

ESTANDARIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS TÉCNICOS DE OPERACIÓN DE LAS ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN FM CON COBERTURA EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA

Juan Fernando Guzmán Pereira

Director: Ing. Rodrigo Silva

Codirector: Ing. Patricio Vizcaíno

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA ESCUELA
POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

Preliminar del proyecto

Como parte del desarrollo tecnológico y plan de expansión humana, la comunicación ha buscado diversos medios para estar presente en el hogar de cada uno de los miembros de una sociedad, generando distintas formas o modelos que han sustentado esta necesidad, como por ejemplo la televisión, la telefonía, el Internet y como modelo más popular de uso la radiodifusión.

Y al ser la radiodifusión un medio de comunicación masiva y de mayor alcance, basado en el envío de señales de audio a través de ondas de radio; posibilita la transmisión de señales mediante modulación de ondas electromagnéticas, las cuales requieren de un medio físico de transporte para que puedan propagarse.

La popularidad de uso de este medio ha ido aumentando constantemente el interés de los inversionistas y radiodifusores. Puesto que al comienzo se necesitaba de un aparato especial para la emisión y recepción de la información vertida dentro de este medio. Pero actualmente se encuentra en todo lado, en celulares, en mini dispositivos portátiles e inclusive en la Internet, que permite la interacción de las personas en tiempo real, con una transmisión efectiva, segura y con amplia cobertura; este amplio panorama, exige que todas las frecuencias radiales tengan un mismo formato, o de manera uniforme se estandarice parámetros que sean apropiados o necesario para la operación de las estaciones de radio.

Es de esta manera que el objetivo de esta investigación pretende estandarizar los

parámetros de operación de las transmisiones radioeléctricas de las estaciones de radiodifusión sonora FM que sirven a la provincia de Pichincha.

La razón de la misma es porque existe un sin número de frecuencias radiales en el Ecuador, muchas de ellas dedicadas especialmente para determinada provincia y otras que cubren todo el territorio nacional. La transmisión de determinada información es la característica de varias emisoras radiales, mientras otras dedican su transmisión a una amplia gama de temas de interés nacional. Pero a su vez varias emisoras piratas, a las cuales no han sido asignados a una radiofrecuencia, sino que arbitrariamente toman la señal y transmiten su programación evadiendo los costos de tal actividad.

En el Ecuador el organismo que estaba encargado anteriormente de dictar las normas de radiodifusión era el Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión (CONARTEL) pero esto fue solo hasta el 1 de octubre del año 2009 pero mediante el Decreto Ejecutivo N° 8 de 13 de agosto de 2009, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) y la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL), absorben al CONARTEL, correspondiendo al CONATEL las competencias, atribuciones, funciones, representaciones y delegaciones constantes en leyes, reglamentos y demás instrumentos normativos; y, a la SENATEL las funciones administrativas.

Banda de frecuencia

Dentro de las mencionadas funciones que el CONATEL debe mantener, está la designación de espectro Radioeléctrico destinado para la emisión de señales de audio y video. Estableciendo a la misma como la banda de frecuencia de 88 a 108 MHz, definiendo 100 canales con una separación de 200 KHz, numerados del 1 al 100, como a continuación se muestra:

CANAL	FRECUENCIA (MHZ)	CANAL	FRECUENCIA (MHZ)	CANAL	FRECUENCIA (MHZ)	CANAL	FRECUENCIA (MHZ)
1	88.1	26	93.1	51	98.1	76	103.1
2	88.3	27	93.3	52	98.3	77	103.3
3	88.5	28	93.5	53	98.5	78	103.5
4	88.7	29	93.7	54	98.7	79	103.7
5	88.9	30	93.9	55	98.9	80	103.9
6	89.1	31	94.1	56	99.1	81	104.1
7	89.3	32	94.3	57	99.3	82	104.3
8	89.5	33	94.5	58	99.5	83	104.5
9	89.7	34	94.7	59	99.7	84	104.7
10	89.9	35	94.9	60	99.9	85	104.9
11	90.1	36	95.1	61	100.1	86	105.1
12	90.3	37	95.3	62	100.3	87	105.3
13	90.5	38	95.5	63	100.5	88	105.5
14	90.7	39	95.7	64	100.7	89	105.7
15	90.9	40	95.9	65	100.9	90	105.9
16	91.1	41	96.1	66	101.1	91	106.1
17	91.3	42	96.3	67	101.3	92	106.3
18	91.5	43	96.5	68	101.5	93	106.5
19	91.7	44	96.7	69	101.7	94	106.7
20	91.9	45	96.9	70	101.9	95	106.9
21	92.1	46	97.1	71	102.1	96	107.1
22	92.3	47	97.3	72	102.3	97	107.3
23	92.5	48	97.5	73	102.5	98	107.5
24	92.7	49	97.7	74	102.7	99	107.7
25	92.9	50	97.9	75	102.9	100	107.9

Fuente: Norma técnica reglamentaria para radiodifