y 22,3 dBc entre la frecuencia principal y el tercer armónico).



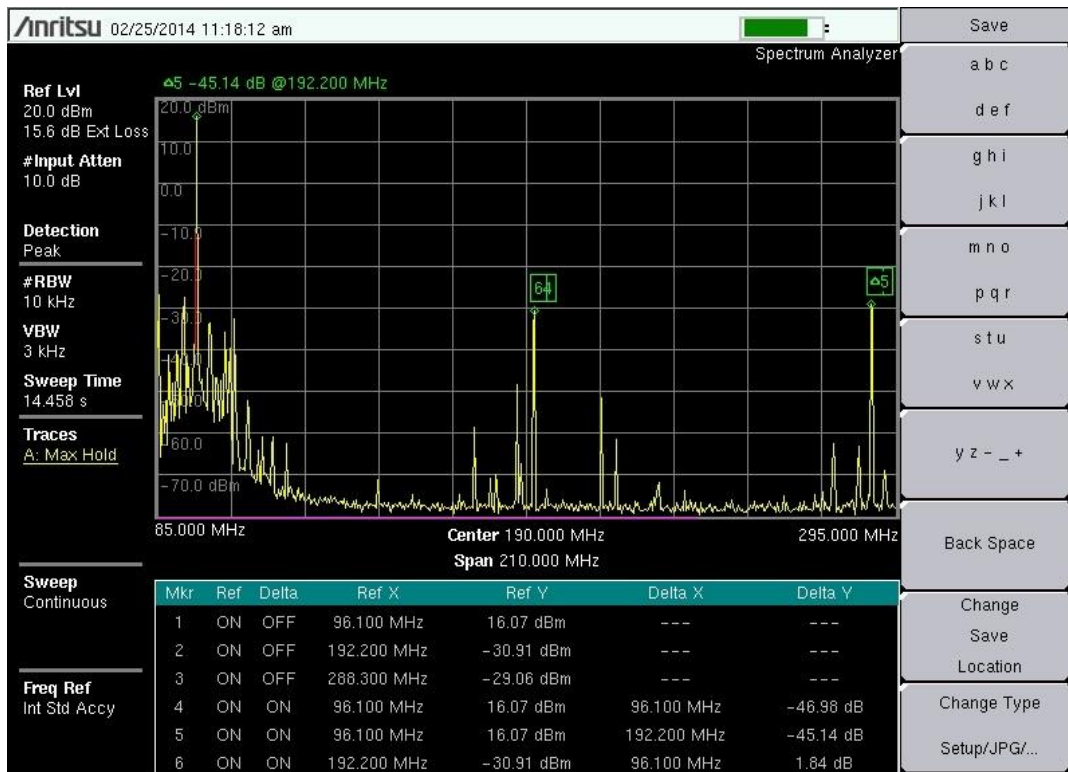
Fuente.- Analizador de espectro radioeléctrico Anritsu modelo MS2724B.

**Figura 5.2-52** Armónicos de la frecuencia 95,7 MHz. (58,5 dBc entre la frecuencia principal y el 2do armónico y 64 dBc entre la frecuencia principal y el tercer armónico).



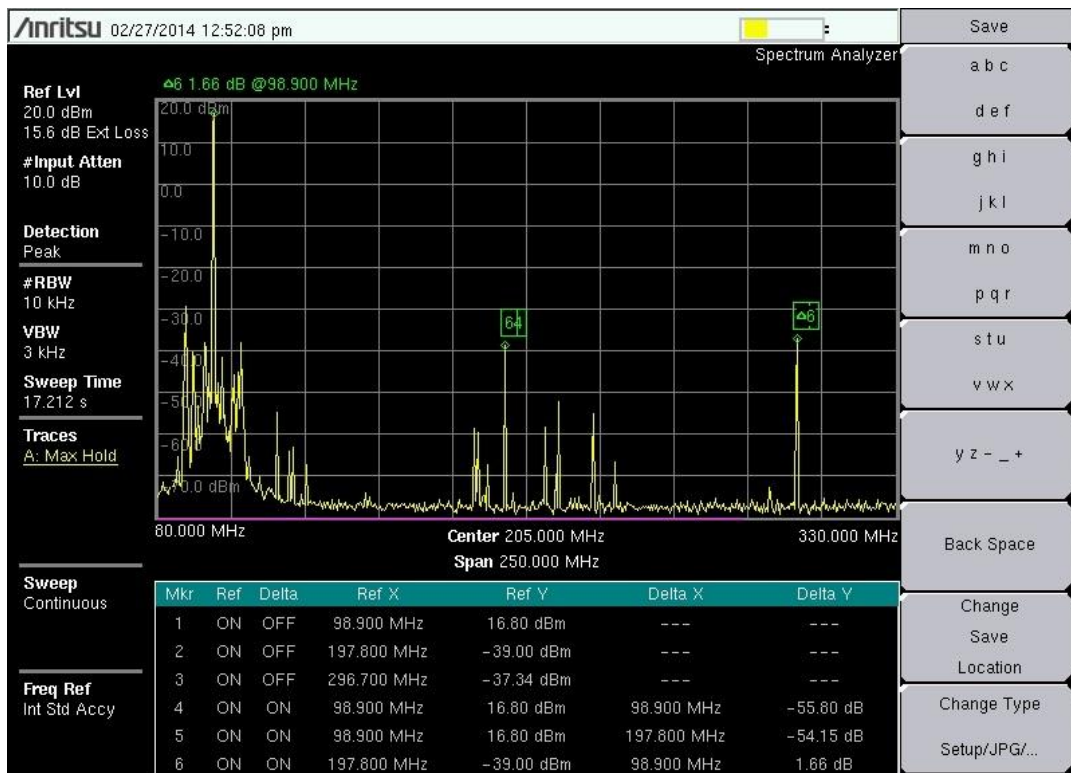
**Fuente.-** Analizador de espectro radioeléctrico Anritsu modelo MS2724B.

**Figura 5.2-53** Armónicos en la frecuencia 96,1 MHz. (47 dBc entre la frecuencia principal y el 2do armónico y 45,1 dBc entre la frecuencia principal y el tercer armónico).



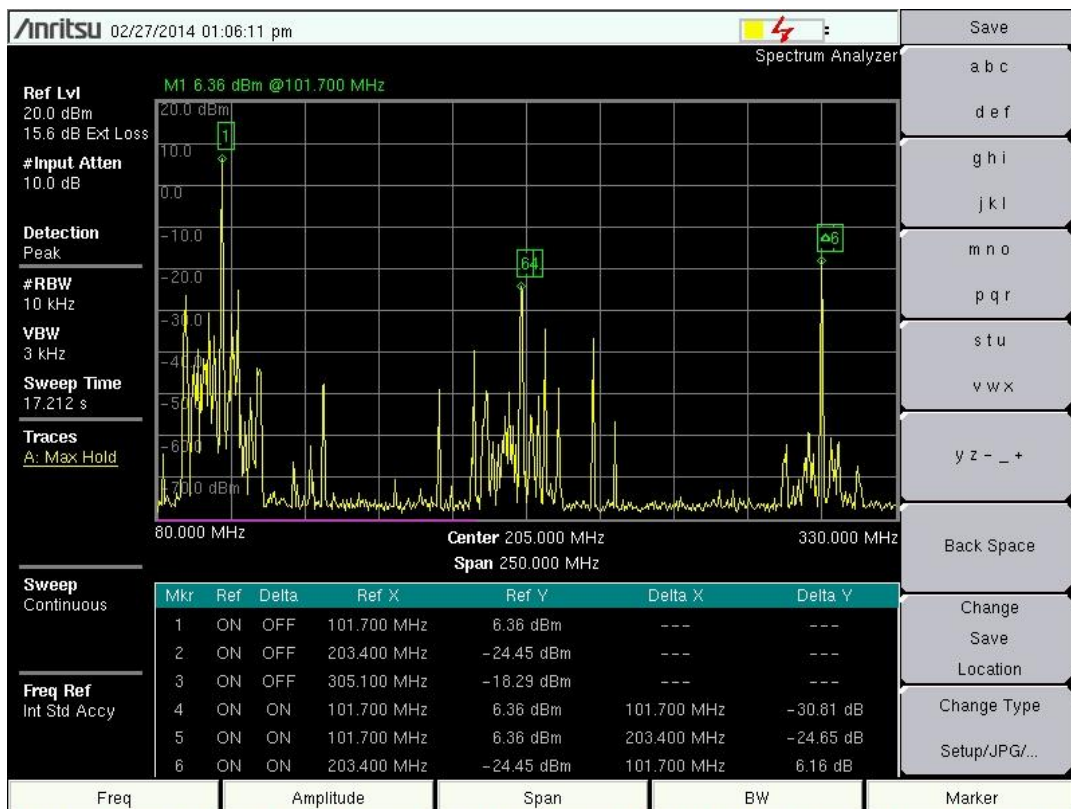
**Fuente.-** Analizador de espectro radioeléctrico Anritsu modelo MS2724B.

**Figura 5.2-54** Armónicos en la frecuencia 98,9 MHz. (55,8 dBc entre la frecuencia principal y el 2do armónico y 54,2 dBc entre la frecuencia principal y el tercer armónico).



**Fuente.-** Analizador de espectro radioeléctrico Anritsu modelo MS2724B.

**Figura 5.2-55** Armónicos en la frecuencia 101,7 MHz. (30,8 dBc entre la frecuencia principal y el 2do armónico y 24,7 dBc entre la frecuencia principal y el tercer armónico).



**Fuente.-** Analizador de espectro radioeléctrico Anritsu modelo MS2724B.

#### 5.2.5.4 Intermodulaciones

Son frecuencias que aparecen de las sumas y/o diferencias de las frecuencias intervinientes. Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones, los productos de intermodulación son generados por las no linealidades del amplificador de salida del transmisor, y de dispositivos pasivos en el mismo como combinadores, conectores, entre otros. [10]. Aunque también pueden producirse intermodulación entre transmisores cercanos en frecuencia o en espacio y en el receptor, causada por la presencia de señales fuertes cercanas.

Las intermodulaciones aparte de caer en la banda de FM (88-108 MHz), que es el caso del presente estudio, también afectan a otros servicios, por lo cual es importante la eliminación de los armónicos que producen las intermodulaciones, encontrar las causas de su generación y evitar sus consecuencias.

Los productos de intermodulación son variados y se clasifican, de acuerdo al orden y el número de frecuencias contribuyentes:

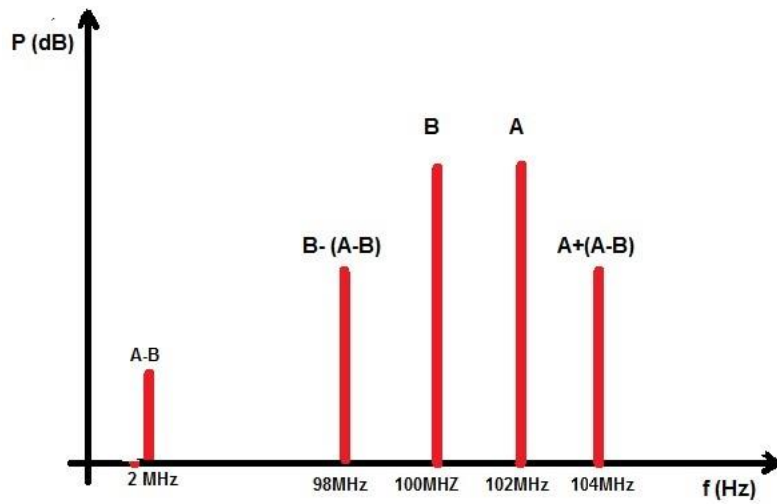
**Tabla 5.2-20** Ejemplo de clasificación de productos de intermodulación dependiendo de su orden.

Clasificación	Frecuencias transmisor	Ejemplo
<b>2do orden</b> <b>2 estaciones</b>	$A + B$ $A - B$	$98,5 + 96,5 = 195 \text{ MHz}$ $98,5 - 96,5 = 2 \text{ MHz}$
<b>3er orden</b> <b>2 estaciones</b>	$2A + B$ $2A - B$ $A + 2B$ $2B - A$	$2 * 98,5 + 96,5 = 293,5 \text{ MHz}$ $2 * 98,5 - 96,5 = 100,5 \text{ MHz}$ $98,5 + 2 * 96,5 = 291,5 \text{ MHz}$ $2 * 96,5 - 98,5 = 94,5 \text{ MHz}$
<b>3er orden</b> <b>3 estaciones</b>	$A + B - C$ $A + C - B$ $B + C - A$	$98,5 + 96,5 - 88,1 = 106,9 \text{ MHz}$ $98,5 + 88,1 - 96,5 = 90,1 \text{ MHz}$ $96,5 + 88,1 - 98,5 = 86,1 \text{ MHz}$

**Realizado por:** Calvopiña, W. 2016.

Para entender en donde aparecerán las intermodulaciones se tomará el ejemplo de tercer orden con 2 estaciones ( $A = 100 \text{ MHz}$ ;  $B = 102 \text{ MHz}$ ), el formato  $2A - B = 2 * 100 \text{ MHz} - 102 \text{ MHz} = 98 \text{ MHz}$ , lo cual significa que los productos o señales no deseadas aparecerán en la frecuencia  $98 \text{ MHz}$ ; y el formato  $2B - A = 2 * 102 \text{ MHz} - 100 \text{ MHz} = 104 \text{ MHz}$ . Gráficamente se expresa en la figura siguiente.

**Figura 5.2-56** Ubicación de productos de intermodulación.



*Realizado por:* Calvopiña, W. 2016.

Tomando en cuenta únicamente los dos valores anteriores, se observa que puede existir una infinidad de intermodulaciones, más aún si se toma en cuenta el tercer y cuarto armónico, los cuales en los lugares donde existe una alta densidad de transmisores se hace más pronunciado y por tanto su afectación es mayor.

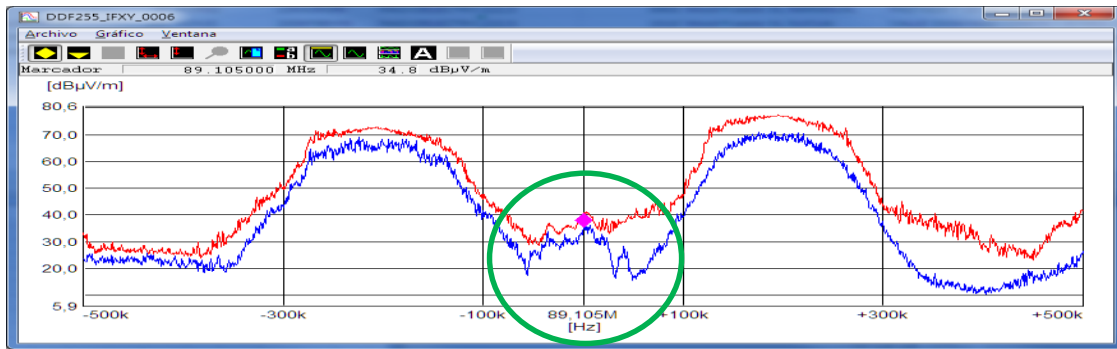
En el caso, de estudio se detectaron algunas intermodulaciones en la banda FM:

**Tabla 5.2-21** Intermodulaciones detectadas en la banda FM en la ciudad de Riobamba

Frecuencia de radiodifusora afectada (MHz)	Intermodulación en la Frecuencia (MHz)	Frecuencias origen de la intermodulación (MHz)
88,9	89,105	
89,3	89,105	
90,1	89,95	$98,5 + 88,1 - 96,5$
92,5	92,65	$3*89,9 - 2*88,5$
93,3	93,45	
104,1	103,9	
104,9	104,7	
106,1	105,85	$3*97,75 - 2*93,7$

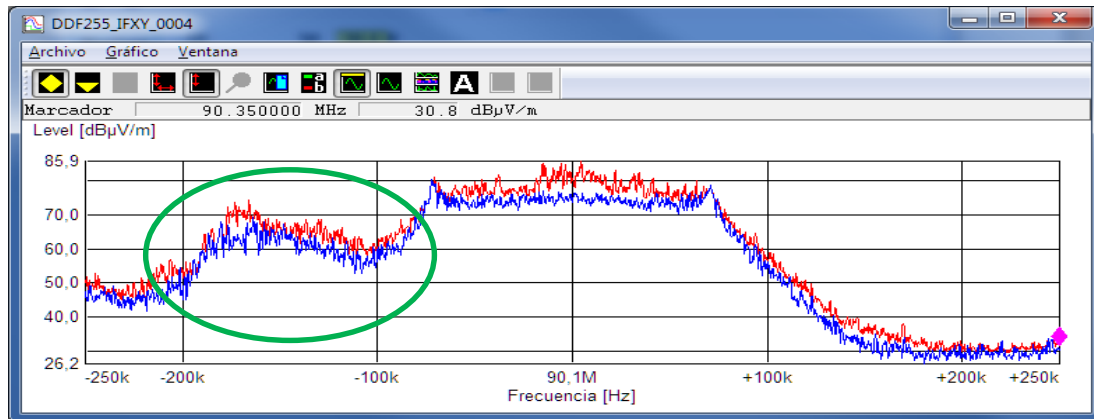
*Realizado por:* Calvopiña, W. 2016.

Figura 5.2-57 Intermodulación en 89,1 MHz que afecta a las frecuencias 88,9 MHz y 89,3 MHz.



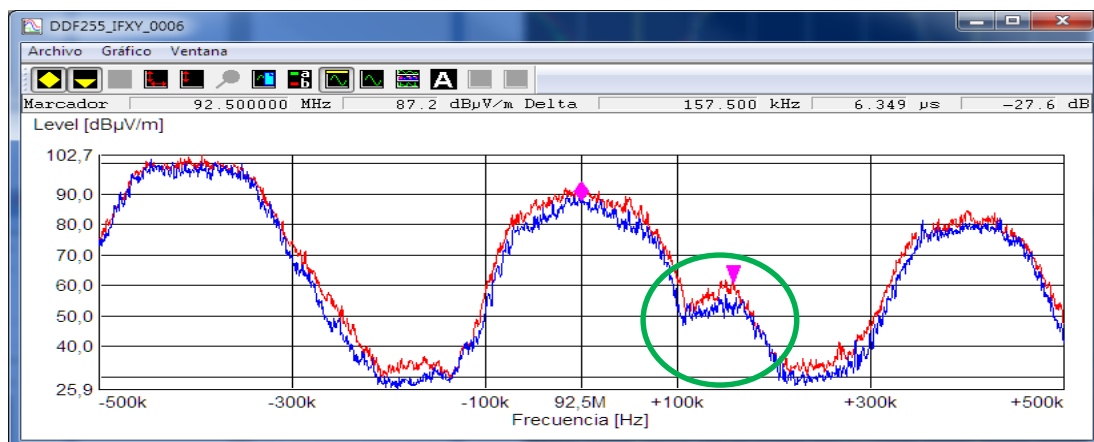
Fuente.- SACER.

Figura 5.2-58 Intermodulación en 89,95 MHz que afecta a la frecuencia 90,1 MHz.



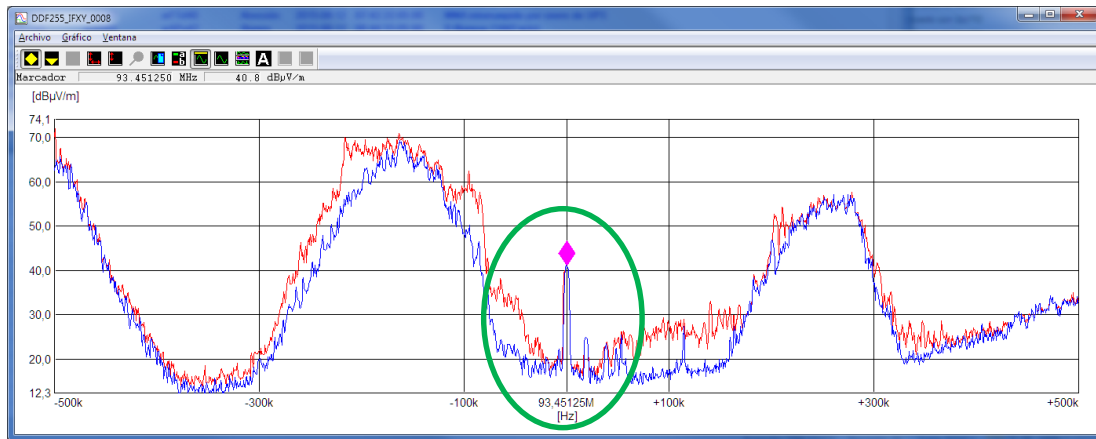
Fuente.- SACER.

Figura 5.2-59 Intermodulación en 92,65 MHz que afecta a la frecuencia 92,5 MHz.



Fuente.- SACER.

Figura 5.2-60 Intermodulación en 93,45 MHz que afecta a la frecuencia 93,3 MHz.



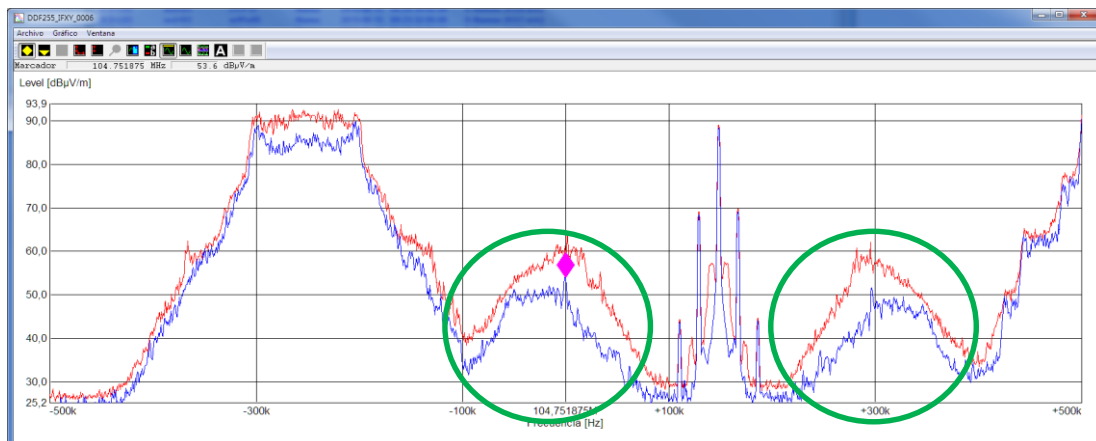
Fuente.- SACER.

Figura 5.2-61 Intermodulación en 103,9 MHz que afecta a la frecuencia 104,1 MHz.



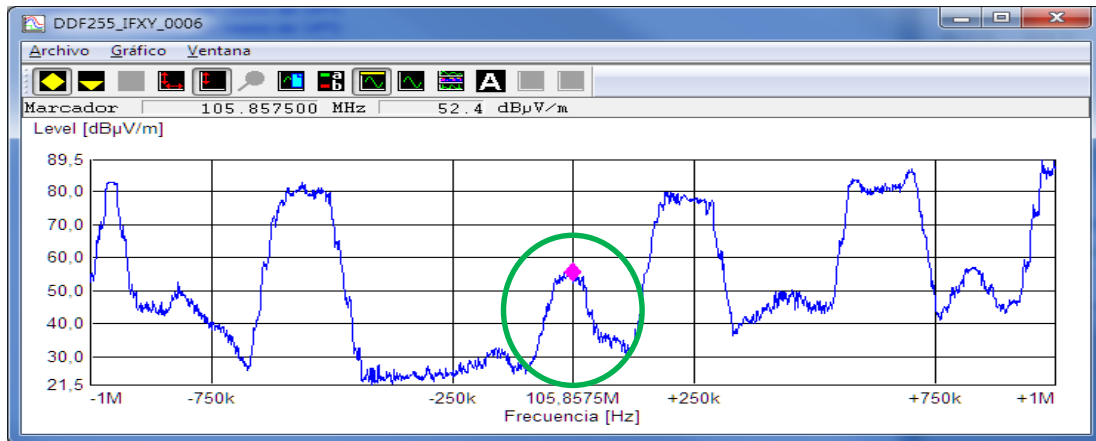
Fuente.- SACER.

Figura 5.2-62 Intermodulación en 104,7 MHz y 105,1 MHz que afecta a la frecuencia 104,9 MHz.



Fuente.- SACER.

**Figura 5.2-63** Intermodulación en 105,85 MHz que afecta a la frecuencia 106,1 MHz.



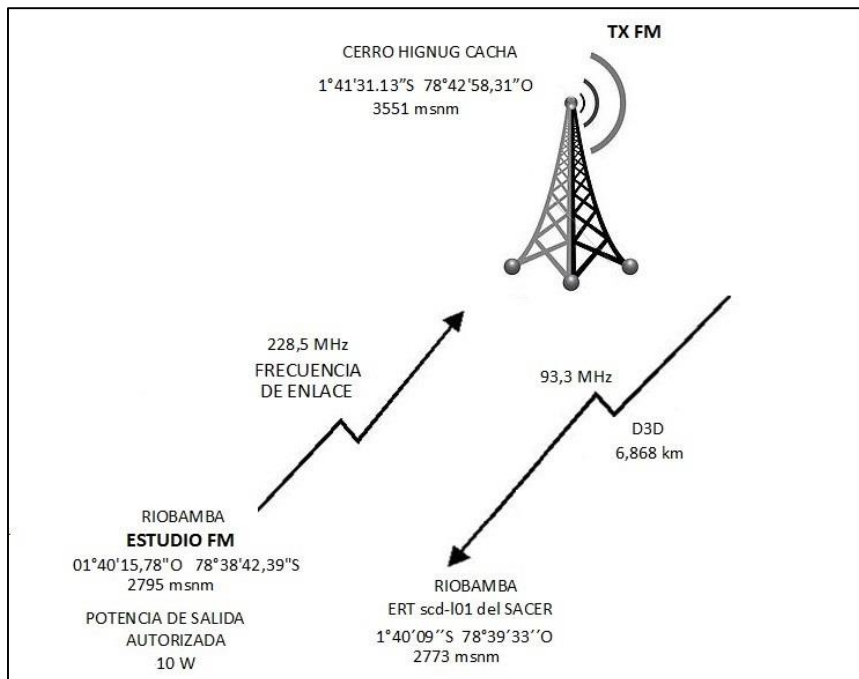
Fuente.- SACER.

### 5.2.6 Características de los enlaces radioeléctricos auxiliares

En la sección 5.1.4 se analizaron las señales en las frecuencias de enlace auxiliar, con las mediciones de ancho de banda, es igualmente importante considerar las características técnicas del enlace auxiliar, como: potencia, ganancia de antenas, ubicación geográfica, distancia del enlace, interferencias presentes, y nivel de recepción, para comprender los problemas que esto ocasiona en la transmisión.

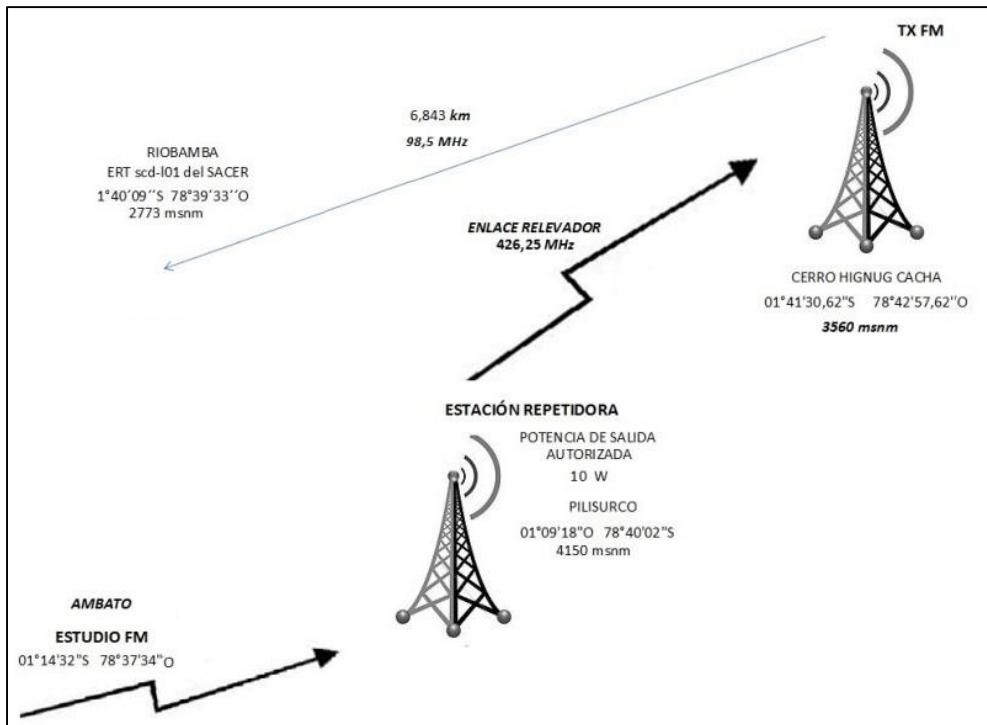
Es importante recordar que en este caso se estudiaron las estaciones matrices y repetidoras, no las satelitales, debido a que su análisis debería ser hecho con la antena satelital propia de cada sistema. En cada caso debe considerarse un diferente entorno, como se puede apreciar en las siguientes figuras:

**Figura 5.2-64** Estación de radiodifusión FM matriz: 93,3 MHz.



Realizado por: Calvopiña, W. 2016.

**Figura 5.2-65** Estación de radiodifusión FM repetidora: 98,5 MHz.



**Realizado por:** Calvopiña, W. 2016.

Una mala calidad en el enlace implica que la señal que llega al transmisor de la señal FM sea retransmitida con igual calidad deficiente, por lo cual el análisis realizado para la señal FM cabe también para los enlaces auxiliares:

- Potencia en transmisor de enlace que permita llegar con un buen margen de desvanecimiento al receptor de enlace.
- Calidad de equipos y antenas que conforman el enlace auxiliar.
- Correcto azimut e inclinación en enlace auxiliar.
- Ubicación transmisor - receptor, tanto en las estaciones repetidoras (Cerro relevador – cerro Transmisor FM), como en las estaciones matrices (enlace Riobamba – cerro Transmisor), debido a que no se toma en cuenta en muchos casos el despeje de la zona de Fresnel.
- Ancho de banda correcto, ni demasiado elevado que introduzca ruido y afecte a las bandas cercanas, ni demasiado bajo que elimine frecuencias de banda base que distorsionen la calidad de audio.
- Correcta separación entre frecuencias auxiliares de radiodifusión.
- Interferencias cocanal y de canal adyacente provocadas por la cercanía de enlaces auxiliares, armónicos e intermodulaciones en las bandas de enlaces auxiliares de radiodifusión.

### 5.2.6.1 Potencia del transmisor de enlace

Como se mencionó anteriormente siempre se pretenderá radiar el máximo de potencia, y tener el mínimo de pérdidas, para garantizar la calidad de la transmisión y una buena propagación de las ondas electromagnéticas. En la siguiente tabla se muestran las potencias autorizadas:

**Tabla 5.2-22** Análisis de la potencia de enlace de las estaciones de radiodifusión consideradas.

Frecuencia FM (MHz)	Nombre de la Estación Radiodifusora FM	Tipo de Estación	Frecuencia de enlace (MHz)	Potencia Autorizada (W)
88,5	ROMANCE 88.5 FM	R	425	30
88,9	RUMBA STEREO FM	R	937,5	10
89,3	RIOBAMBA STEREO	M	942,5	5
89,7	GENIAL EXA FM	R	938	35
90,1	SULTANA FM	M	944,5	8
90,5	STEREO MUNDO KDM	M	225,4	10
91,3	CARACOL FM STEREO	R	426,75	10
91,7	ESCUELAS RADIOFÓNICAS POPULARES	M	222,9	10
92,1	FANTÁSTICA 92.1 FM	M	430	10
92,5	HOLA FM STEREO	R	423,25	30
92,9	SISTEMA 2 FM	M	941,5	10
93,3	SÚPER ESTÉREO FM	M	228,5	10
93,7	BONITA FM	R	427	10
94,1	RADIO CULTURAL	R	232	10
94,5	CANELA RADIO CORP 94.5 CHIMBORAZO	M	427,5	10
95,3	STEREO BUENAS NUEVAS	M	226,4	10
95,7	RIO 95.7	M	425,75	10
96,1	MUNDIAL FM	M	224,75	2
96,5	SOL 96	M	949,25	10
96,9	AMOR FM STEREO	R	428,5	30
97,7	TRICOLOR FM	M	231,5	5
98,5	ALEGRÍA FM	R	426,25	10
98,9	HOLA FM	M	226,1	10
99,7	PUNTUAL FM	M	232	2
100,1	EL BUEN SEMBRADOR	M	Línea física	-
100,9	LA VOZ DEL VOLCÁN	M	946,5	10
101,3	TERNURA FM	M	223,6	15
101,7	LA VOZ DE LA AIIECH	M	229,4	10
102,1	LATINA FM	M	422,5	15

Continúa...

Frecuencia FM (MHz)	Nombre de la Estación Radiodifusora FM	Tipo de Estación	Frecuencia de enlace (MHz)	Potencia Autorizada (W)
102,5	CUMBRE FM	M	944	9,5
102,9	SENSACIÓN STEREO	R	424	30
104,5	PAZ Y BIEN	R	948,25	10
104,9	FUTURA	M	223,1	10
105,7	CATÓLICA NACIONAL FM	M	423,5	7
106,1	ANDINA FM	M	942	10
106,9	PANAMERICANA FM	R	424,5	10
107,3	STEREO FAMILIAR	M	949	10

*Realizado por: Calvopiña, W. 2016.*

Según los valores de potencia autorizados, considerando un total de 36 radiodifusoras (matrices o repetidoras), se puede destacar lo siguiente:

- 29 estaciones de radiodifusión FM, es decir el 80,6% de ellas, utilizan una potencia entre 2 y 10 watts.
- 2 estaciones de radiodifusión FM, es decir el 5,6% de ellas, utilizan una potencia de 15 watts aproximadamente.
- 5 estaciones de radiodifusión FM, es decir el 13,9% de ellas, utilizan una potencia entre 30 y 35 watts.

Cabe mencionar que serían suficientes 2 W o hasta 5 W para garantizar la transmisión, en la mayoría de estaciones matrices, especialmente en las que utilizan el trayecto Riobamba – Hignug Cacha, debido a que el trayecto es relativamente cercano, por lo que se debería evitar el uso innecesario de recursos (potencia) y sobre todo el aumento del piso de ruido al utilizar innecesaria potencia bandas de frecuencias que actualmente se encuentran saturadas.

#### **5.2.6.2 Antenas**

Considerando la importancia de contar con antenas correctas, certificadas, apropiadas para los enlaces, se observan los mismos defectos que en el sistema de transmisión FM, es decir, antenas de construcción artesanal, sin hoja de datos que certifiquen ganancias, lóbulos de radiación, respuesta de frecuencia, etc. Igualmente con mala alineación, azimut incorrecto en transmisión y/o recepción.

Al ser una frecuencia fija de enlace, se deberían utilizar antenas centradas a esa frecuencia (Yagi, paraflector, etc), sin embargo se encontraron antenas logaritmo periódicas (antenas que operan en una banda grande de frecuencias), también antenas con un haz de radiación demasiado elevado (poco directivas).

Como se había mencionado, la utilización de antenas garantizadas, tanto en la difusión FM como en los enlaces auxiliares, es un factor decisivo para asegurar una irradiación óptima de la señal: con pocas pérdidas, lóbulo establecido, ganancia definida y respuesta de frecuencia correcta.

### 5.2.6.3 Ubicación

Los transmisores y receptores de enlace deben encontrarse a una altura considerable respecto a la zona de cobertura, de manera que puedan evitar pérdidas adicionales y evitar interferencias. Sin embargo existen casos en los cuales las antenas deben instalarse a nivel del suelo para evitar el elevado piso de ruido que existe en las torres soporte de antenas, lo cual exige una mayor potencia de transmisión debido a las pérdidas adicionales por obstrucción de la zona de Fresnel. Se presenta el caso de la radiodifusora 95,3 MHz, en el que la antena de recepción del enlace Riobamba – cerro Hignug Cacha para evitar interferencias, se encuentra a nivel del suelo como se aprecia en la siguiente figura:

**Figura 5.2-66** Antena de transmisión del enlace auxiliar de la estación de radiodifusión FM 95,3 MHz.



**Fuente.-** Fotografía de antena de enlace auxiliar – 95,3 MHz.

Resulta igualmente importante considerar el entorno del enlace auxiliar, por lo que en la siguiente tabla se resumen los datos obtenidos, considerando: tipo de enlace, frecuencia utilizada, trayecto del enlace, ubicación geográfica de origen y destino del enlace auxiliar, y distancia D3D entre ellas. El proceso de cálculo de la D3D, se detalló en la sección **5.2.1.7**.

Nota: Las alturas (msnm), contemplan la altura de la torre. En la tabla se incluyen las potencias de salida autorizadas, para complementar el cuadro con toda la información recopilada de los enlaces auxiliares.

**Tabla 5.2-23** Consideraciones en los enlaces auxiliares.

Estación de Radiodifusión FM (MHz)	ENLACE			ORIGEN			DESTINO			POTENCIA AUTORIZADA	DISTANCIA ENLACE AUXILIAR D3D (km)
	TIPO	F (MHz)	TRAYECTO	LONGITUD ESTUDIO (°O)	LATITUD ESTUDIO (°S)	ALTURA (msnm)	LATITUD TX (°S)	LOGITUD TX (°O)	ALTURA (msnm)		
<b>88,1</b>	Satelital	-	Satélite-Cacha	-	-	-	1°41'30,78"	78°42'57,61"	3538	-	-
<b>88,5</b>	Radioeléctrico	425	Pilisurco-Cacha	78°40'02"	01°09'18"	4150	1°41'31,74"	78°42'59,93"	3546	30	59,984
<b>88,9</b>	Radioeléctrico	937,5	Pilisurco-Cacha	78°40'02"	01°09'18"	4150	1°41'31,74"	78°42'59,93"	3546	10	59,984
<b>89,3</b>	Radioeléctrico	942,5	Riobamba-Cacha	78°39'09.0"	01°40'07.0"	2760	1°41'32,01"	78°43'0,21"	3546	5	7,647
<b>89,7</b>	Radioeléctrico	938	Pilisurco –Cacha	78°40'02"	01°09'18"	4150	1°41'32,23"	78°43'0,62"	3546	35	60,001
<b>90,1</b>	Radioeléctrico	944,5	Riobamba-Cacha	78°38'46"	01°41'04"	2800	1°41'30,03"	78°42'57,27"	3542	8	7,835
<b>90,5</b>	Radioeléctrico	225,4	Riobamba-Cacha	78°39'43.1"	01°39'47.2"	2770	1°41'31,30"	78°42'59,01"	3542	10	6,893
<b>91,3</b>	Radioeléctrico	426,75	Pilisurco-Cacha	78°40'02"	01°09'18"	4150	1°41'31,07"	78°42'58,86"	3560	10	59,960
<b>91,7</b>	Radioeléctrico	222,9	Riobamba-Cacha	78°38'53.2"	01°40'33,2"	2790	1°41'32,58"	78°43'1,51"	3564	10	7,921
<b>92,1</b>	Radioeléctrico	430	Riobamba-Cacha	78°39'31,1"	01°39'33,1"	2780	1°41'31,88"	78°42'59,43"	3544	10	7,444
<b>92,5</b>	Radioeléctrico	423,25	Pilisurco-Cacha	78°40'02"	01°09'18"	4150	1°41'30,46"	78°42'58,32"	3538	30	59,940
<b>92,9</b>	Radioeléctrico	941,5	Riobamba-Bazán	78°38'20"	01°39'57"	2765	1°54'27''	78°36'38''	3737	10	27,073
<b>93,3</b>	Radioeléctrico	228,5	Riobamba-Cacha	78°38'42,39"	01°40'15,78"	2795	1°41'31,13"	78°42'58,31"	3551	10	8,272
<b>93,7</b>	Radioeléctrico	427	Pilisurco-Cacha	78°40'02"	01°09'18"	4150	1°41'31,07"	78°42'58,86"	3560	10	59,960
<b>94,1</b>	Radioeléctrico	232	Pilisurco-La Mira	78°40'02"	01°09'18"	4150	01°31'04"	78°35'42"	3984	10	41,131
<b>94,5</b>	Radioeléctrico	427,5	San Alfonso-Cacha	78°38'29"	01°36'00"	2967	1°41'31,77"	78°42'59,29"	3555	10	13,229
<b>95,3</b>	Radioeléctrico	226,4	Riobamba-Cacha	78°39'22,60"	01°40'12,60"	2775	1°41'32,35"	78°43'1,02"	3558	10	7,222
<b>95,7</b>	Radioeléctrico	425,75	Riobamba-Cacha	78°39'23.2"	01°40'01.2"	2785	1°41'31,46"	78°42'59,26"	3529	10	7,268
<b>96,1</b>	Radioeléctrico	224,75	Riobamba-Cacha	78°39'15"	01°40'08.7"	2760	1°41'31,07"	78°42'58,86"	3545	2	7,407
<b>96,5</b>	Radioeléctrico	949,25	Riobamba-Cacha	78°38'51"	01°40'28"	2800	1°41'31,27"	78°42'58,53"	3540	10	7,923
<b>96,9</b>	Radioeléctrico	428,5	Pilisurco-Cacha	78°40'02"	01°09'18"	4150	1°41'31,70"	78°42'59,61"	3539	30	59,982
<b>97,3</b>	Satelital	-	Satélite –Cacha	-	-	-	1°41'32,23"	78°43'0,62"	3540	-	-

Continúa...

Estación de Radiodifusión FM (MHz)	ENLACE			ORIGEN			DESTINO			POTENCIA AUTORIZADA	DISTANCIA ENLACE AUXILIAR D3D (km)
	TIPO	F (MHz)	TRAYECTO	LONGITUD ESTUDIO (°O)	LATITUD ESTUDIO (°S)	ALTURA (msnm)	LATITUD TX (°S)	LOGITUD TX (°O)	ALTURA (msnm)		
97,7	Radioeléctrico	231,5	Riobamba-Cacha	78°39'03,4"	01°40'09,6"	2770	1°41'32,01"	78°43'0,05"	3565	5	7,778
98,5	Radioeléctrico	426,25	Pilurco-Cacha	78°40'02"	01°09'18"	4150	01°41'30,62"	78°42'57,62"	3560	10	59,943
98,9	Radioeléctrico	226,1	Riobamba-Cacha	78°39'34,6"	01°39'46,4"	2790	1°41'31,81"	78°43'0,17"	3536	10	7,172
99,7	Radioeléctrico	232	Riobamba-Cacha	78°38'56"	01°40'44"	2780	1°41'32,02"	78°42'59,56"	3540	2	7,702
100,1	Línea física	-	San Guisel	78°45'37.5"	01°50'50"	3502	1°50'49"S	78°45'37"O	3579	-	0,084
100,9	Radioeléctrico	946,5	Penipe-Loma Santa Vela	78°31'47"	01°33'41"	2450	01°35'05"S	78°30'47"O	3470	10	3,347
101,3	Radioeléctrico	223,6	Riobamba-Cacha	78°38'50"	01°40'39,7"	2765	1°41'31,89"	78°42'59,91"	3527	15	7,919
101,7	Radioeléctrico	229,4	Riobamba-Cacha	78°38'13"	01°40'38"	2795	1°41'32,08"	78°43'0,47"	3536	10	9,062
102,1	Radioeléctrico	422,5	Riobamba-Cacha	78°39'16.5"	01°40'17.1"	2775	1°41'31,35"	78°42'58,75"	3541	15	7,275
102,5	Radioeléctrico	944	Riobamba-Zalarón	78°38'51,31"	01°40'27,88"	2785	01°46'55"S	78°41'26"O	3610	9,5	12,902
102,9	Radioeléctrico	424	Mancero-Cacha	78°42'40.7"	01°56'00"	3084	1°41'31,30"	78°42'59,01"	3542	30	26,842
103,7	Satelital	-	Satélite-Cacha	-	-	-	1°41'32,23"	78°43'0,62"	3526	-	-
104,1	Satelital	-	Satélite-Cacha	-	-	-	1°41'31,27"	78°42'58,53"	3541	-	-
104,5	Radioeléctrico	948,25	Pilurco-Cacha	78°40'02"	01°09'18"	4150	1°41'31,88"	78°42'59,43"	3544	10	59,987
104,9	Radioeléctrico	223,1	Riobamba-Cacha	78°38'46,3"	01°40'39,8"	2760	1°41'32,02"	78°42'59,56"	3549	10	8,023
105,3	Satelital	-	Satélite-Cacha	-	-	-	1°41'30,78"	78°42'57,61"	3550	-	-
105,7	Radioeléctrico	423,5	Riobamba-Cacha	78°39'04"	01°40'08"	2800	1°41'31,46"	78°42'59,26"	3541	7	7,743
106,1	Radioeléctrico	942	Riobamba-Cacha	78°39'05"	01°40'04"	2765	1°41'31,59"	78°42'59,43"	3542	10	7,766
106,9	Radioeléctrico	424,5	La Mira-Cacha	01°30'32"	78°35'02"	3840	1°41'31,07"	78°42'58,86"	3545	10	25,125
107,3	Radioeléctrico	949	Riobamba-Cacha	78°39'28.8"	01°39'40"	2780	1°41'32,54"	78°43'1,14"	3537	10	7,459

Realizado por: Calvopiña, W. 2016.

Cada parámetro tiene su incidencia en la transmisión de la señal. En este caso, las grandes distancias de los enlaces auxiliares, perjudican a la línea de vista, que sencillamente por las irregularidades del perfil topográfico, puede verse obstruida, impidiendo una transmisión de calidad, libre de interferencias.

En la siguiente tabla se resume la distancia de los enlaces auxiliares terrestres (origen – destino) considerando un total de 36 radiodifusoras (24 matrices y 12 repetidoras), al descartar la estación matriz 100,1 MHz por contar con línea física:

**Tabla 5.2-24** Distancia D3D de los enlaces auxiliares.

Parámetro	Hasta 15 km	15-30 km	30-45 km	45-60 km	Total
Número de Radiodifusoras	23	3	1	9	36
Porcentaje	62,16 %	8,11%	2,70%	24,32%	100,00%

*Realizado por:* Calvopiña, W. 2016.

#### 5.2.6.4 Nivel de recepción

Al hablar de enlaces auxiliares es importante recalcar la importancia de contar con un nivel óptimo de señal en el receptor, para garantizar la calidad de la señal a retransmitir en la frecuencia FM.

El nivel de recepción depende de varios aspectos: potencia utilizada en transmisor, ganancia de las antenas, ubicación del transmisor y receptor, sensibilidad del equipo receptor, pérdidas en el espacio libre, obstrucción de la zona de Fresnel e interferencias no deseadas en la banda de frecuencias asignada.

#### 5.2.6.5 Interferencias en los enlaces auxiliares

Considerando interferencias cocanal, de canal adyacente, armónicos e intermodulaciones, las interferencias identificadas en las frecuencias de enlace auxiliar son las siguientes:

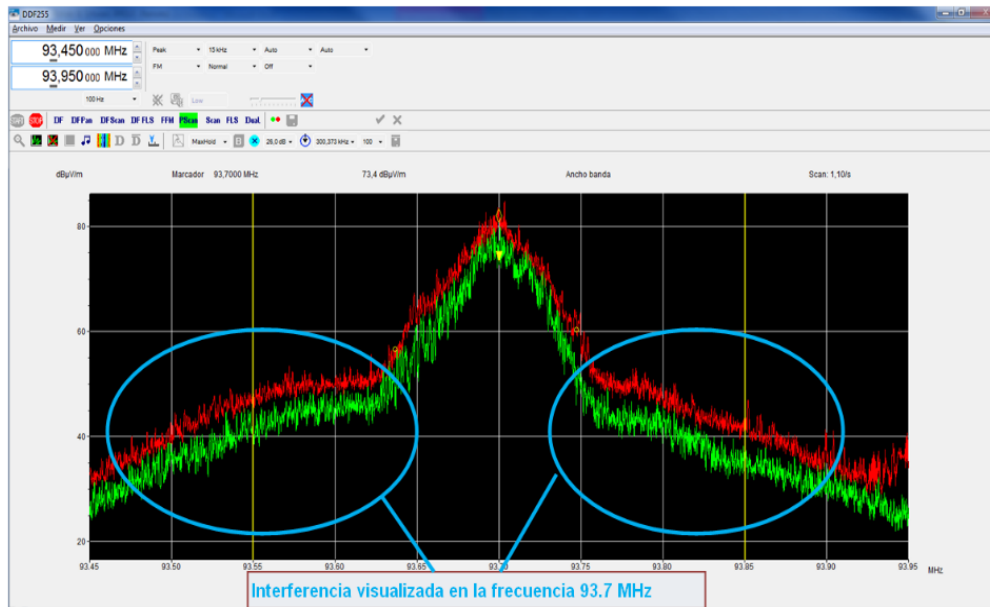
**Tabla 5.2-25** Interferencias en el enlace.

Frecuencia FM (MHz)	Frecuencia de Enlace Auxiliar (MHz)	Interferencia
93,7	427	Cocanal 92,1 MHz (427 MHz)
95,3	226,4	Canal adyacente (226,525 MHz)
96,5	949,25	Canal adyacente (949,125 MHz)

*Realizado por:* Calvopiña, W. 2016.

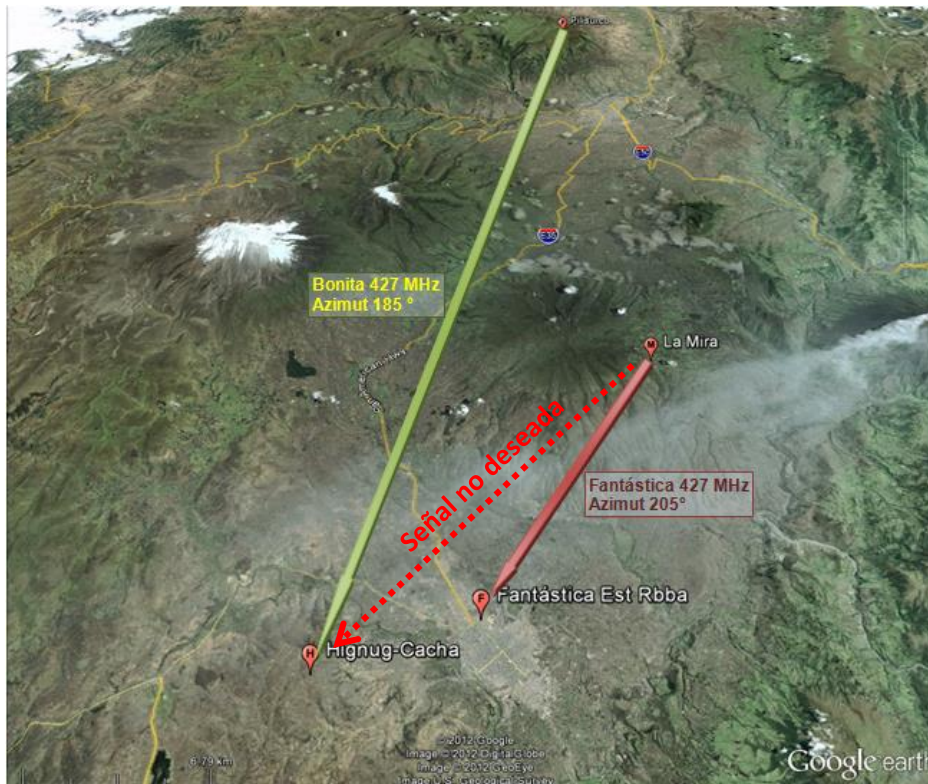
En el caso de la radiodifusora 93,7 MHz (Bonita FM), al realizar la verificación correspondiente a la frecuencia de enlace auxiliar Pilisurco-Cacha, se encontró que Radio Fantástica 92.1 FM, que opera en el trayecto La Mira – Estudio Principal Riobamba, utiliza la misma frecuencia: 427 MHz. Dicha frecuencia llega al cerro Hignug Cacha, por lo cual es captada también por el receptor de enlace de radio Bonita FM.

**Figura 5.2-67** Señal de 93,7 MHz sufre interferencia cocanal.



Fuente.- SACER.

**Figura 5.2-68** Trayectos de enlace que operan en 427 MHz: Pilisurco-Cacha (BONITA FM 93,7 MHz), y La Mira-Riobamba (FANTÁSTICA 92.1 FM).



Realizado por: Calvopiña, W. 2016. Imagen de GoogleEarth.

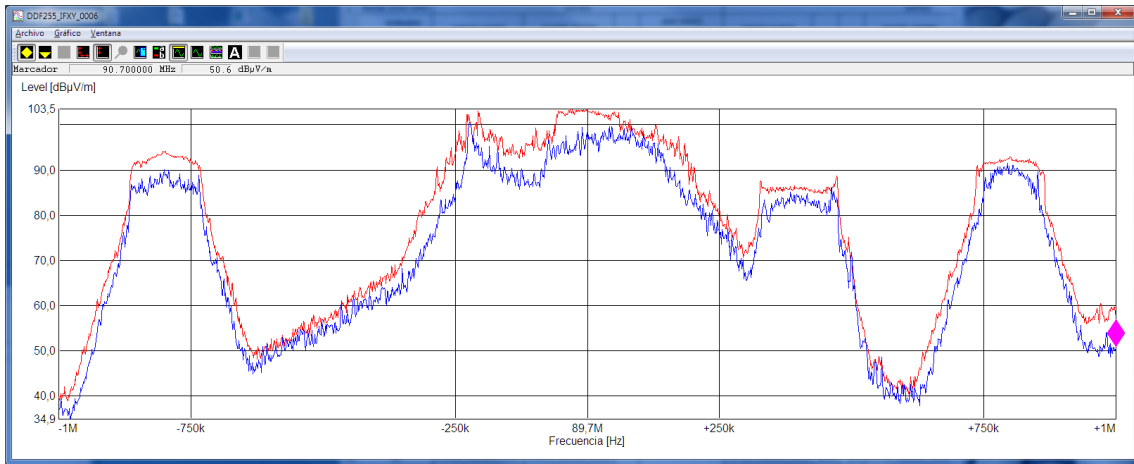
Además, se deben considerar los siguientes casos de interferencias, por problemas en la frecuencia de enlace auxiliar, ocasionados por mala calibración de equipos de transmisión:

**Tabla 5.2-26** Problemas en las frecuencias de enlace auxiliar de las radiodifusoras FM de Riobamba.

Frecuencia (MHz)	Frecuencia de Enlace (MHz)
89,7	938
91,3	426,75
93,3	228,5

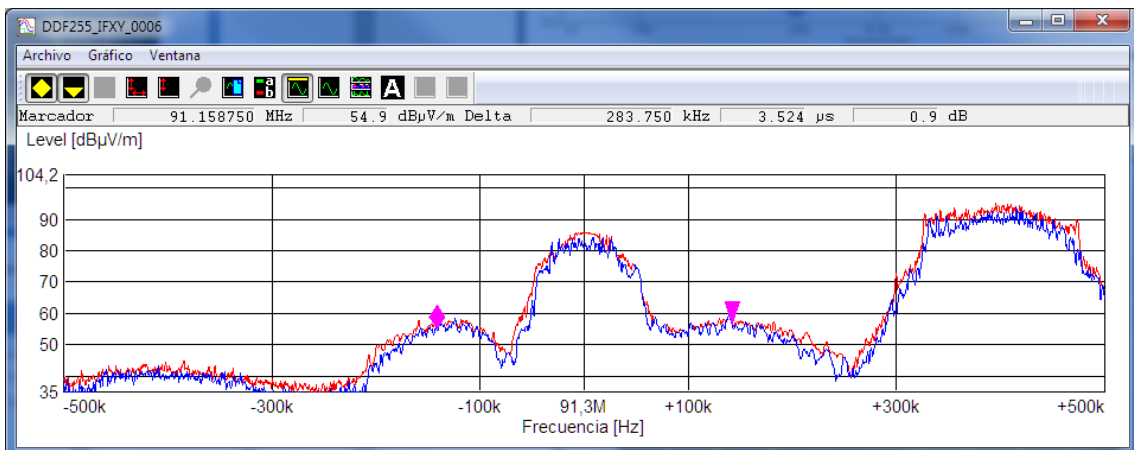
**Realizado por:** Calvopiña, W. 2016.

**Figura 5.2-69** Interferencia en enlace auxiliar (938 MHz) que afecta a la frecuencia 89,7 MHz



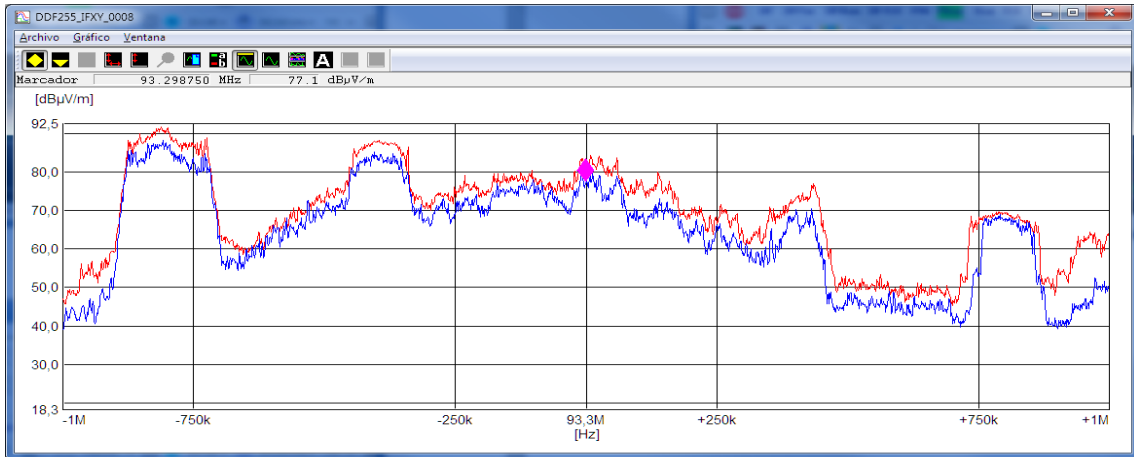
**Fuente.-** SACER

**Figura 5.2-70** Interferencia en enlace auxiliar (426,75 MHz) que afecta a la frecuencia 91,3 MHz



**Fuente.-** SACER

**Figura 5.2-71** Interferencia en enlace auxiliar (228,5 MHz) que afecta a la frecuencia 93,3 MHz



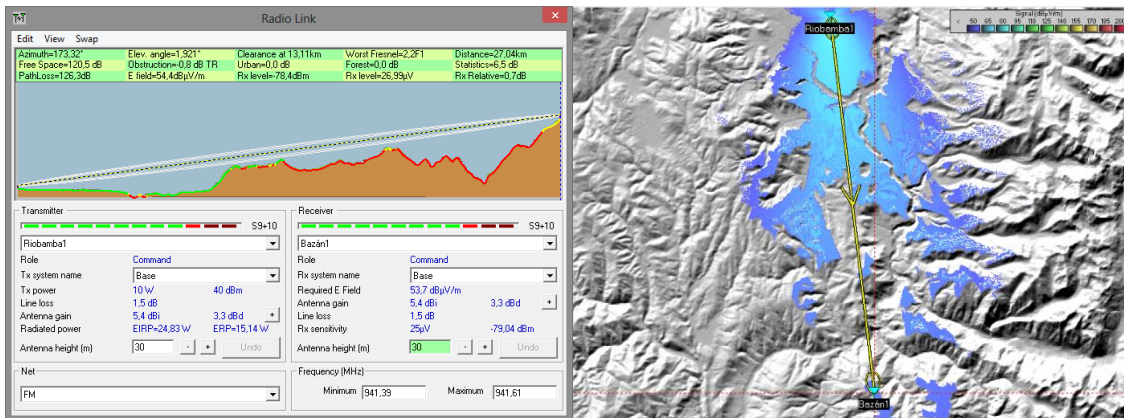
Fuente.- SACER

### 5.2.6.6 Análisis y simulación de la cobertura

El análisis del perfil topográfico y la cobertura alcanzada de los enlaces auxiliares, facilita la comprensión de la importancia de las características analizadas anteriormente, con los datos recopilados en esta sección (5.2.6), y a manera demostrativa, se considerarán varios ejemplos, utilizando Radio Mobile.

Según la información ingresada: frecuencia de enlace auxiliar, ganancia de las antenas, pérdidas estimadas, potencia utilizada y ubicación del transmisor y receptor (latitud, longitud, altura en msnm), en un enlace LOS, considerando la información de la **Tabla 5.2-23**, la simulación calcula: distancia entre ambos puntos, ángulo de inclinación y azimut, zona despejada u distancia a obstrucción, pérdidas, campo eléctrico a recibir, nivel de recepción y zona de Fresnel libre, pudiendo comparar los resultados de Radio Mobile con el análisis teórico anteriormente realizado.

**Figura 5.2-72** Perfil topográfico y cobertura del enlace auxiliar en 941,5 MHz, de la radiodifusora 92,9 MHz: trayecto Riobamba-Bazán.



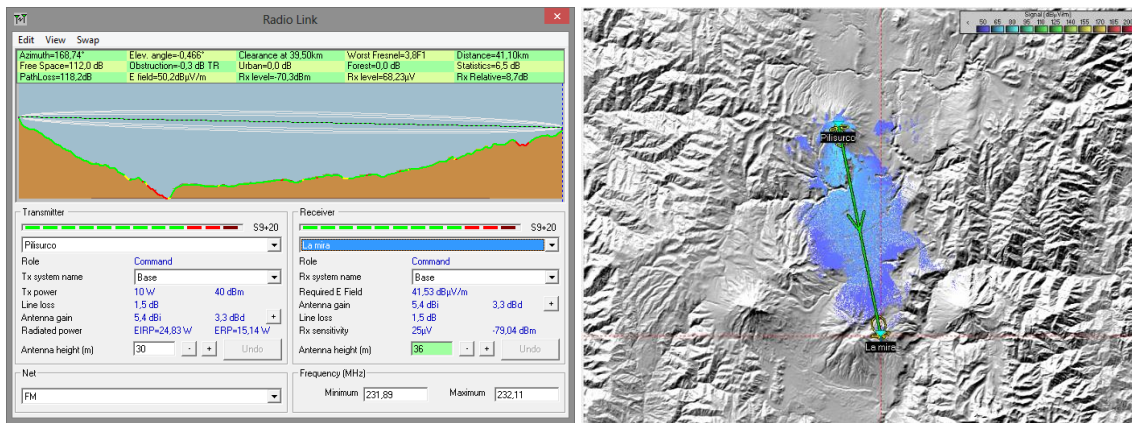
Realizado por: Calvopiña, W. 2016. Imagen de Radio Mobile.

Los resultados de la simulación (perfil topográfico) en este caso reflejan la siguiente información de la frecuencia auxiliar 941,5 MHz: la distancia del enlace es de 27,04 km, con una zona despejada de 13,11 km. El ángulo de inclinación es de 1,921° y el azimut de 173,32°. El campo eléctrico a recibir es de 54,4 dBuV/m, y el nivel de recepción es -78,4 dBm. Este enlace permite que el 2,2 de la primera zona de Fresnel este libre.

Estos resultados coinciden con el cálculo realizado de la D3D, mientras el valor de la primera zona de Fresnel libre garantiza un enlace óptimo, coincidente con las mediciones realizadas en la frecuencia auxiliar, ya que no reflejaron problemas en la transmisión, e igualmente coincidente con la simulación de cobertura.

Se debe considerar que el margen de desvanecimiento es muy pequeño 0.7 dB, lo cual no garantiza un funcionamiento permanente del enlace, dicho margen debería ser de al menos 10 dB.

**Figura 5.2-73** Perfil topográfico y cobertura del enlace auxiliar en 232 MHz, de la radiodifusora 94,1 MHz: trayecto Pilisurco-La Mira.



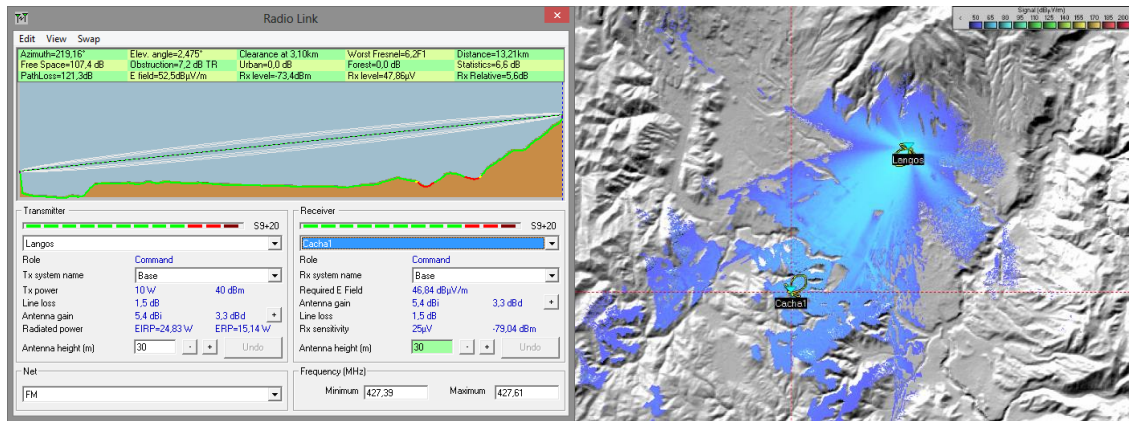
**Realizado por:** Calvopiña, W. 2016. Imagen de Radio Mobile.

Los resultados de la simulación (perfil topográfico) en este caso reflejan la siguiente información de la frecuencia auxiliar 232 MHz: la distancia del enlace es de 41,10 km, con una zona despejada de 39,5 km. El ángulo de inclinación es de 0,47° y el azimut de 168,74°. El campo eléctrico a recibir es de 50,2 dBuV/m, y el nivel de recepción es -70,3 dBm. Este enlace permite que el 3,8 de la primera zona de Fresnel este libre.

Estos resultados coinciden con el cálculo realizado de la D3D, mientras el valor de la primera zona de Fresnel libre garantiza un enlace óptimo, coincidente con las mediciones realizadas en la frecuencia auxiliar, ya que no reflejaron problemas en la transmisión, e igualmente coincidente con la simulación de cobertura.

El margen de desvanecimiento calculado de 8.7 dB, es aceptable para el funcionamiento continuo del enlace auxiliar de radiodifusión.

**Figura 5.2-74** Perfil topográfico y cobertura del enlace auxiliar en 427,5 MHz, de la radiodifusora 94,5 MHz: trayecto San Alfonso-Cacha.



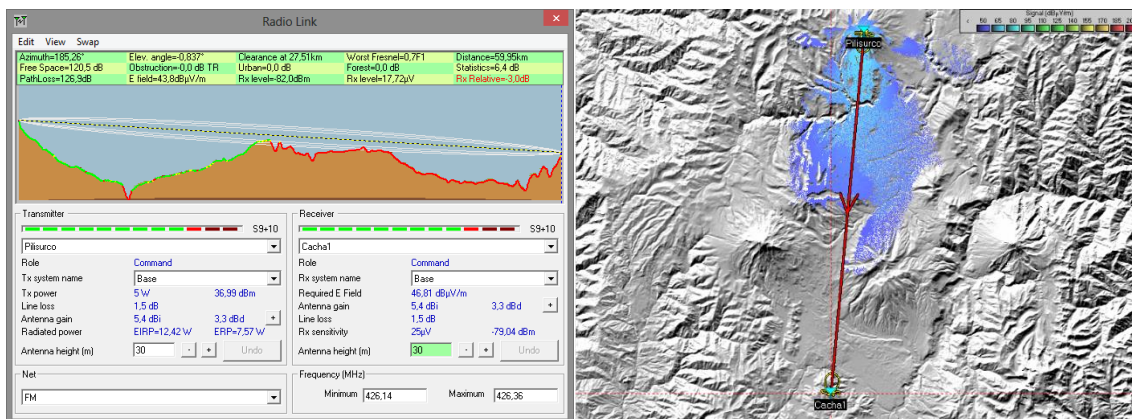
**Realizado por:** Calvopiña, W. 2016. Imagen de Radio Mobile.

Los resultados de la simulación (perfil topográfico) en este caso reflejan la siguiente información de la frecuencia auxiliar 427,5 MHz: la distancia del enlace es de 13,21 km, con una zona despejada de 3,1 km. El ángulo de inclinación es de 2,475° y el azimut de 219,16°. El campo eléctrico a recibir es de 52,5 dBuV/m, y el nivel de recepción es -73,4 dBm. Este enlace permite que el 6,2 de la primera zona de Fresnel este libre.

Estos resultados coinciden con el cálculo realizado de la D3D, mientras el valor de la primera zona de Fresnel libre garantiza un enlace óptimo, coincidente con las mediciones realizadas en la frecuencia auxiliar, ya que no reflejaron problemas en la transmisión, e igualmente coincidente con la simulación de cobertura.

El margen de desvanecimiento simulado aunque es bajo (5.6 dB), puede operar el enlace auxiliar de radiodifusión.

**Figura 5.2-75** Perfil topográfico y cobertura del enlace auxiliar en 426,25 MHz, de la radiodifusora 98,5 MHz: trayecto Pilisurco-Cacha.



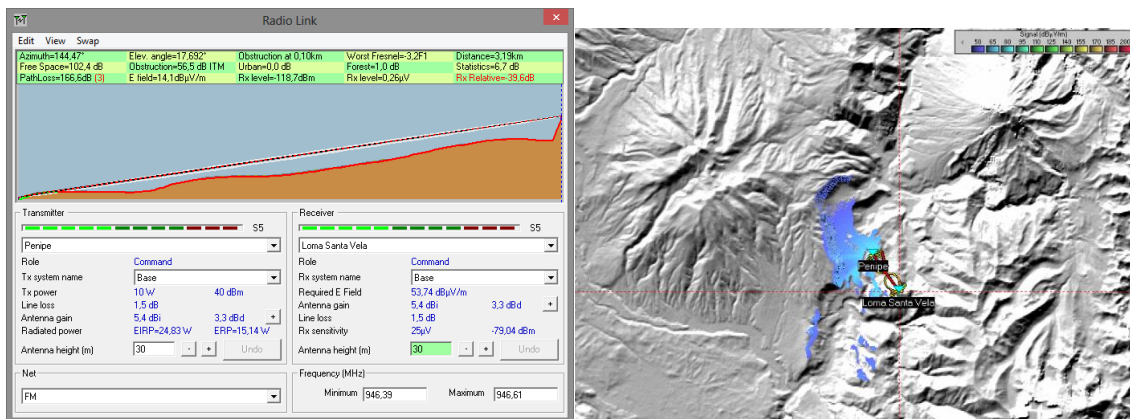
**Realizado por:** Calvopiña, W. 2016. Imagen de Radio Mobile.

Los resultados de la simulación (perfil topográfico) en este caso reflejan la siguiente información de la frecuencia auxiliar 426,25 MHz: la distancia del enlace es de 59,95 km, con una zona despejada de 27,51 km. El ángulo de inclinación es de 0,837° y el azimut de 185,26°. El campo eléctrico a recibir es de 43,8 dBuV/m, y el nivel de recepción es -82 dBm. Este enlace permite que el 0,7 de la primera zona de Fresnel este libre.

Estos resultados calculados con una potencia de 5 W en transmisor reflejan una potencia demasiado baja, además debido a las pérdidas por zona de Fresnel, el margen de recepción es de -3 dB, por lo cual han sido necesarias tomar las siguientes medidas:

- Aumentar la potencia del transmisor a 20W.
- Elevar las antenas de transmisión y recepción a torres de soporte de 42 y 40 m de altura respectivamente.
- Instalar antenas de transmisión/recepción modelo Yagi, ajustadas a la frecuencia de enlace (426,25 MHz) con una ganancia de 8 dBi cada una.

**Figura 5.2-76** Perfil topográfico y cobertura del enlace auxiliar en 946,5 MHz, de la radiodifusora 100,9 MHz: trayecto Penipe-Loma Santa Vela.



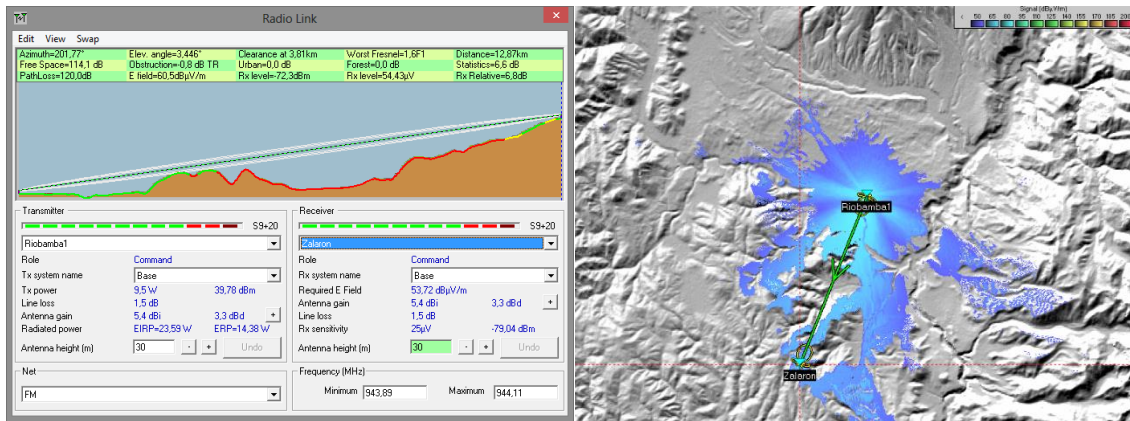
**Realizado por:** Calvopiña, W. 2016. Imagen de Radio Mobile.

Los resultados de la simulación (perfil topográfico) en este caso reflejan la siguiente información de la frecuencia auxiliar 946,5 MHz: la distancia del enlace es de 3,19 km, con una obstrucción a 0,1 km. El ángulo de inclinación es de 17,692° y el azimut de 144,47°. El campo eléctrico a recibir es de 14,1 dBuV/m, y el nivel de recepción es -118,7 dBm. En este enlace la primera zona de Fresnel no está libre.

Estos resultados coinciden con el cálculo realizado de la D3D, mientras el valor de la primera zona de Fresnel no garantiza un enlace óptimo, coincidente con las mediciones realizadas en la frecuencia auxiliar, donde el nivel de señal es bajo, e impidió la medición del ancho de banda, e igualmente coincidente con la simulación de cobertura.

Similar al caso anterior se han tomado las correcciones respectivas para garantizar el funcionamiento del enlace auxiliar.

**Figura 5.2-77** Perfil topográfico y cobertura del enlace auxiliar en 944 MHz, de la radiodifusora 102,5 MHz: trayecto Riobamba-Zalarón.



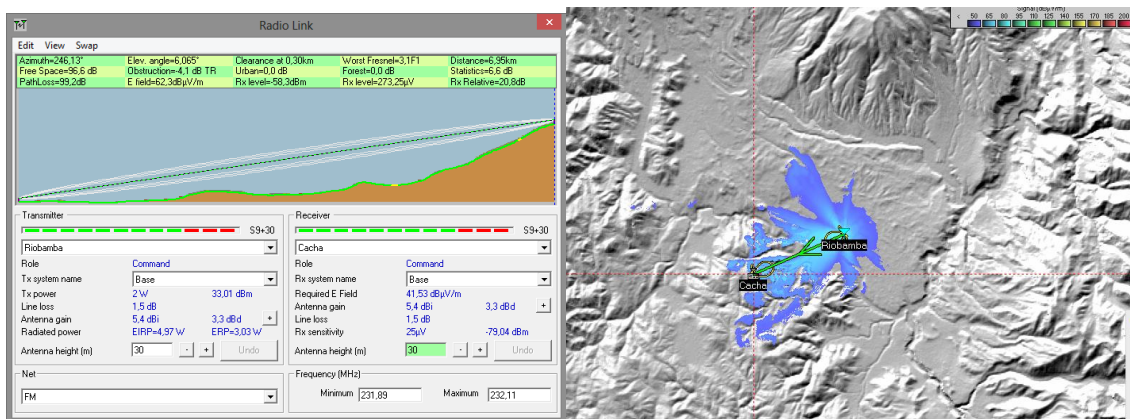
Realizado por: Calvopiña, W. 2016. Imagen de Radio Mobile.

Los resultados de la simulación (perfil topográfico) en este caso reflejan la siguiente información de la frecuencia auxiliar 944 MHz: la distancia del enlace es de 12,87 km, con una zona despejada de 3,81 km. El ángulo de inclinación es de 3,446° y el azimut de 201,77°. El campo eléctrico a recibir es de 60,5 dB $\mu$ V/m, y el nivel de recepción es -72,3 dBm. Este enlace permite que el 1,6 de la primera zona de Fresnel este libre.

Estos resultados coinciden con el cálculo realizado de la D3D, mientras el valor de la primera zona de Fresnel libre garantiza un enlace óptimo, lo cual no coincide con las mediciones realizadas en la frecuencia auxiliar, ya que se reflejaron problemas en la transmisión: nivel de señal bajo, que impidió la medición del ancho de banda.

El enlace opera correctamente y el margen de desvanecimiento calculado es de 6.8 dB. La operación de la frecuencia auxiliar en la práctica es correcta y no ha presentado problemas de interferencia o deficiencia en la recepción.

**Figura 5.2-78** Perfil topográfico y cobertura del enlace auxiliar en 232 MHz, de la radiodifusora 99,7 MHz: trayecto Riobamba - Cacha.



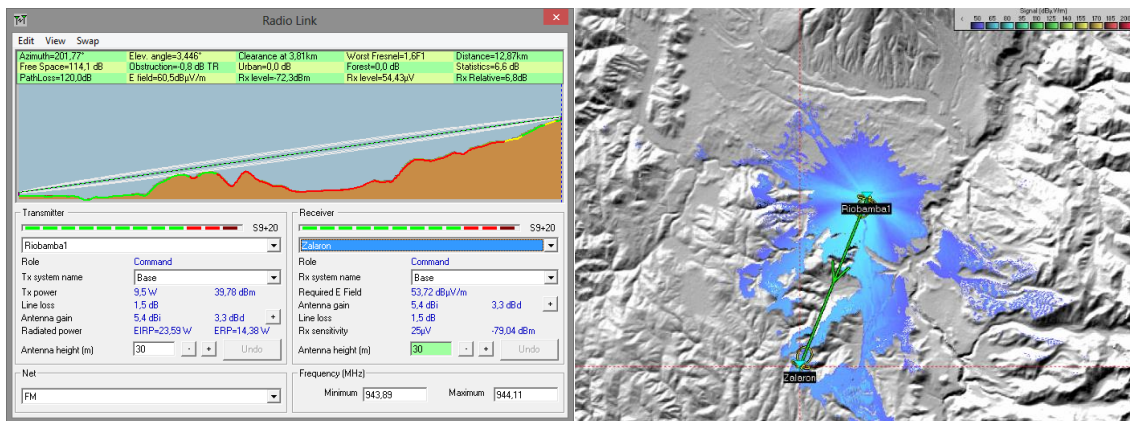
Realizado por: Calvopiña, W. 2016. Imagen de Radio Mobile.

Los resultados de la simulación (perfil topográfico) en este caso reflejan la siguiente información de la frecuencia auxiliar 232 MHz: la distancia del enlace es de 6,95 km, con una zona despejada de 0,3 km. El ángulo de inclinación es de 6,065° y el azimut de 246,13°. El campo eléctrico a recibir es de 62,3 dBuV/m, y el nivel de recepción es -58,3 dBm. Este enlace permite que el 3,1 de la primera zona de Fresnel este libre.

Estos resultados se asemejan al cálculo realizado de la D3D, el valor de la primera zona de Fresnel libre garantiza un enlace óptimo.

El enlace opera correctamente y el margen de desvanecimiento calculado es de 20,8 dB. La operación de la frecuencia auxiliar en la práctica es correcta y no ha presentado problemas de interferencia o deficiencia en la recepción. Sin embargo en un parámetro de mala configuración el concesionario opera con un ancho de banda bajo.

**Figura 5.2-79** Perfil topográfico y cobertura del enlace auxiliar en 424,5 MHz, de la radiodifusora 106,9 MHz: trayecto La Mira - Cacha.



**Realizado por:** Calvopiña, W. 2016. Imagen de Radio Mobile.

Los resultados de la simulación de la operación de la frecuencia auxiliar 424,5 MHz indican que la distancia del enlace es de 23,64 km, con una zona despejada de 2,07 km. El ángulo de inclinación es de 1,174° y el azimut de 214,89°. El campo eléctrico a recibir es de 55,4 dBuV/m, y el nivel de recepción es -70,4 dBm. Este enlace permite que el 3,9 de la primera zona de Fresnel este libre.

Estos resultados son similares al cálculo realizado de la D3D, el valor de la primera zona de Fresnel libre garantiza un enlace óptimo, en las mediciones realizadas a la frecuencia auxiliar, se determinó un nivel de señal bajo, lo cual obedece a otros factores como antenas, alineación, excesivas pérdidas en cables y conectores, entre otros.

El enlace opera correctamente y el margen de desvanecimiento calculado es de 8,6 dB. La operación de la frecuencia auxiliar en la práctica es correcta y no ha presentado problemas de interferencia o deficiencia en la recepción.

**Importante:**

De manera general, se puede apreciar que:

- Los enlaces auxiliares: San Alfonso – Hignug Cacha, Pilisurco - La Mira, cerro La Mira – Hignug Cacha y cerro Mancero – Hignug Cacha, no presentan problemas en la transmisión.
- Los enlaces en el trayecto Pilisurco – Hignug Cacha, Penipe - Loma Santa Vela y Riobamba-Bazán debido a la distancia y/o perfil topográfico tienen problemas de pérdidas y obstrucción de zona de Fresnel, especialmente las frecuencias mas bajas (bandas de 220 y 420 MHz), por lo que se debe aumentar potencia de transmisor de enlace, ganancia de antenas y altura en las torres de soporte de antenas.
- El enlace auxiliar Riobamba - Zalarón, presenta inconvenientes, por lo que no puede garantizarse una transmisión exitosa.
- En cuanto a los enlaces auxiliares con trayecto Riobamba – Hignug Cacha, presentes en 20 estaciones radiodifusoras, es decir el 48% de las radiodifusoras, mayormente no se detectaron problemas en la transmisión. Exceptuando ciertos casos en los que principalmente las antenas de transmisión y/o recepción se instalaron en lugares no adecuados, en ventanas de los edificios, terrazas con obstrucciones; en el cerro detrás de otros sistemas de transmisión o casetas, etc.

**5.2.7 Análisis de la Normativa**

Para el análisis de la normativas referente a la radiodifusión FM, se considerará la Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada Analógica vigente en Ecuador (Resolución ARCOTEL-2015-00061 de 08-may-2015), y comparando con otras normativas de Panamá y de Perú, por citar unos ejemplos, y con las recomendaciones de la UIT.

La normativa ecuatoriana establece entre otras consideraciones: los niveles de intensidad de campo eléctrico medidos a 10 metros sobre el suelo, del área de cobertura principal y del área de cobertura secundaria, así como la relación de protección portadora a interferencia.

**Tabla 5.2-27.- Resumen de parámetros técnicos para radiodifusión FM según normativa ecuatoriana**

PARÁMETRO		Sistemas Monofónicos	Sistemas Estereofónicos
<b>Ancho de Banda (Tolerancia del 5 %)</b>		180 kHz (hasta 189 kHz)	220 kHz (hasta 231 kHz)
<b>Intensidad mínima de Campo Eléctrico en dBμV/m</b>	* Área de cobertura principal	≥ 48 dBμV/m	≥ 54 dBμV/m
	* Área de cobertura secundaria	≥ 30 y < 48 dBμV/m	≥ 50 y < 54 dBμV/m
<b>Separación deseada entre portadoras cocanal en dB</b>	0 kHz	28 dB	37 dB
	200 kHz	6 dB	7 dB
	400 kHz	-20 dB	-20 dB
	600 kHz	-30 dB	-30 dB

Fuente.- Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada Analógica.

En la **Tabla 5.2-28** se aprecia la diferencia entre los valores considerados en varias normativas, considerando sistemas estereofónicos, ya que el análisis de los sistemas monofónicos no es de interés porque actualmente no existen sistemas monofónicos en el Ecuador. Las normativas consideradas para la comparación son:

- Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada Analógica vigente en Ecuador [5].
- Normas Técnicas de Radiodifusión Analógica en la Banda de Frecuencia Modulada (FM) para la República de Panamá [11].
- Norma Técnica del Servicio de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada - Perú [12].

**Tabla 5.2-28.- Comparación de parámetros técnicos para radiodifusión FM según varias normativas**

PARÁMETRO	ECUADOR	PANAMÁ	PERÚ
<b>Ancho de Banda</b>	220 kHz (Tolerancia del 5 %: 231 kHz)	240 kHz	256 KHz
<b>Intensidad mínima de Campo Eléctrico en</b>	Área de cobertura *Principal: ≥ 54	Zona *Urbana: 69,5	Sin Interferencia *Serv. Primario: 66
<b>Separación deseada entre portadoras cocanal en dB</b>			
0 kHz	37	20	37
200 kHz	7	6	7
400 kHz	-20	-40	-20
600 kHz	-30	-	-
<b>Tolerancia de Potencia</b>	-5%	±10%	+10% ; -20%

Realizado por: Calvopiña, W. 2016.

Claramente se aprecia que los niveles considerados en la normativa ecuatoriana limitan considerablemente el ancho de banda, la intensidad mínima de campo eléctrico permitido, y la tolerancia de potencia, en cambio, en cuanto a los valores de separación deseada entre portadoras cocanal a 400 kHz, se cuenta con un valor considerablemente menor, al representar el 50% del valor exigido en la normativa panameña por ejemplo.

Considerando las recomendaciones de la UIT, y aplicándolas para nuestro país, se resalta lo siguiente:

**Tabla 5.2-29.- Resumen de parámetros técnicos para radiodifusión FM según UIT**

PARÁMETRO	Sistemas Monofónicos	Sistemas Estereofónicos
<b>Intensidad mínima de Campo Eléctrico en dB<math>\mu</math>V/m</b>		
* Zona rural	48	54
* Zona urbana	60	66
* Grandes ciudades	70	74
<b>Separación deseada entre portadoras cocanal en dB</b>		
0 kHz	36	45
200 kHz	6	7
400 kHz	-20	-20

Fuente. Recomendación UIT-R BS.412-9.

Los niveles considerados en la recomendación UIT-R BS.412-9 [13], denotan que la normativa ecuatoriana limita por demás el ancho de banda y la intensidad mínima de campo eléctrico permitido, y define una separación deseada entre portadoras cocanal a 400 kHz considerablemente mayor.

De acuerdo con las mediciones de campo realizadas, se determina que el valor de 54 dB $\mu$ V/m es demasiado bajo para garantizar una buena recepción de las radiodifusoras FM, sin considerar que dentro de los hogares u oficinas existe una pérdida adicional debido a las paredes, en valores que oscilan entre los 10 a 20 dB, conforme las pruebas realizadas en diferentes tipos de materiales.

Consideraciones adicionales de la normativa ecuatoriana:

- Existe canalización definida para FM de 400 kHz, pero no para las frecuencias de enlace, las cuales han sido asignadas con intervalos de separación demasiado bajos, de hasta 150 kHz.
- Existen frecuencias de enlace de transmisión y recepción en un mismo sitio, muy cercanas, siendo la de transmisión con alta potencia respecto a la de recepción, esta última recibe una elevada interferencia.
- No existe una potencia referencial definida respecto a la cobertura deseada, existiendo un rango demasiado extenso, por ejemplo, considerando las radiodifusoras que dan cobertura a Riobamba desde el cerro Hignug Cacha, se apreció en la Tabla 5.2.-13 que:

- La PER autorizada varía de 560 W (90,1 MHz) a 4000 W (88,1 MHz y 105,3 MHz).
- La Potencia autorizada en el equipo transmisor varía de 300 W (90,1 MHz) a 2275,41 W (105,3 MHz).
- En cuanto a los niveles de armónicos aceptables se consideran:  $46 + 10 \log P$ , o 70 dBc, el cual debe hacerse cumplir en todos los transmisores.
- Considerando que la canalización es de 400 kHz, limitar el ancho de banda a 220 kHz es un desperdicio de espectro, en otras normativas los valores son más amplios, lo cual permite la modulación de un número mayor de frecuencias de banda base (aquellas que puede captar el oído humano).
- No existe la obligatoriedad de utilizar equipos homologados, ni una norma que establezca los parámetros de homologación de equipos FM como en otros Sistemas de Telecomunicaciones (celulares, inhibidores de señal, etc.)

### **5.3 ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE LA COBERTURA FM EN RIOBAMBA**

En la **Tabla 5.3-1** se describen brevemente las características destacadas de cada estación de radiodifusión FM en Riobamba, por su influencia en los resultados de medición obtenidos y en los problemas detectados, diferenciando:

- Características del entorno de transmisión y parámetros analizados, para proporcionar una visión completa de la radiodifusión FM en Riobamba.
- Características destacadas del enlace auxiliar, por su influencia en la señal FM retransmitida.

Dentro de las características del entorno de transmisión FM se considera:

1. Distancia transmisor-receptor en kilómetros: de cada radiodifusora, excepto de las ubicadas en el cerro Cacha, por ser el cerro más cercano (6,87 km), y no representar un inconveniente en la transmisión de la señal.
2. Equipos utilizados: indicando las estaciones que disponen de respaldo de energía o filtros.
3. Antenas utilizadas: se detallan las de construcción nacional; las de polarización circular; las variaciones de azimut de cada una; y en cuanto a la ganancia, las de mayor y las de menor ganancia, el resto, es decir, las de ganancia promedio 3 dBd, no se especifican.
4. Potencia utilizada: describiendo en general como “baja” si opera entre el 50% y 70% del valor autorizado, y como “muy baja” si opera con menos del 50%.
5. Interferencias: cocanal, de canal adyacente, armónicos e intermodulaciones.
6. Características del enlace auxiliar: frecuencia utilizada; potencia autorizada (considerando 15 W como alta, y de 30W en adelante muy alta); distancia D3D.

También se mencionan los problemas encontrados (interferencias, frecuencia utilizada diferente a la autorizada), problemas con los equipos, y características generales. Se obtuvieron mediciones en la frecuencia de enlace de las estaciones matrices.

7. Normativa: el nivel de intensidad de campo establecido con valores mínimos muy bajos, la falta de establecimiento de canalización en las bandas de frecuencia de enlaces, las limitaciones en cuanto a valores de ancho de banda, falta de homologación de equipos de transmisión, afectan a todas las estaciones, por lo cual, no se registran individualmente.

Además se resumen los resultados de medición de intensidad de campo eléctrico y ancho de banda en la frecuencia principal, considerando: las que operan con nivel de E bajo ( $<54\text{dBuV/m}$ ), o están fuera de cobertura; y las que tienen un ancho de banda bajo ( $<170\text{kHz}$ ), o excesivo ( $>231\text{kHz}$ ).

Tabla 5.3-1 Análisis del entorno de transmisión.

FRECUENCIA (MHz)	TIPO DE ESTACIÓN	CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DE TRANSMISIÓN FM										CARACTERÍSTICAS DEL ENLACE AUXILIAR					
		DISTANCIA del Tx A RIOBAMBA (km)	EQUIPOS UTILIZADOS	POTENCIA UTILIZADA	SISTEMA RADIANTE				INTERFERENCIAS	RESULTADOS DE MEDICIÓN		FRECUENCIA ENLACE (MHz)	POTENCIA AUTORIZADA	DISTANCIA D3D (km)	OBSERVACIÓN	RESULTADOS DE MEDICIÓN	
					ANTENAS	POLARIZACIÓN	GANANCIA	VARIACIÓN AZIMUT (°)		NIVEL DE CAMPO E (dBuV/m)	AB (MHz)					NIVEL DE CAMPO E (dBuV/m)	AB (MHz)
88,1	REPETIDORA (enlace satelital)	-	RESPALDO DE ENERGÍA y FILTRO	-	-	-	7	-9,733	-	-	-	-	-	-	-	-	BAJO
88,5	REPETIDORA	-	EQUIPOS MAL CALIBRADOS	BAJA	Construcción Nacional	-	-	-4,741	ARMÓNICOS	BAJO	BAJO	425	MUY ALTA	59,98	-	-	-
88,9	REPETIDORA	-	EQUIPOS MAL CALIBRADOS	-	Construcción Nacional	-	-	14,259	INTERMODULACIONES	-	BAJO	937,5	-	59,98	INTERMODULACIÓN	-	-
89,3	MATRIZ	-	-	BAJA	-	CIRCULAR	1,5	5,222	INTERMODULACIONES	-	-	942,5	-	7,65	INTERMODULACIÓN	-	-
89,7	REPETIDORA	-	-	-	Construcción Nacional	CIRCULAR	-	-11,792	-	-	BAJO	938	MUY ALTA	60,00	EQUIPOS MAL CALIBRADOS INTERFERENCIA	-	-
90,1	MATRIZ	-	EQUIPOS MAL CALIBRADOS	-	Construcción Nacional	-	-	-7,584	COCANAL INTERMODULACIONES	-	EXCESIVO	944,5	-	7,84	INTERMODULACIÓN	-	-
90,5	MATRIZ	-	-	BAJA	Construcción Nacional	-	-	13,277	-	-	-	225,4	-	6,89	-	-	-
91,3	REPETIDORA	-	EQUIPOS MAL CALIBRADOS	MUY BAJA	Construcción Nacional	-	-	23,318	-	BAJO	BAJO	426,75	-	59,96	EQUIPOS MAL CALIBRADOS INTERFERENCIA	-	-
91,7	MATRIZ	-	-	-	-	CIRCULAR	-	6,210	-	-	-	222,9	-	7,92	FRECUENCIA DIFERENTE INTERFERENCIA DE CANAL ADYACENTE	-	-
92,1	MATRIZ	-	RESPALDO DE ENERGÍA	-	-	CIRCULAR	-	-4,822	-	-	EXCESIVO	430	-	7,44	-	-	BAJO
92,5	REPETIDORA	-	-	BAJA	-	CIRCULAR	-	-3,730	INTERMODULACIONES	-	-	423,25	MUY ALTA	59,94	INTERMODULACIÓN	-	-
92,9	MATRIZ	27 km (BAZÁN)	-	-	Construcción Nacional	-	-	-1,523	-	BAJO	-	941,5	-	27,07	-	-	-
93,3	MATRIZ	-	FILTRO	-	Construcción Nacional	-	1,5	-19,750	INTERMODULACIONES	-	-	228,5	-	8,27	EQUIPOS MAL CALIBRADOS INTERMODULACIÓN	BAJO	-
93,7	REPETIDORA	-	EQUIPOS MAL CALIBRADOS	MUY BAJA	Construcción Nacional	-	-	-21,682	-	BAJO	BAJO	427	-	59,96	INTERFERENCIA COCANAL (ORIGEN 92,1 MHz)	-	-
94,1	REPETIDORA	18,15 km (LA MIRA)	EQUIPOS MAL CALIBRADOS	-	-	-	7	-2,029	-	BAJO	EXCESIVO	232	-	41,13	-	-	-
94,5	MATRIZ	-	-	-	-	CIRCULAR	1,5	-5,809	-	-	-	427,5	-	13,23	ENLACE GUANO-SAN ALFONSO-CACHA	-	-
95,3	MATRIZ	-	-	BAJA	Construcción Nacional	-	-	-1,782	-	-	-	226,4	-	7,22	INTERFERENCIA DE CANAL ADYACENTE	-	BAJO
95,7	MATRIZ	-	-	-	-	CIRCULAR	1,5	10,262	ARMÓNICOS	-	-	425,75	-	7,27	-	-	-
96,1	MATRIZ	-	-	EXCEDIDA	Construcción Nacional	-	-	-141,682	ARMÓNICOS	-	-	224,75	-	7,41	-	-	BAJO
96,5	MATRIZ	-	RESPALDO DE ENERGÍA	-	-	CIRCULAR	1,5	0,238	-	-	-	949,25	-	7,92	INTERFERENCIA DE CANAL ADYACENTE	BAJO	-
96,9	REPETIDORA	-	-	MUY BAJA	Construcción Nacional	-	-	16,238	-	BAJO	-	428,5	MUY ALTA	59,98	-	-	-

Continúa...

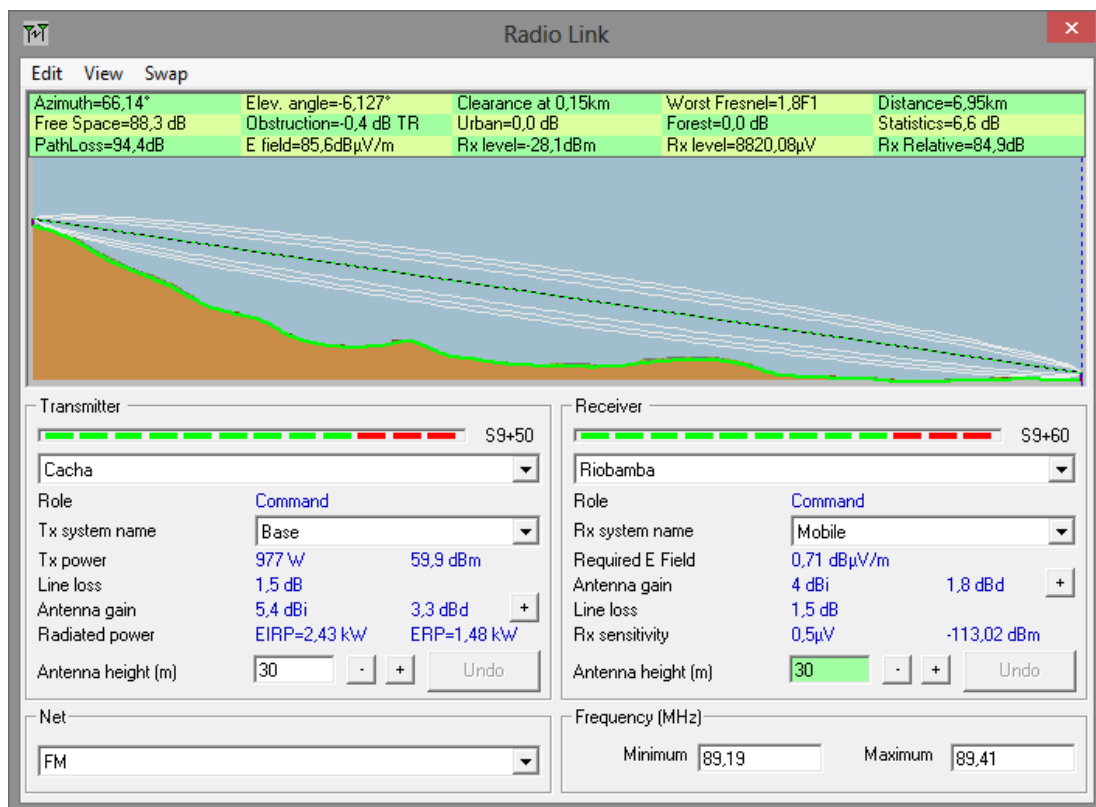
FRECUENCIA (MHz)	TIPO DE ESTACIÓN	CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DE TRANSMISIÓN FM										CARACTERÍSTICAS DEL ENLACE AUXILIAR					
		DISTANCIA del Tx A RIOBAMBA (km)	EQUIPOS UTILIZADOS	POTENCIA UTILIZADA	SISTEMA RADIANTE				INTERFERENCIAS	RESULTADOS DE MEDICIÓN		FRECUENCIA ENLACE (MHz)	POTENCIA AUTORIZADA	DISTANCIA D3D (km)	OBSERVACIÓN	RESULTADOS DE MEDICIÓN	
					ANTENAS	POLARIZACIÓN	GANANCIA	VARIACIÓN AZIMUT (°)		NIVEL DE CAMPO E (dBuV/m)	AB (MHz)					NIVEL DE CAMPO E (dBuV/m)	AB (MHz)
97,3	REPETIDORA (enlace satelital)	-	RESPALDO DE ENERGÍA y FILTRO EQUIPOS MAL CALIBRADOS	-	Construcción Nacional	-	-	-13,792	-	-	-	-	-	-	-	-	-
97,7	MATRIZ	-	-	-	-	CIRCULAR	1,5	-4,794	-	-	BAJO	231,5	-	7,77	-	-	BAJO
98,5	REPETIDORA	-	-	MUY BAJA	Construcción Nacional	-	-	23,307	-	-	-	426,25	-	59,94	-	-	-
98,9	MATRIZ	-	-	-	-	-	-	-18,734	ARMÓNICOS	BAJO	-	226,1	-	7,17	-	-	-
99,7	MATRIZ	-	-	BAJA	Construcción Nacional	-	-	-55,843	-	BAJO	-	232	-	7,70	-	-	BAJO
100,1	MATRIZ	22,78 km (SAN GUISEL ALTO)	EQUIPOS MAL CALIBRADOS	-	-	-	7	-0,367	-	FUERA DE COBERTURA	-	-	-	0,08	LÍNEA FÍSICA	-	-
100,9	MATRIZ	18,71 km (LOMA SANTA VELA)	-	EXCEDIDA	-	-	7	8,004	-	BAJO	BAJO	946,5	-	3,35	INTERFERENCIA CANAL ADYACENTE	BAJO	Baja S/R
101,3	MATRIZ	-	EQUIPOS MAL CALIBRADOS	-	Construcción Nacional	-	-	1,222	-	BAJO	BAJO	223,6	ALTA	7,92	-	BAJO	BAJO
101,7	MATRIZ	-	-	MUY BAJA	-	CIRCULAR	-	5,230	ARMÓNICOS	-	BAJO	229,4	-	9,06	-	BAJO	BAJO
102,1	MATRIZ	-	-	EXCEDIDA	-	-	1,5	-1,760	ARMÓNICOS	-	-	422,5	ALTA	7,27	-	-	-
102,5	MATRIZ	12,97 km (ZALARÓN)	EQUIPOS MAL CALIBRADOS	-	-	CIRCULAR	-	-2,446	-	BAJO	EXCESIVO	944	-	12,90	-	BAJO	Baja S/R
102,9	REPETIDORA	-	-	MUY BAJA	Construcción Nacional	-	-	45,277	-	-	EXCESIVO	424	MUY ALTA	26,84	-	-	-
103,7	REPETIDORA (enlace satelital)	-	FILTRO	MUY BAJA	Construcción Nacional	-	-	8,208	-	-	-	-	-	-	-	-	-
104,1	REPETIDORA (enlace satelital)	-	EQUIPOS MAL CALIBRADOS	-	-	CIRCULAR	-	6,238	CANAL ADYACENTE INTERMODULACIONES	-	BAJO	-	-	-	INTERMODULACIÓN	-	-
104,5	REPETIDORA	-	FILTRO	-	-	-	-	5,178	-	-	EXCESIVO	948,25	-	59,99	-	-	-
104,9	MATRIZ	-	RESPALDO DE ENERGÍA EQUIPOS MAL CALIBRADOS	BAJA	Construcción Nacional	-	-	16,157	INTERMODULACIONES	-	-	223,1	-	8,02	INTERMODULACIÓN	-	-
105,3	REPETIDORA (enlace satelital)	-	FILTRO	-	-	-	1,5	-25,733	ARMÓNICOS	-	BAJO	-	-	-	-	-	-
105,7	MATRIZ	-	-	-	Construcción Nacional	-	-	12,262	-	-	-	423,5	-	7,74	-	BAJO	BAJO
106,1	MATRIZ	-	EQUIPOS MAL CALIBRADOS	BAJA	-	CIRCULAR	-	11,247	COCANAL INTERMODULACIONES	-	-	942	-	7,77	INTERMODULACIÓN	BAJO	BAJO
106,9	REPETIDORA	-	-	MUY BAJA	Construcción Nacional	-	-	-282,682	-	BAJO	-	424,5	-	25,13	-	-	-
107,3	MATRIZ	-	-	BAJA	-	-	-	-13,816	-	-	-	949	-	7,46 (UTILIZA FRECUENCIA DIFERENTE 948,66 MHz)	(UTILIZA FRECUENCIA DIFERENTE 948,66 MHz)	BAJO	-

Realizado por: Calvopiña, W. 2016.

El análisis del perfil topográfico y la cobertura alcanzada desde cada cerro a Riobamba, facilita la comprensión de la importancia de lo antes mencionado; con todos los datos recopilados en el desarrollo de la sección 5.2 (específicamente en: 5.2.1.7, 5.2.3.8, y 5.2.4), y a manera demostrativa, se considerarán varios ejemplos, utilizando Radio Mobile.

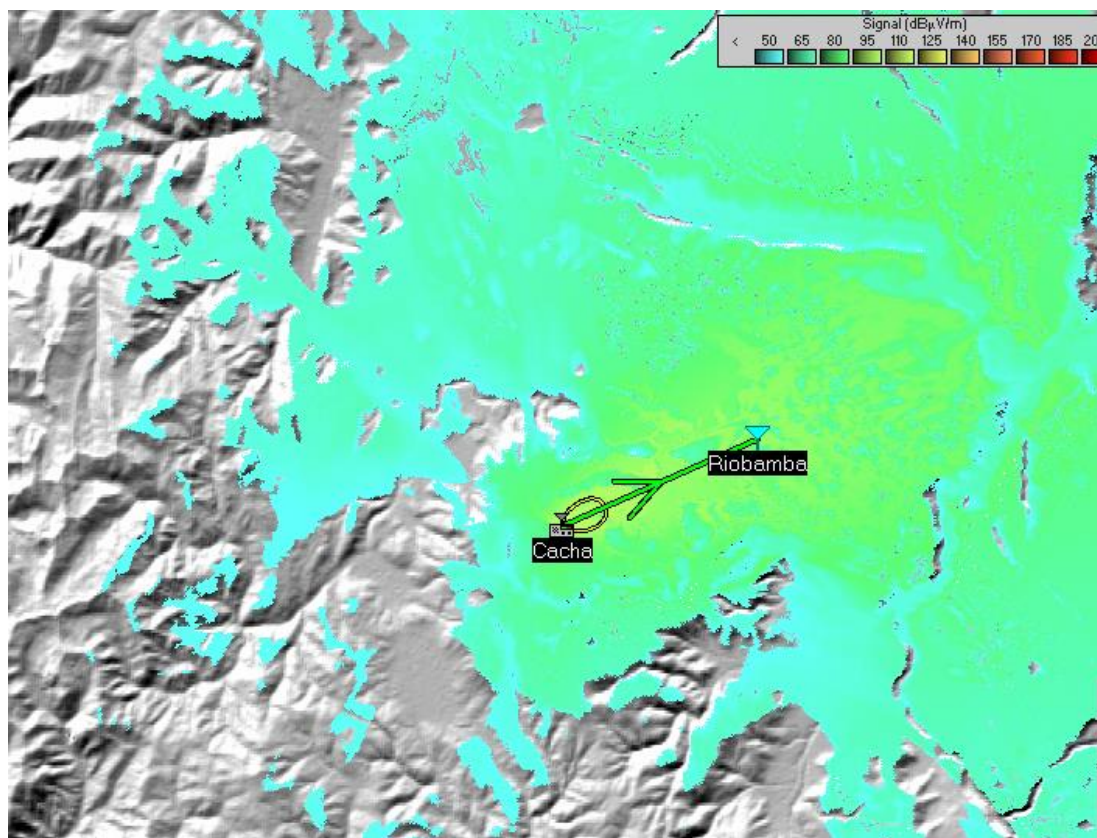
Según la información ingresada: ancho de banda, frecuencia, ganancia de las antenas, pérdidas estimadas, potencia del transmisor, ubicación del transmisor y receptor (latitud, longitud, altura en msnm), considerando que la señal (onda electromagnética) es captada con el receptor del SACER ubicado en las instalaciones del hospital del IESS en la ciudad de Riobamba, en un enlace LOS, la simulación calcula: distancia entre ambos puntos, ángulo de inclinación y azimut, zona despejada u distancia a obstrucción, pérdidas en el espacio libre, campo eléctrico a recibir, nivel de recepción, zona de Fresnel libre, margen de desvanecimiento respecto a la sensibilidad del receptor de enlace, PER, PIRE, etc. pudiendo comparar los resultados de Radio Mobile con el análisis teórico anteriormente realizado.

Figura 5.3-1 Perfil topográfico del Cerro Hignug Cacha a Riobamba, radiodifusora 89,3 MHz



Realizado por: Calvopiña, W. 2016. Imagen de Radio Mobile.

**Figura 5.3-2** Cobertura del Cerro Hignug Cacha a Riobamba, radiodifusora 89,3 MHz



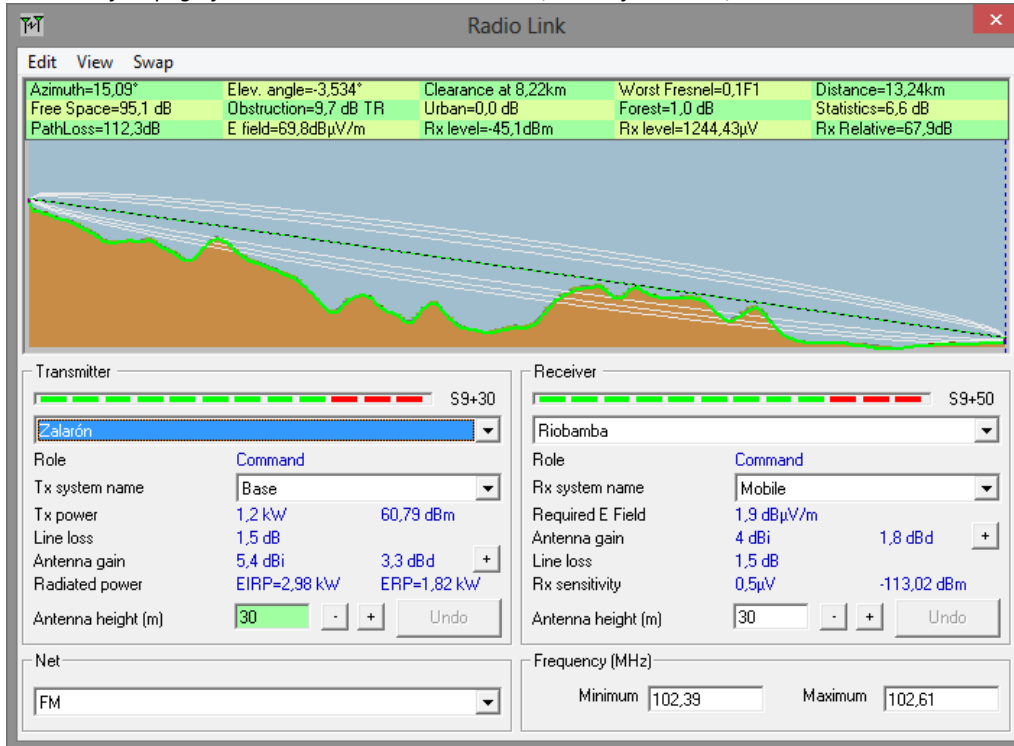
*Realizado por:* Calvopiña, W. 2016. Imagen de Radio Mobile.

Los resultados de la simulación (perfil topográfico) en este caso reflejan la siguiente información: La estación emite su señal en la frecuencia central 89,3 MHz. La distancia entre ambos puntos es de 6,95 km, con una zona despejada de 0,15 km. El ángulo de inclinación es de 6,13° y el azimut de 66,14°. El campo eléctrico a recibir es de 85,6 dBuV/m, y el nivel de recepción es -28,1 dBm. Este enlace permite que el 1,8 de la primera zona de Fresnel este libre.

Estos resultados coinciden con los cálculos realizados (D3D, ángulo de inclinación y azimut), mientras el valor de la primera zona de Fresnel libre garantiza un enlace óptimo, coincidente con las mediciones realizadas, ya que no reflejaron problemas en la transmisión, e igualmente coincidente con la simulación de cobertura.

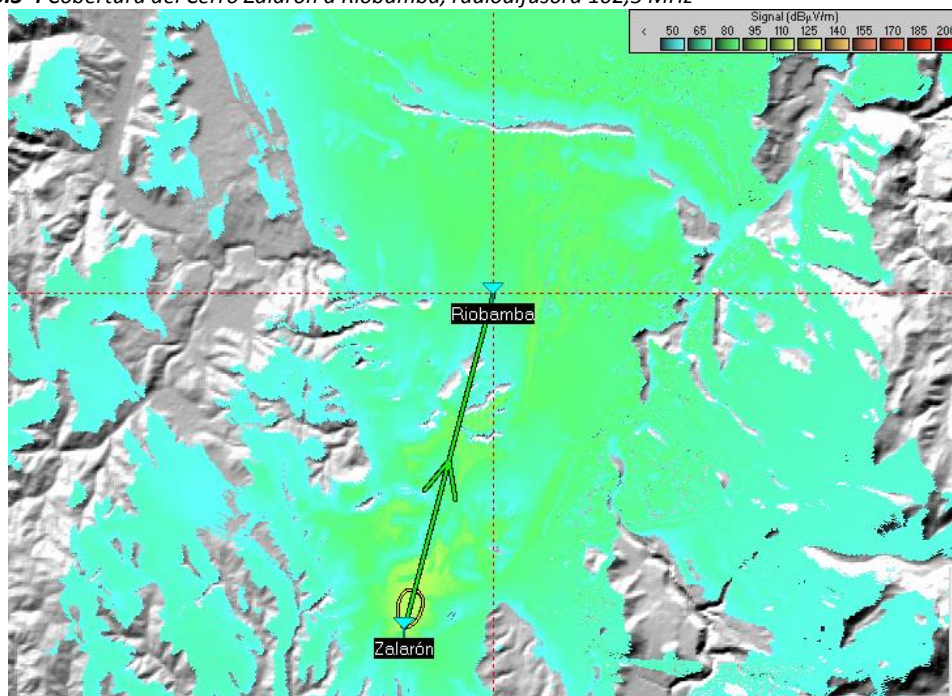
La cobertura mostrada, simula en forma general la intensidad de campo que llega a Riobamba y sus alrededores, lo cual sirve para considerar una idea general de la intensidad de campo receptada por el usuario, sin embargo para una información detallada fue necesaria la realización de mediciones de campo en distintos sectores de la ciudad, lo cual se mostró en la sección 5.1.2.

**Figura 5.3-3** Perfil topográfico del Cerro Zalarón a Riobamba, radiodifusora 102,5 MHz



Realizado por: Calvopiña, W. 2016. Imagen de Radio Mobile.

**Figura 5.3-4** Cobertura del Cerro Zalarón a Riobamba, radiodifusora 102,5 MHz

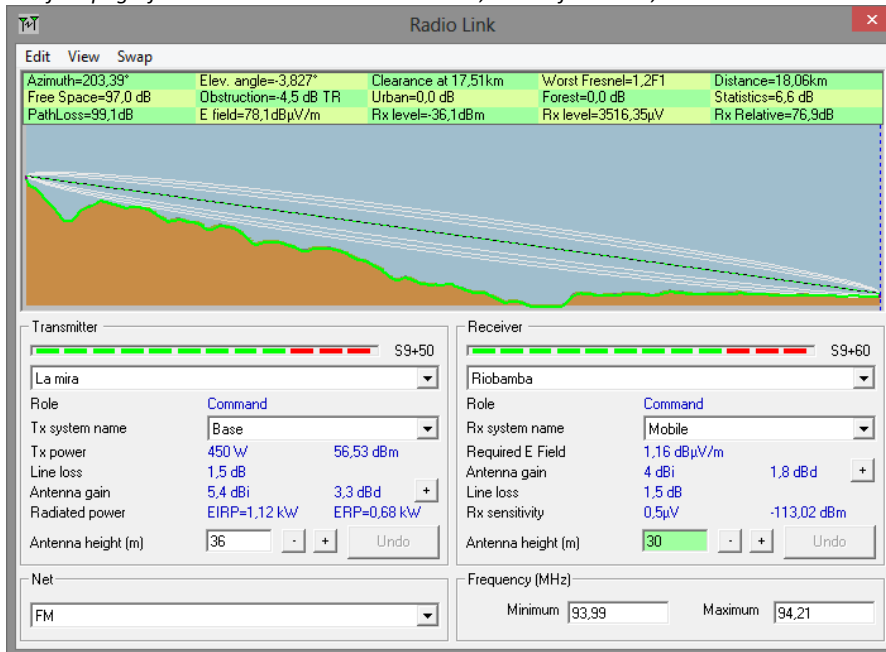


Realizado por: Calvopiña, W. 2016. Imagen de Radio Mobile.

En este caso la estación emite su señal en la frecuencia central 102,5 MHz. La distancia entre ambos puntos es de 13,24 km, el ángulo de inclinación es de 3,53° y el azimut de 15,09°. Hay una obstrucción a 8,22 km (Tx-Rx). El campo eléctrico a recibir es de 69,8 dBuV/m, y el nivel de recepción es -45,1 dBm. En este enlace la primera zona de Fresnel no está libre.

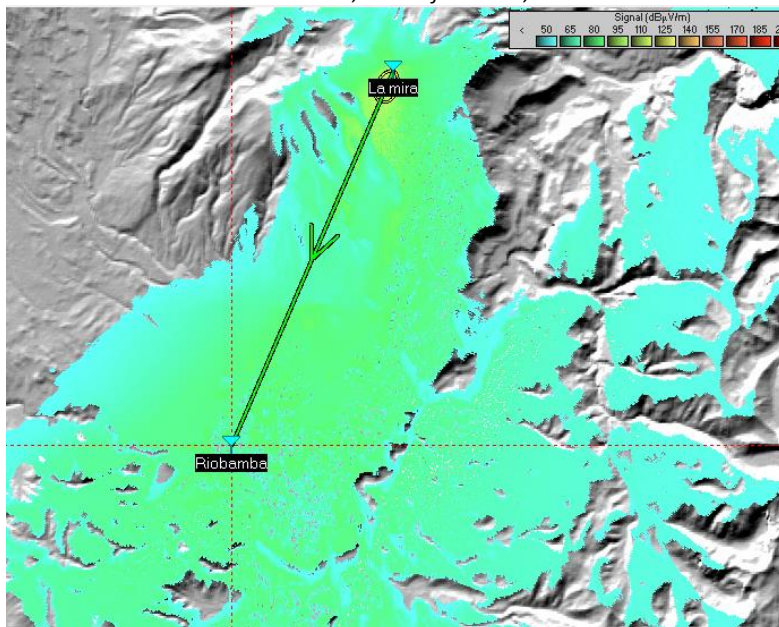
Estos resultados coinciden con los cálculos realizados (D3D, ángulo de inclinación y azimut). El valor de la primera zona de Fresnel revela posibles complicaciones en el enlace, como se aprecia en la simulación de cobertura, que no garantiza una buena cobertura en toda la ciudad de Riobamba, coincidiendo con las mediciones realizadas, que dieron como resultado, un bajo nivel de señal recibida, y un excesivo ancho de banda.

**Figura 5.3-5** Perfil topográfico del Cerro La Mira a Riobamba, radiodifusora 94,1MHz



*Realizado por:* Calvopiña, W. 2016. Imagen de Radio Mobile

**Figura 5.3-6** Cobertura del Cerro La Mira a Riobamba, radiodifusora 94,1MHz

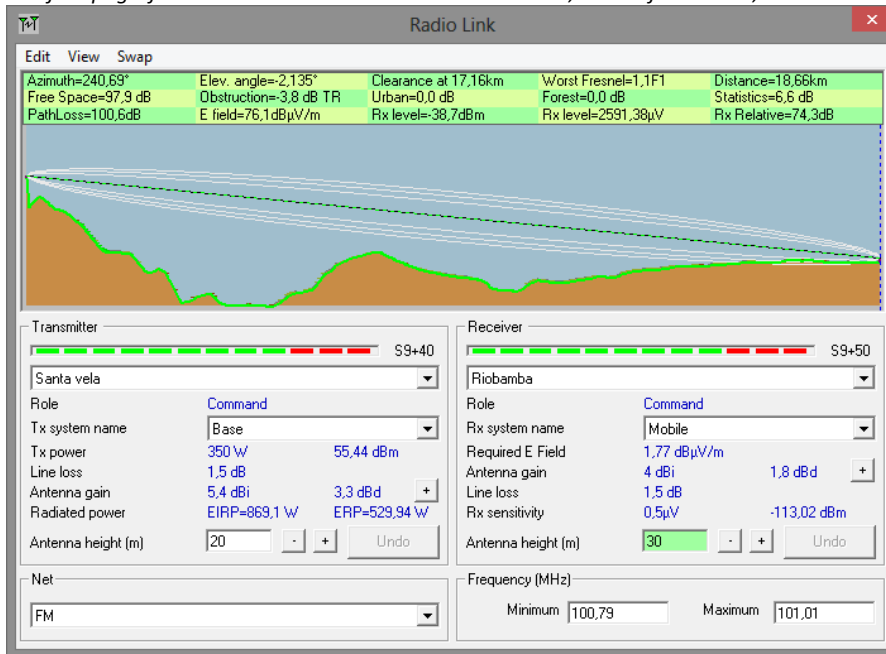


*Realizado por:* Calvopiña, W. 2016. Imagen de Radio Mobile

La simulación en este caso refleja que la estación emite su señal en la frecuencia central 94,1 MHz. La distancia entre ambos puntos es de 18,06 km, con una zona despejada de 17,51 km. El ángulo de inclinación es de 3,83° y el azimut de 203,39°. El campo eléctrico a recibir es de 78,1 dBuV/m, y el nivel de recepción es -36,1 dBm. En este enlace el 1,2 de la primera zona de Fresnel está libre.

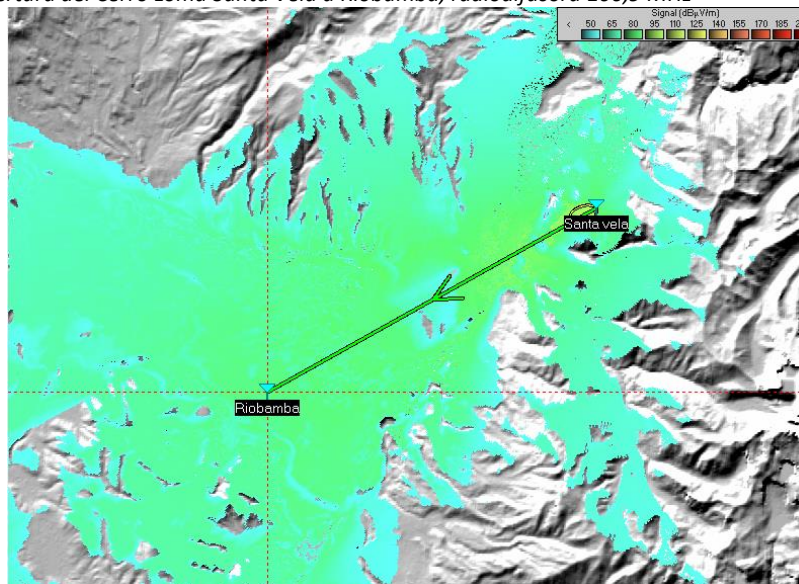
Estos resultados coinciden con los cálculos realizados (D3D, ángulo de inclinación y azimut), mientras el valor de la primera zona de Fresnel libre, garantiza un enlace óptimo, coincidente con la simulación de cobertura, pero no con las mediciones realizadas, que dieron como resultado, un bajo nivel de señal recibida, y un excesivo ancho de banda; esto se debe a la lejanía del enlace.

**Figura 5.3-7** Perfil topográfico del Cerro Loma Santa Vela a Riobamba, radiodifusora 100,9 MHz



*Realizado por:* Calvopiña, W. 2016. *Imagen de Radio Mobile*

**Figura 5.3-8** Cobertura del Cerro Loma Santa Vela a Riobamba, radiodifusora 100,9 MHz

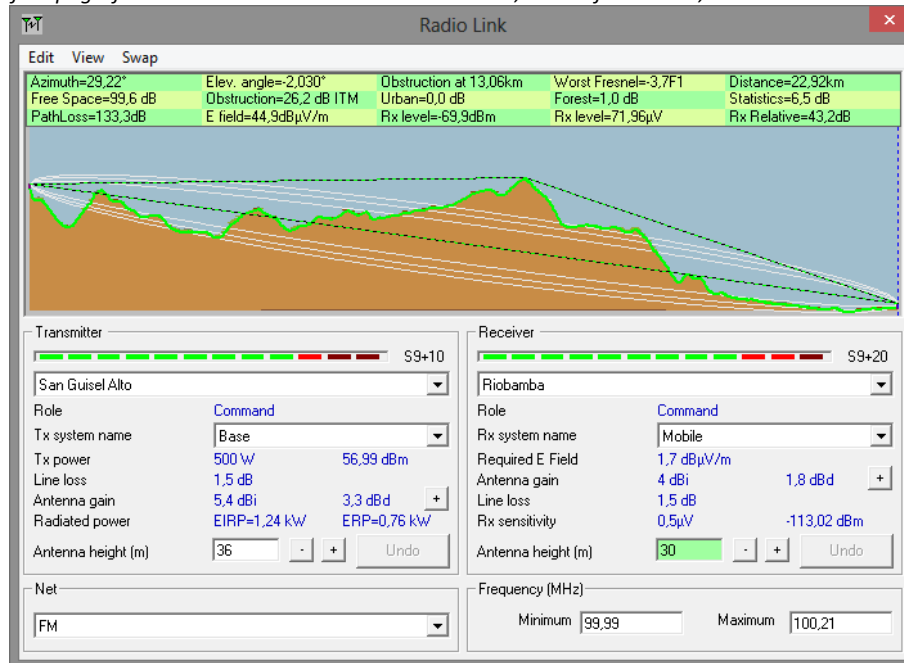


*Realizado por:* Calvopiña, W. 2016. *Imagen de Radio Mobile*

En este caso la estación emite su señal en la frecuencia central 100,9 MHz. La distancia entre ambos puntos es de 18,66 km, con una zona despejada de 17,16 km. El ángulo de inclinación es de 2,135° y el azimut de 240,69. El campo eléctrico a recibir es de 76,1 dBuV/m, y el nivel de recepción es -38,7 dBm. Este enlace permite que el 1,1 de la primera zona de Fresnel este libre.

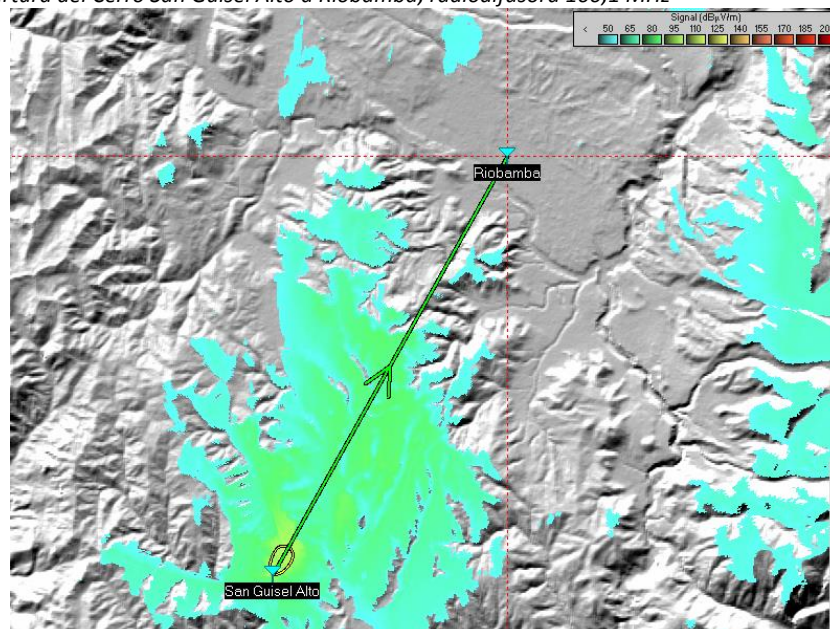
Estos resultados coinciden con los cálculos realizados (D3D, ángulo de inclinación y azimut), mientras el valor de la primera zona de Fresnel garantiza un enlace óptimo, lo cual no coincide con las mediciones realizadas, que dieron como resultado, un bajo nivel de señal recibida, y un ancho de banda bajo, lo que refleja que no se recibe correctamente la señal, esto se debe a la lejanía del enlace.

**Figura 5.3-9** Perfil topográfico del Cerro San Guisel Alto a Riobamba, radiodifusora 100,1 MHz



*Realizado por:* Calvopiña, W. 2016. Imagen de Radio Mobile.

**Figura 5.3-10** Cobertura del Cerro San Guisel Alto a Riobamba, radiodifusora 100,1 MHz



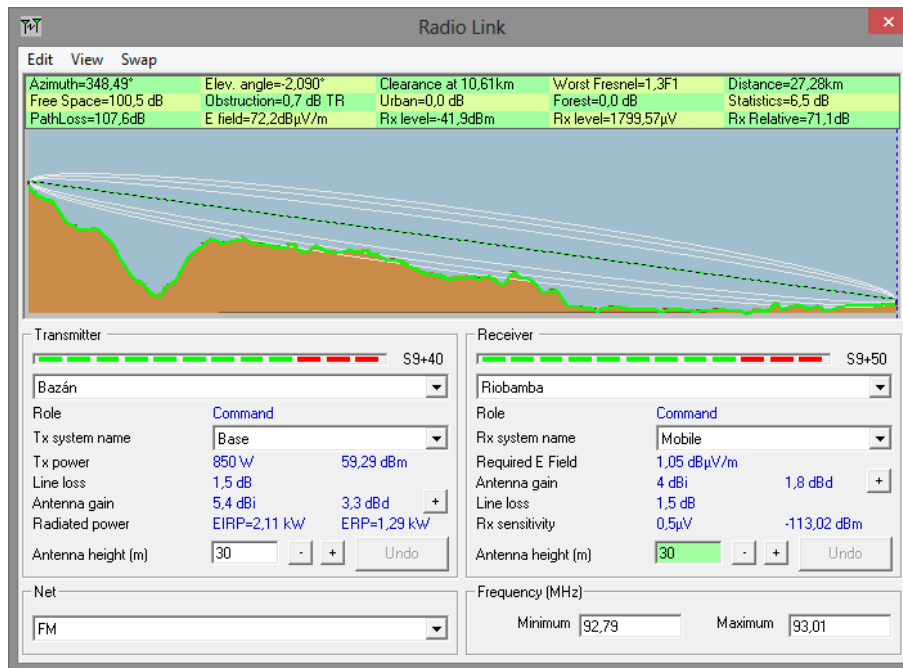
*Realizado por:* Calvopiña, W. 2016. Imagen de Radio Mobile.

La señal emitida por la estación radiodifusora en la frecuencia central 100,1 MHz indica que la distancia entre ambos puntos es de 22,92 km, con una obstrucción a 13,06 km. El ángulo de inclinación es de 2,03° y el azimut de 29,22°. El campo eléctrico a recibir es de 44,9 dBuV/m, y

el nivel de recepción es -69,9 dBm. En este enlace la primera zona de Fresnel no está libre, así como tampoco existe línea de vista Tx – Riobamba.

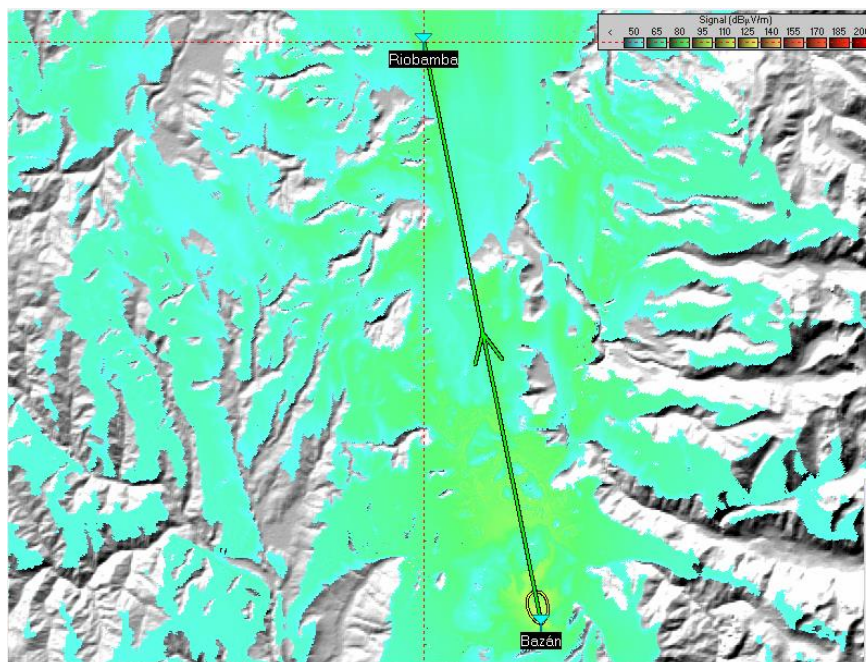
Estos resultados coinciden con los cálculos realizados (D3D, ángulo de inclinación y azimut), mientras el valor de la primera zona de Fresnel no garantiza un enlace óptimo, lo cual coincide con las mediciones realizadas, que dieron como resultado “señal fuera de cobertura”.

**Figura 5.3-11** Perfil topográfico del Cerro Bazán a Riobamba, radiodifusora 92,9 MHz



*Realizado por:* Calvopiña, W. 2016. Imagen de Radio Mobile.

**Figura 5.3-12** Cobertura del Cerro Bazán a Riobamba, radiodifusora 92,9 MHz



*Realizado por:* Calvopiña, W. 2016. Imagen de Radio Mobile.

La simulación en este caso refleja que la estación emite su señal en la frecuencia central 92,9 MHz. La distancia entre ambos puntos es de 27,28 km, con una zona despejada de 10,61 km. El ángulo de inclinación es de 2,09° y el azimut de 348,49°. El campo eléctrico a recibir es de 72,2 dBuV/m, y el nivel de recepción es -41,9 dBm. En este enlace, el 1,3 de la primera zona de Fresnel está libre.

Estos resultados coinciden con los cálculos realizados (D3D, ángulo de inclinación y azimut), mientras el valor de la primera zona de Fresnel libre, garantiza un enlace óptimo, lo cual coincide con la simulación de cobertura, pero no con las mediciones realizadas, que dieron como resultado, un bajo nivel de señal recibida, esto se debe a la lejanía del enlace.

### **Importante**

Considerando la importancia de la ubicación geográfica de los transmisores, se determinó que los sistemas de radiodifusión ubicados en el cerro Hignug Cacha, ofrecen una muy buena calidad de servicio para dar cobertura a Riobamba, cuando el sistema está bien direccionado (ángulo de inclinación y azimut), situación que no se generaliza por la alta densidad de transmisores, y el hecho de que varios de ellos comparten la torre de soporte de antenas.

Por los resultados anteriores, hay que considerar que ubicar sistemas de transmisión en el cerro Santa Vela, no es recomendable para dar cobertura a Riobamba, pero si podría serlo para dar cobertura a Penipe, y quizá a Guano.

En cuanto a la ubicación de transmisores en el cerro La Mira, puede ser una muy buena opción para brindar cobertura a Guano y/o Penipe, no así para la ciudad de Riobamba, en especial en la zona norte de la ciudad, como un detalle, hace alrededor de 15 años atrás, la mayoría de estaciones existentes en esa época, tenían ubicados sus sistemas de transmisión en el mencionado cerro, paulatinamente se han ido reubicando hacia el cerro Cacha.

Así mismo, para dar cobertura a Chambo, se podrían ubicar sistemas de transmisión en los cerros Zalarón o Bazán, no son muy recomendables para cubrir la ciudad de Riobamba.

Desde el cerro San Guisel Alto, tanto en simulación, calculos teóricos como en mediciones de campo establecen que la señal emitida desde ese sitio no cubre la ciudad de Riobamba, por lo que no debe ser considerada como zona de cobertura, desde san Guisel Alto se pueden cubrir zonas rurales de los cantones Guamote y Colta, más no la ciudad de Riobamba.

## 5.4 SOLUCIONES PROPUESTAS

Considerando el análisis de la radiodifusión FM en Riobamba detallado anteriormente, tanto en su estado actual sobre la base de mediciones, inspecciones, cálculos y simulaciones, como en los problemas puntuales detectados, el análisis de sus causas y orígenes. Se concretaron las propuestas puntuales para mejorar su estado actual, desde cada apreciación, lo cual complementa el objetivo trazado para el presente estudio, se muestran a continuación:

### 5.4.1 Ubicación de los transmisores

Como se apreció en la **Figura 5.2-1**, donde se resalta gráficamente sobre mapas digitales la diferencia de las distancias de cada cerro a Riobamba; conociendo su incidencia en la transmisión de la señal: diferencia de latitud y longitud, distancia en 2 dimensiones, distancia real (D3D o 3 dimensiones), Ángulos de Inclinación y Azimut; lo cual es reflejado en los cálculos teóricos y las simulaciones presentadas, considerando el perfil topográfico, la atenuación en el espacio libre que es proporcional al cuadrado de la distancia, las pérdidas por reflexiones, la elevación del radio de la zona de Fresnel y la variación de cobertura de cada cerro a Riobamba, según se aprecia en las simulaciones con Radio Mobile; resulta obvio mencionar que las estaciones de radiodifusión ubicadas en los cerros San Guisel Alto, Loma Santa Vela y Bazán, presentan una gran desventaja, porque su distancia a Riobamba es mayor, y la línea de vista se ve afectada. Las estaciones de radiodifusión ubicadas en los cerros Zalarón y La Mira, aunque están menos distantes a Riobamba, presentan problemas en la línea de vista.

Se puede mencionar al cerro San Francisco o Puchalín ( $1^{\circ}41'45.90''S$ ;  $78^{\circ}39'59.04''O$ ) como una buena opción para cobertura hacia la ciudad de Riobamba.

*La solución para las estaciones de radiodifusión existentes o próximas a instalar, es ubicar los sistemas de transmisión en el cerro Cacha, o en otro cercano (aún no utilizado para radiodifusión FM) luego de un correcto análisis de ingeniería, considerando que tenga línea de vista con la mayoría de la zona de cobertura deseada. El cerro Cacha es el más cercano ocupado actualmente y a pesar de que la mayoría de estaciones de radiodifusión están en él, aún existen estaciones que operan en otros cerros, en las cuales se ha notado su desventaja de cobertura hacia Riobamba.*

### 5.4.2 Instalaciones y equipos utilizados

En cuanto a las instalaciones, es indispensable contar con sistemas de enfriamiento para garantizar el tiempo de vida útil de los equipos, así mismo contar con las debidas protecciones en cuanto a carga acumulada y sistema a tierra, permitirá garantizar el correcto funcionamiento del sistema.

Considerando que el uso compartido de torres de soporte de antenas, implica la utilización de menor altura para aquellas que quedan en la parte baja, o a su vez deben utilizar un ángulo de

azimut de máxima transmisión no adecuado, debido a que para ubicarse en la misma zona alta, deben colocarse en el lado opuesto de la torre de soporte de antenas.

*Las soluciones propuestas para los problemas encontrados en cuanto a las instalaciones y equipos utilizados son:*

- *Utilizar un correcto sistema de enfriamiento.*
- *Controlar el nivel de voltaje y corriente utilizados para evitar bruscas variaciones.*
- *Contar con las protecciones contra descargas atmosféricas con un adecuado pararrayos.*
- *Utilizar el tamaño exacto de cable transmisor – antenas evitando sobrantes innecesarios.*
- *Utilizar filtros para evitar la transmisión de armónicos y frecuencias no deseadas.*
- *Evitar la aglomeración de antenas en una misma torre de soporte, así como la aglomeración de estaciones en una sola caseta, y en los casos en que no se puedan evitar, al menos asegurarse de contar con las debidas protecciones en cuanto a carga acumulada de consumo de energía, sistema de tierra individual.*
- *Calibrar adecuadamente los equipos que componen el sistema FM: ajustes en el receptor de enlace, distribuidor de potencia, conectores, cables apropiados, acoplamiento, ancho de banda, mantenimiento en equipos y antenas*
- *Contar con personal técnico adecuado que realice la instalación y manipulación de equipos.*
- *Utilizar equipos homologados para garantizar una señal de calidad.*

### **5.4.3 Sistema radiante**

Considerando las características analizadas anteriormente, se compendia lo siguiente:

#### **5.4.3.1 Antenas, ganancia y polarización.**

Como se mencionó, la utilización de antenas garantizadas es un factor decisivo, ya que las antenas de construcción nacional verificadas en sitio, no garantizan irradiar la señal adecuadamente.

*Las soluciones propuestas para los problemas encontrados en cuanto a las antenas del sistema radiante son:*

- *Utilizar antenas que posean el respaldo de una hoja de datos certificada con ganancias, respuesta de frecuencia, lóbulos de radiación, y una ganancia apreciable.*

- *Se deben utilizar al menos 4 antenas dispuestas en un arreglo de antenas, lo recomendable sería utilizar en 2 azimuts de máxima radiación para cubrir correctamente la ciudad de Riobamba y alrededores.*
- *Antenas con polarización circular o elíptica garantizan una mejor cobertura, sobre todo en lugares donde no existe línea de vista, razón por la cual estas antenas también se conocen como de “alta penetración”.*

#### **5.4.3.2 Patrón de radiación y directividad**

Similar al ítem anterior, el uso de antenas certificadas garantizará el lóbulo de radiación esperado, y la directividad ofrecida en su hoja de datos, asegurando calidad en la transmisión, debido a que se contará con datos reales.

Para los casos en los cuales la radiodifusora FM requiere una transmisión muy directiva, es decir, se requiere cubrir un sector o población específica, es necesaria una antena direccional, que oriente la señal en una dirección determinada, con un haz estrecho pero de largo alcance. En este caso, se pueden añadir elementos “parásitos”, directores o reflectores, para hacer más direccional a la antena utilizada, y a la vez, reducir la carga del viento.

*Las soluciones propuestas para los problemas encontrados en cuanto a las antenas del sistema radiante son:*

- *Utilizar antenas que posean el respaldo de una hoja de datos certificada con un patrón de radiación específico.*
- *Dependiendo de la zona de cobertura, utilizar las antenas con la directividad adecuada.*

#### **5.4.3.3 Azimut e inclinación del haz (TILT)**

El azimut influye tanto como el TILT en la transmisión de la señal, definen en sí, la dirección deseada de la señal. La falta de exactitud al configurar el sistema radiante, específicamente al alinear las antenas, es un factor muy importante, como se había mencionado, al comparar los valores del ángulo de inclinación y del azimut, calculados y verificados en las inspecciones, se comprobó que los sistemas radiantes no están correctamente instalados, afectando la calidad de la señal recibida. Se puede realizar una analogía con un foco que emite luz (ondas electromagnéticas), si éste no está bien direccionado no alumbrará el lugar deseado (mala cobertura).

*Las soluciones propuestas para los problemas encontrados en cuanto a los ángulos de azimut e inclinación (tilt) de las antenas del sistema radiante son:*

- *El azimut de máxima radiación debe ser hacia la cobertura principal (Riobamba en el caso del presente estudio).*
- *Configurar correctamente el tilt eléctrico con cálculos de líneas de propagación y acoplamiento en los cables entre el distribuidor y las antenas.*

- *En caso de utilizar inclinación mecánica, la alineación debe ser hacia la zona de cobertura y el empotramiento fijo, para evitar modificaciones debido al viento y factores climáticos existentes en los cerros.*

*En el ángulo de tilt o inclinación, se debe considerar lo siguiente:*

- *La mejor opción sería usar antenas con tilt eléctrico, el cual se puede modificar con la variación de los cables que unen el distribuidor con las antenas. Los cálculos deben ser los correctos y en razón de que no es un parámetro visible en la cobertura se deben realizar pruebas de medición de intensidad de campo para validar su exactitud.*
- *Al utilizar antenas directivas, se recomienda utilizar inclinación mecánica, ubicando el sistema radiante sobre un herraje mecánico, para dar cobertura a zonas específicas.*

#### **5.4.4 Potencia en los transmisores FM**

La idea de transmitir ondas electromagnéticas es irradiar el máximo de potencia, con el mínimo de pérdidas, para cubrir con gran intensidad de campo la zona autorizada y deseada por el operador. De las inspecciones realizadas se ha determinado que la potencia de operación en la mayoría de radiodifusoras FM es menor a la autorizada y en algunos casos demasiado inferiores, disminuyendo en gran medida su calidad de señal entregada al usuario.

*La solución propuesta para mejorar, corregir o no caer en el inconveniente de baja potencia en el transmisor FM en actuales o futuras instalaciones de estaciones radiodifusoras, es:*

- *Operar con la potencia autorizada, y en caso de ser insuficiente, los concesionarios deben solicitar un aumento de potencia a ARCOTEL, hasta conseguir la cobertura autorizada y deseada.*

#### **5.4.5 Problemas de interferencia**

Como se mencionó anteriormente, interferencia es la contaminación de una onda electromagnética, por parte de señales ajenas al sistema, que sucede cuando el receptor capta más de una señal simultáneamente.

Las intermodulaciones además de afectar a la banda FM (88-108 MHz), pueden afectar a otros servicios.

Otra causa de interferencias es el excesivo ancho de banda en las radiodifusoras que puede afectar a las estaciones contiguas.

*La solución entonces, es reducir su efecto en el margen de lo posible hasta que no afecten demasiado a la señal del sistema. Entre las consideraciones relevantes se tiene que:*

- *Controlar los niveles de intensidad de campo eléctrico y ancho de banda de cada estación de radiodifusión FM, para evitar la interferencia de canal adyacente.*
- *La interferencia cocanal ha sido exitosamente controlada en las zonas de cobertura principal, gracias a la distribución de la banda de radiodifusión FM en grupos de*

*frecuencias, y a su asignación geográfica; sin embargo cuando se presenta en las fronteras de las zonas geográficas se debe realizar un control adecuado de la potencia efectiva radiada.*

- *Para evitar la emisión de armónicos y frecuencias no deseadas, es necesario el uso de filtros pasa-banda (internos del equipo transmisor) y rechaza-banda (instalados externamente a la salida del amplificador. Evitando los armónicos generados, se evitan las intermodulaciones.).*
- *Para reducir las intermodulaciones, se deben eliminar las otras causas para su generación, esto es: cercanía entre antenas de transmisión de estaciones FM y potencia elevada en sus transmisores.*
- *Para evitar el ingreso de ruido en el sistema FM, se debe tener cuidado en la conexión de las antenas, transmisor y amplificadores, especialmente en conectores y cables.*

#### **5.4.6 Problemas del enlace auxiliar**

El enlace auxiliar, al ser un enlace radioeléctrico, presenta problemas semejantes a los analizados en la transmisión FM.

*Las soluciones, considerando lo mencionado anteriormente:*

- *Alineación correcta del transmisor y receptor de enlace, considerando línea de vista, zona de Fresnel y demás elementos de un enlace radioeléctrico.*
- *Instalación adecuada del sistema, con la potencia suficiente pero no excesiva para evitar interferencias a otros enlaces; se debe tener en cuenta que el ruido en el enlace, implica ruido en la banda FM.*
- *De lo observado en las inspecciones y mediciones, una gran parte de las interferencias, son generadas en los enlaces auxiliares, por lo que se debe dar solución y especial atención a su correcta operación. Su monitoreo debe ser constante tanto por el concesionario como por la entidad de control y regulación.*

#### **5.4.7 Análisis de la Normativa**

Es indispensable realizar el análisis de la normativa, debido a que es el fundamento tanto de este caso de estudio, como de la configuración aplicada en cada estación de radiodifusión FM, por lo que si existen errores o vacíos en la misma, puede llevar a la mala calidad de señal o no permitir el adecuado control de los parámetros técnicos, legales y administrativos.

Se compararon varias normativas de países cercanos y las Recomendaciones emitidas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones sector Radiocomunicaciones, además de considerar los problemas detectados y que debido a normativa inexistente o poco clara no pueden ser solucionados.

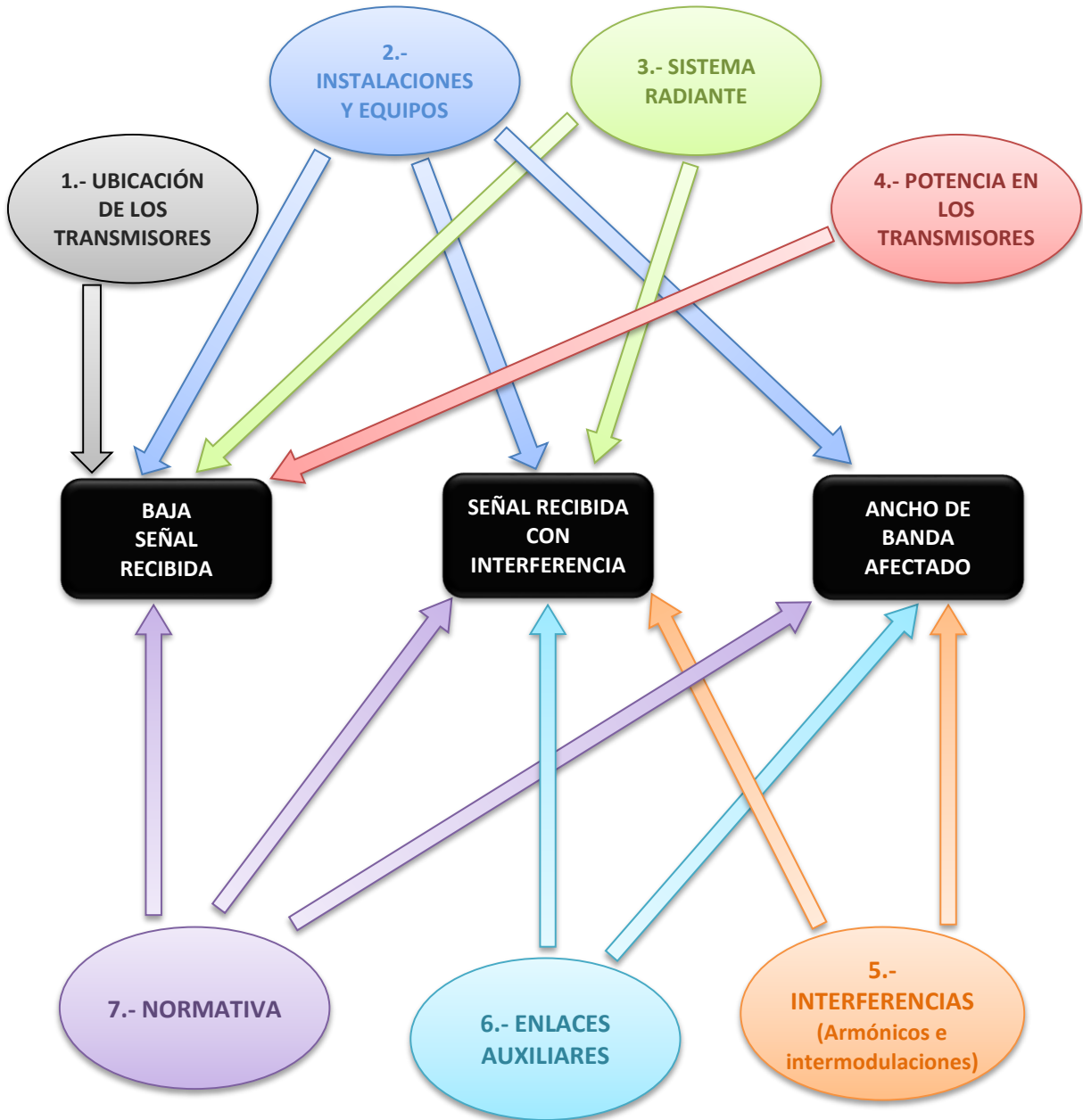
*Las modificaciones, que a mi criterio, deben ser corregidas en la normativa vigente, para superar los inconvenientes detectados son:*

- *Elevar el valor de intensidad de campo eléctrico mínimo con el que deben llegar las emisiones de las radiodifusoras FM a la zona de cobertura primaria, de 54 dBuV/m establecido actualmente, a 66 dBuV/m en zonas urbanas y a 74 dBuV/m en ciudades grandes como establece la UIT-R en la Recomendación BS.412-9, el valor de 54 dBuV/m se podría mantener para zonas rurales y poco pobladas.*
- *Mayor límite permitido de “ancho de banda”, para permitir modular un mayor número de frecuencias audibles, y mejorar la calidad de la señal, se recomienda subir el límite superior de los 220 kHz establecidos a 250 kHz.*
- *En la normativa actual no se establece el límite inferior del parámetro ancho de banda, por lo cual no es posible controlarlo, su disminución excesiva degrada la calidad de señal FM, se recomienda que su valor mínimo sea 200 kHz.*
- *La normativa debe definir una potencia estándar en cada cerro, respecto a la cobertura deseada, por ejemplo, definir una PER autorizada de 3000 W, y una potencia en transmisor de 1000 W, para todas las radiodifusoras ubicadas en el cerro Hignug Cacha, que brindan cobertura a Riobamba, con una tolerancia de  $\pm 20\%$ , para evitar las diferencias existentes (PER autorizadas entre 560 W hasta 4000 W), cuyo margen es excesivo, por lo cual su cobertura será muy diferente.*
- *Mayor separación en dB entre portadoras para interferencia cocanal.*
- *Canalización en bandas de frecuencias de enlaces auxiliares, controlando la separación entre las mismas (debe ser igual a la canalización FM, esto es 400 kHz), así como definiendo una sub-banda de subida (transmisión) y otra de bajada (recepción), para evitar los problemas de interferencia cocanal y de canal adyacente.*
- *Definir la normativa de utilización de equipos homologados en los sistemas de transmisión FM.*
- *Obligación de un responsable técnico (profesional en el área) en cada radiodifusora, para evitar la manipulación de personal no calificado.*

### 5.4.8 Resumen

Generalizando los problemas determinados en las mediciones, inspecciones y de acuerdo con el análisis realizado, se identificó el origen y las principales afectaciones a la operación de las radiodifusoras FM, con base en el caso de estudio de las estaciones que brindan su servicio a la ciudad de Riobamba:

Figura 5.4-1 Afectaciones a la cobertura FM y su calidad de señal.



Realizado por: Calvopiña, W. 2016.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El análisis del estado actual del servicio de radiodifusión FM en la ciudad de Riobamba y la determinación exhaustiva de los problemas que causan la mala calidad de servicio, implicó la realización de mediciones de cobertura (drive test), mediciones puntuales de intensidad de campo, determinación del ancho de banda, inspecciones en los cerros en los que operan, verificación de instalaciones, equipos y sistema radiante, análisis de interferencias, verificación de enlaces auxiliares de radiodifusión y el procesamiento de la información recabada.
- Los principales problemas descubiertos en el servicio de radiodifusión FM en Riobamba son: bajo nivel de señal (especialmente en el centro de la ciudad y en mediciones en interiores de las construcciones), ancho de banda excedido o insuficiente que provoca una degradación de la calidad de la señal y la señal ruidosa debido a interferencias.
- Las causas de los problemas descubiertos son: la distancia o ubicación inadecuada de los transmisores, equipos e instalaciones deficientes, fallas en la instalación del sistema radiante, antenas de construcción casera o artesanal, mala dirección del patrón de radiación o inadecuada directividad, baja potencia en los transmisores, interferencias en la banda FM, inconvenientes en los enlaces auxiliares y Normativa ecuatoriana con carencias.
- Se definieron propuestas específicas para la solución de los 7 principales problemas detectados en el presente estudio, algunas soluciones no demandan de mucho tiempo e inversión por lo cual pueden ser fácilmente realizables; existen otras a mediano y largo plazo con una mayor inversión de esfuerzo y dinero, todos estos problemas son solucionables y permitirán garantizar un servicio de calidad en la señal receptada por el usuario.
- Existen también detalles en el lado de recepción, es decir, en el usuario final, quien no necesariamente posee equipos con una buena sensibilidad, tiene problemas en antenas, mala sintonía o mala configuración de su receptor FM, entre otros; lo cual es bastante difícil diferenciar individualmente, de lo anterior deben estar conscientes: concesionarios y Estado para que la señal propagada sea superior al mínimo establecido.
- Se recomienda que el presente estudio sea tomado en cuenta no solo en la ciudad de Riobamba - Ecuador, lugar del análisis específico; sino en cualquier otro sitio, debido a que los problemas detectados y soluciones propuestas serán muy similares en la radiodifusión FM.

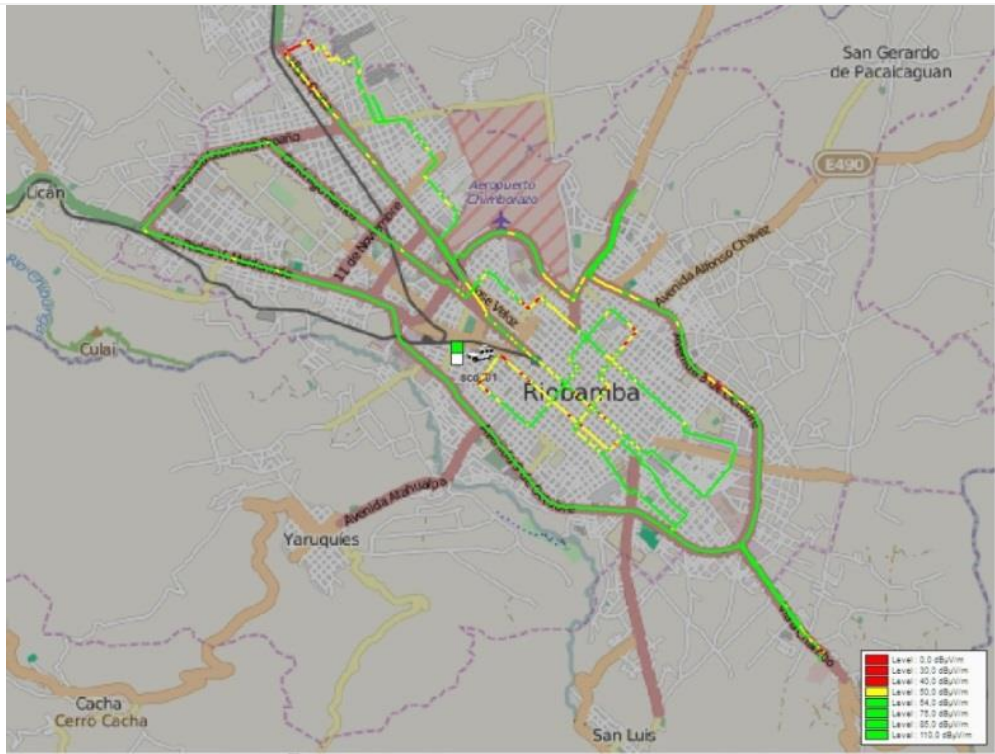
## BIBLIOGRAFÍA:

- [1] AYALA, Edison. *Determinación de la calidad de los parámetros de transmisión de las estaciones de radiodifusión FM que sirven a la ciudad de Quito y zonas aledañas. Quito-Ecuador. Repositorio Escuela Politécnica Nacional. 1997. [En línea].*  
Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10981>
- [2] GUZMÁN, Juan. *Estandarización de los parámetros técnicos de operación de las estaciones de Radiodifusión FM con cobertura en la provincia de Pichincha. Sangolquí-Ecuador: Repositorio Escuela Superior Politécnica del Ejército. 2012. [En línea].*  
Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/5740>
- [3] LOPEZ, VILLARUEL. *Diagnóstico de la situación actual de los servicios de radio y televisión, en el sur del país mediante el análisis de información del Sistema Automático de Control del Espectro Radioeléctrico (SACER) de la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL) y planteamiento de soluciones técnicas para las irregularidades de mayor incidencia. Cuenca-Ecuador. Repositorio Universidad de Cuenca. 2013. [En línea].*  
Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/4516>
- [4] Santa Cruz, Oscar. *Modulación Angular. (2010). [En línea].*  
Disponible en:  
<http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/Aplicada/Cap06FM1-1.pdf>
- [5] Resolución ARCOTEL-2015-61. *Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada Analógica. Quito-Ecuador. [En línea]*  
Disponible en: [http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/05/061\\_ARCOTEL-2015.pdf](http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/05/061_ARCOTEL-2015.pdf)
- [6] *Parámetros de antenas. [En línea].*  
Disponible en:  
[http://antenuval.mex.tl/imagesnew2/0/0/2/0/5/4/9/3/1/TEMA%202\\_1.pdf](http://antenuval.mex.tl/imagesnew2/0/0/2/0/5/4/9/3/1/TEMA%202_1.pdf)
- [7] NSUE BEE MANGUE, Rubén. *Tilt Eléctrico y Mecánico. [En línea].*  
Disponible en:  
[http://www.academia.edu/11481696/TILT\\_EL%C3%89CTRICO\\_Y\\_MEC%C3%81NICO](http://www.academia.edu/11481696/TILT_EL%C3%89CTRICO_Y_MEC%C3%81NICO)
- [8] RAMOS, Francisco. *Antenas para Radiodifusión. Artículo [En línea].*  
Disponible en: <http://www.radioenlaces.es/articulos/antenas-para-radiodifusion/>
- [9] VILAFONT, Ángel. *“Armónicos y espurias”. Artículo. (enero-2009). [En línea].*  
Disponible en: <http://www.radionoticias.com/articulos/Armonicos.pdf>
- [10] UIT-R. *Definición y medición de los productos de intermodulación en transmisiones que utilizan técnicas de modulación de frecuencia, de fase o compleja. Recomendación UIT-R SM.1446 (2000). [En línea].*  
Disponible en: <https://www.itu.int/rec/R-REC-SM.1446-0-200004-I/es>
- [11] *Normas Técnicas de Radiodifusión Analógica en la Banda de Frecuencia Modulada (FM) para la República de Panamá. [En línea].*  
Disponible en: [http://www.asep.gob.pa/radiotv/Anexofm\\_1891.pdf](http://www.asep.gob.pa/radiotv/Anexofm_1891.pdf)
- [12] *Norma Técnica del Servicio de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada. Perú. [En línea].*  
Disponible en:  
<https://www.mtc.gob.pe/comunicaciones/autorizaciones/radiodifusion/documentos/ntradio.pdf>
- [13] *Recomendación UIT-R BS.412-9. [En línea].*  
Disponible en: <https://www.itu.int/rec/R-REC-BS.412-9-199812-I/es>

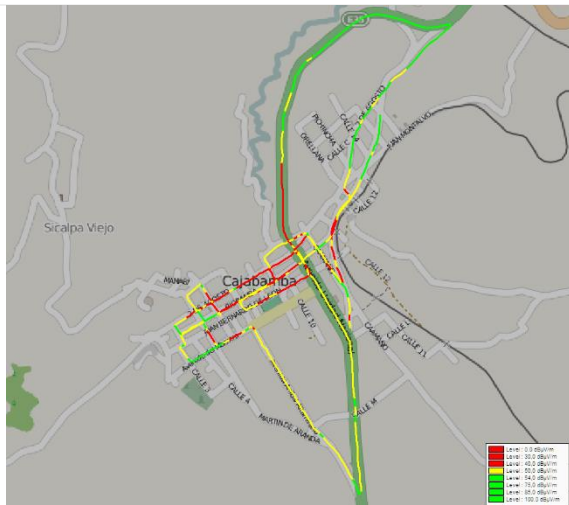


Muestra de cobertura de radio PUNTUAL FM - 99,7 MHz:

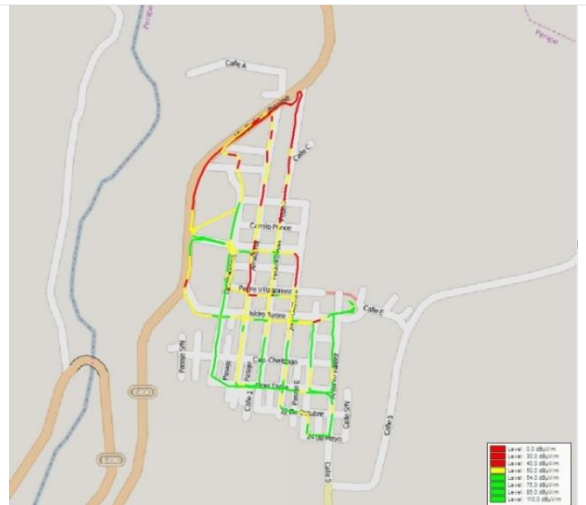
Cobertura en la ciudad de Riobamba



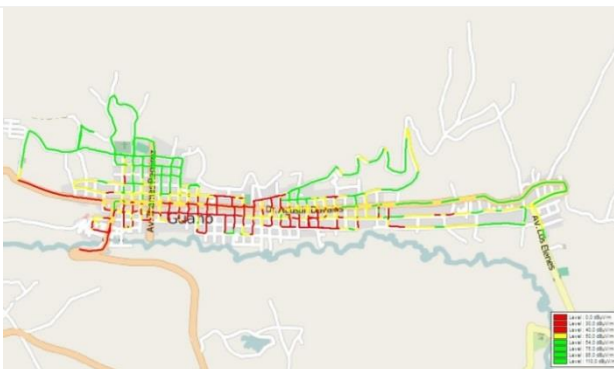
Cobertura en la ciudad de Colta



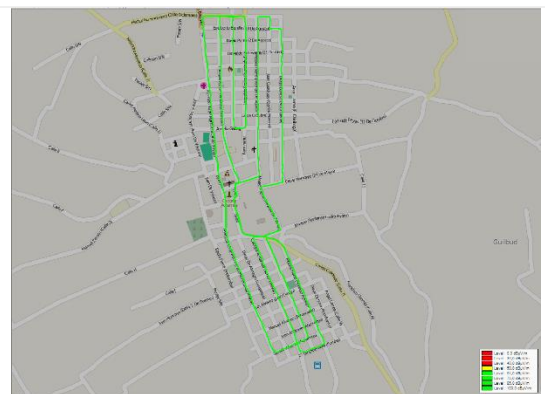
Cobertura en la ciudad de Penipe



Cobertura en la ciudad de Guano



Cobertura en la ciudad de Chambo

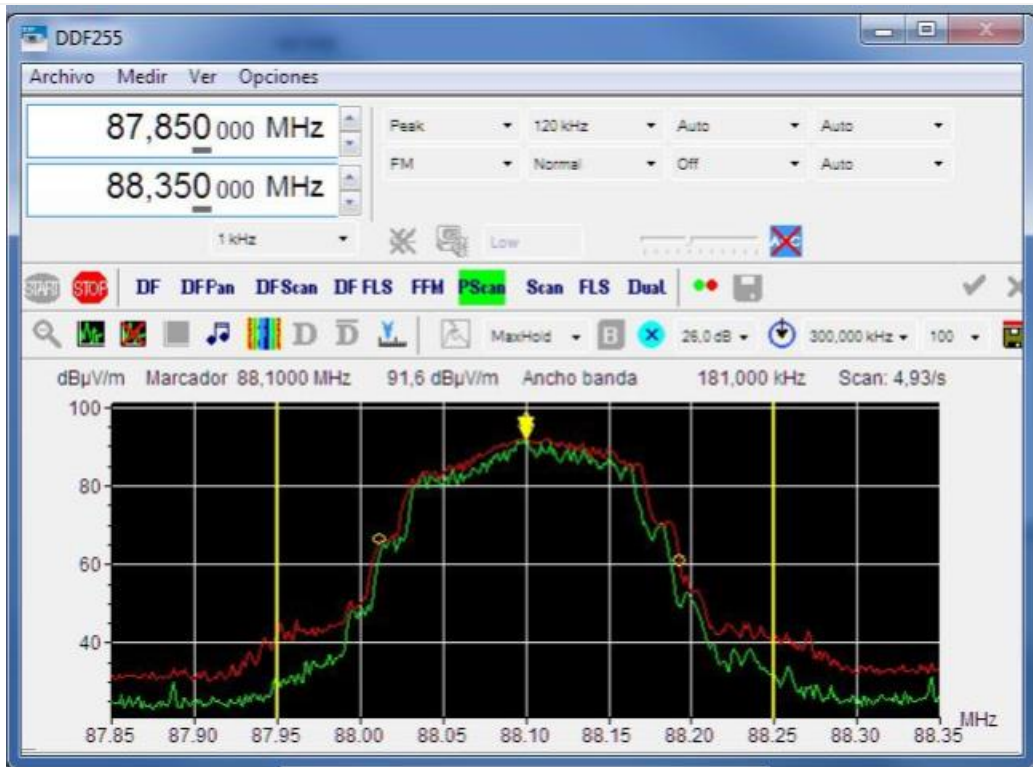


## ANEXO 2

Muestra de mediciones de Ancho de Banda de las frecuencias principales receptadas en la ciudad de RIOBAMBA:

### RADIO PÚBLICA - 88,1 MHz

(El mismo proceso se realizó en todas las estaciones FM de la ciudad de Riobamba)



### ROMANCE - 88,5 MHz

(El mismo proceso se realizó en todas las estaciones FM de la ciudad de Riobamba)

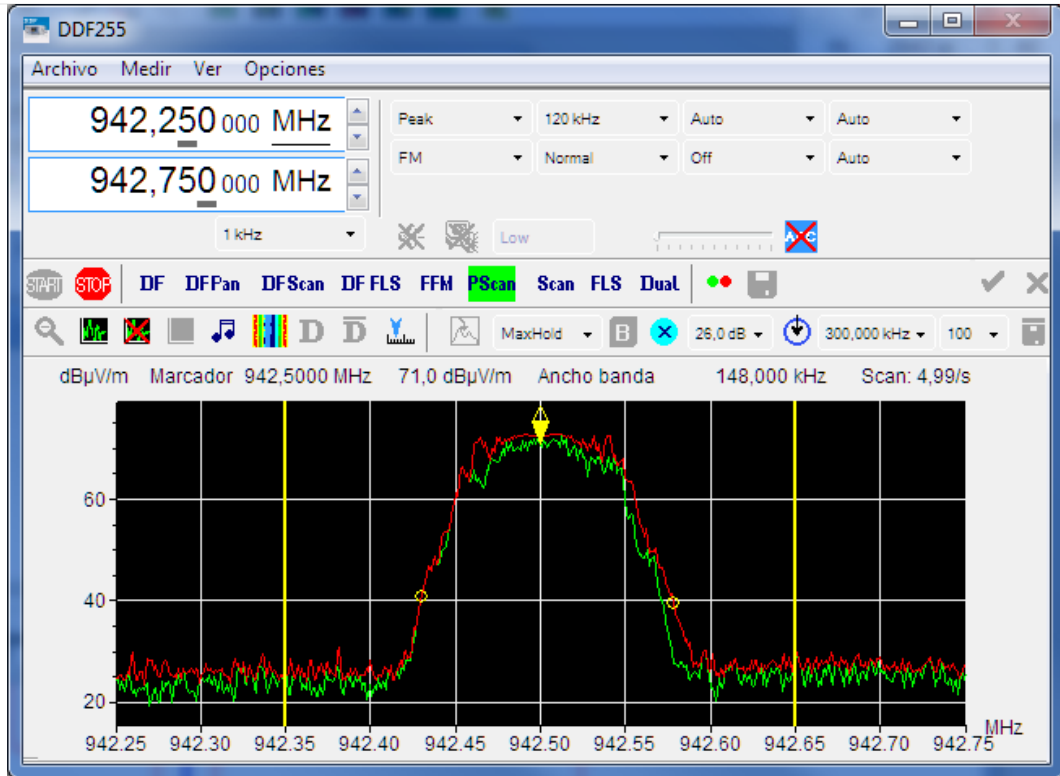


### ANEXO 3

Monitoreo de las frecuencias de enlaces auxiliares:

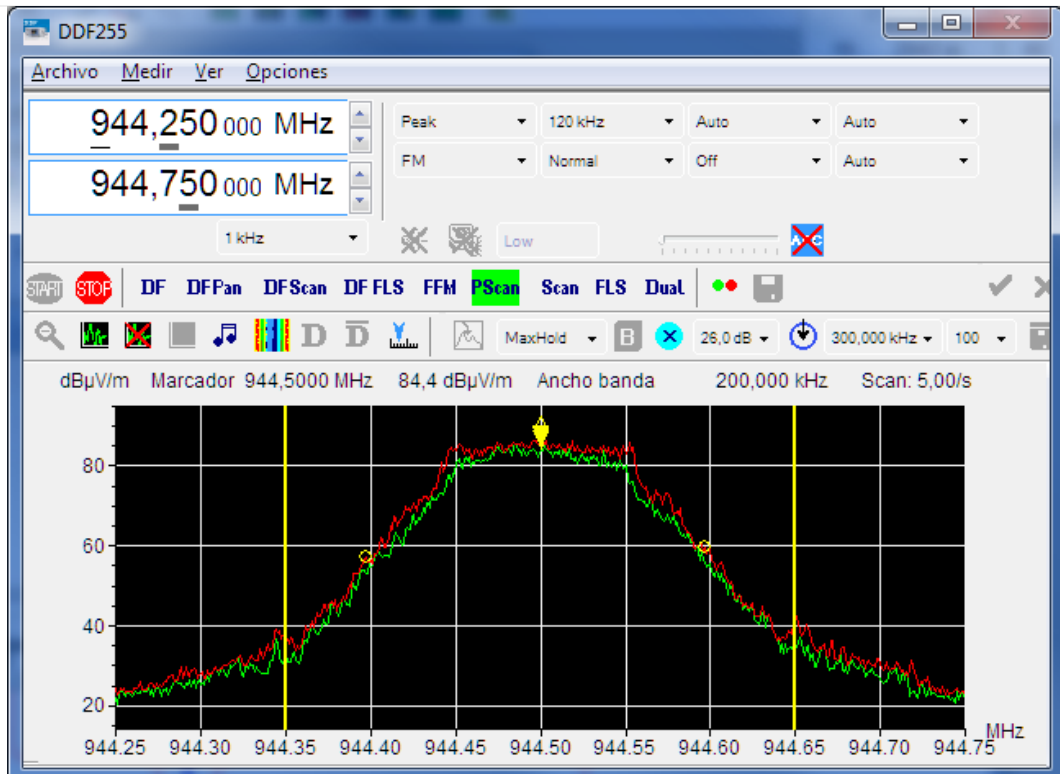
#### RIOBAMBA STEREO 89,3 MHz – frecuencia: 942,5 MHz

(Igual proceso se realizó en todas los enlaces de las estaciones FM de la ciudad de Riobamba)



#### SULTANA FM 90,1 MHz – frecuencia: 944,5 MHz

(Igual proceso se realizó en todas los enlaces de las estaciones FM de la ciudad de Riobamba)



## ANEXO 4

Muestra de las instalaciones de las radiodifusoras FM inspeccionadas.

Equipos utilizados:





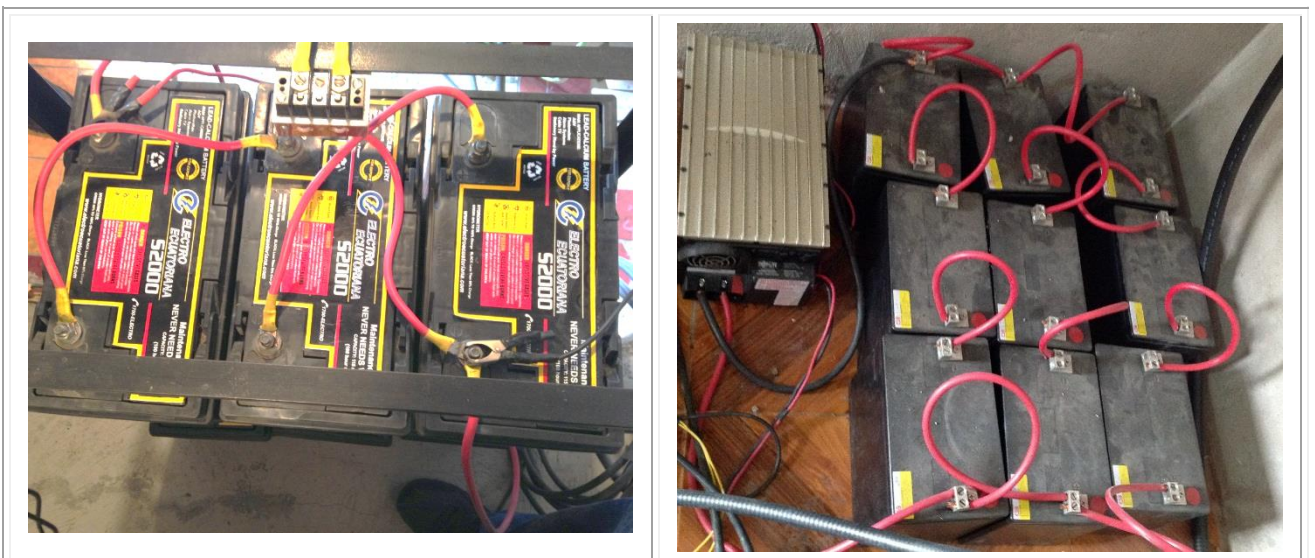
Muestra de cables y conectores utilizados por las radiodifusoras FM inspeccionadas:



Muestra de filtros rechaza banda utilizados por pocas radiodifusoras FM inspeccionadas:



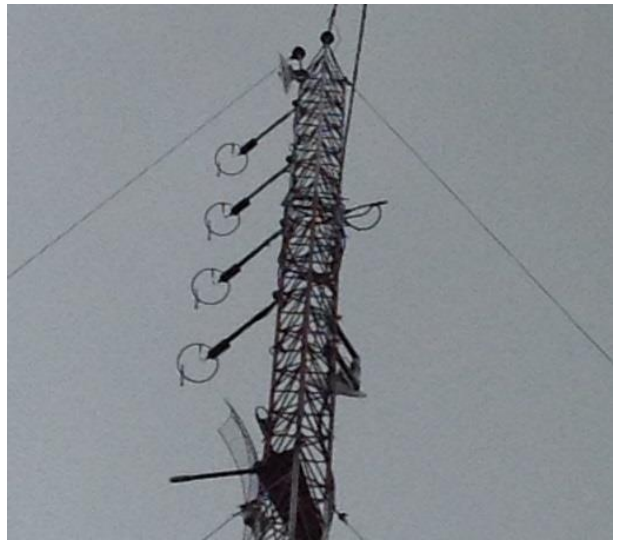
Muestra de respaldo de energía utilizados por ciertas radiodifusoras FM inspeccionadas:



## ANEXO 5

Muestra de antenas de difusión utilizadas por las radiodifusoras FM inspeccionadas:





Muestra de antenas y equipos de radioenlaces utilizados por las radiodifusoras FM inspeccionadas:

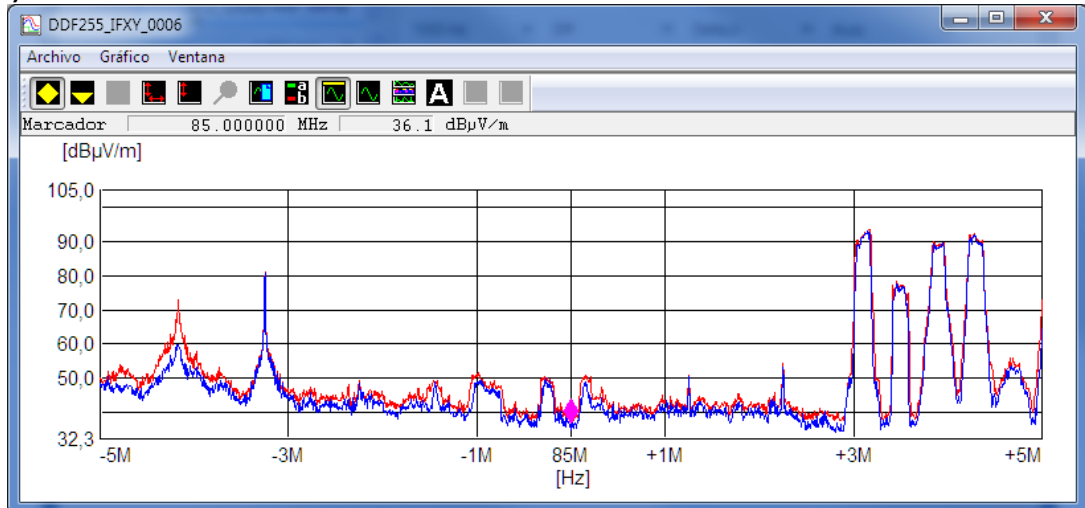


## ANEXO 6

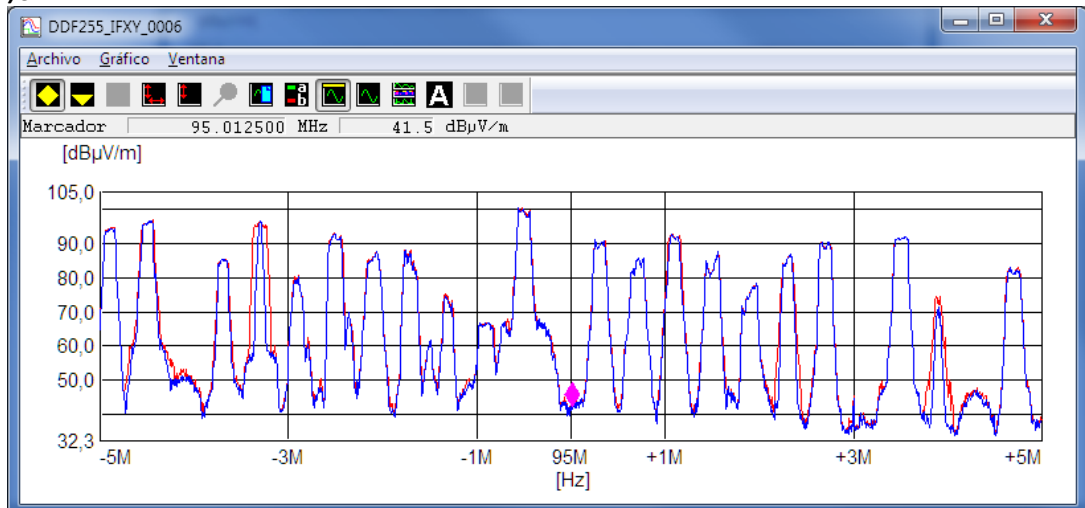
### Monitoreo de la banda FM

**10 MHz de SPAN**  
**Banda de frecuencias: [80-110 MHz]**

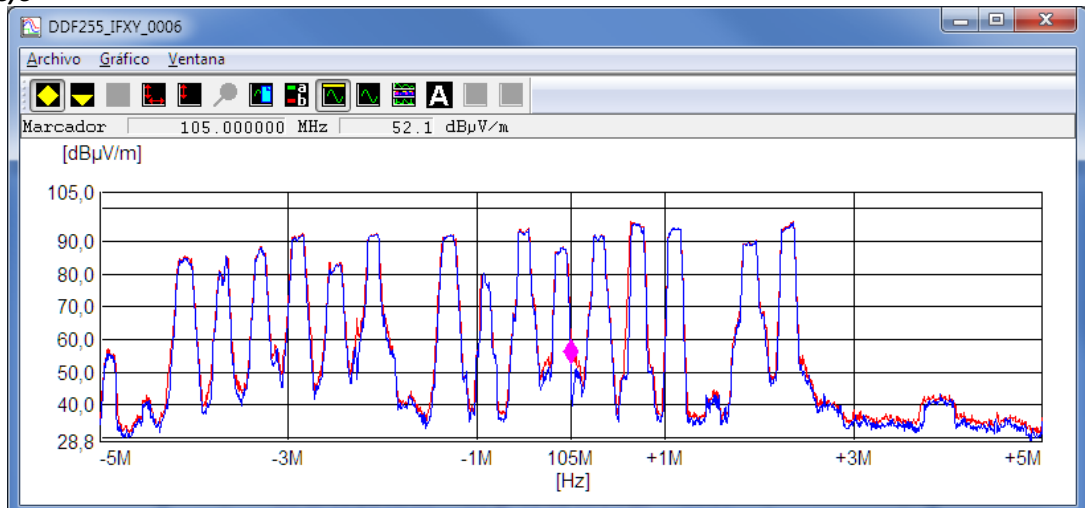
#### Sección 1/3



#### Sección 2/3



#### Sección 3/3



## ANEXO 7

Equipos de medición utilizados el presente caso de estudio:

### *Estación Móvil EM sct-101 del SACER*



**Estación Remota Transportable ERT scd-101 del SACER**

**Analizador de espectro Rohde & Schwarz - DDF255**

**Ubicada en el edificio del Hospital del IESS Riobamba (01° 40' 09" S; 78° 39' 33" W)**



Mediciones en los diferentes cerros, utilizando Analizador de espectro Anritsu - MS724B

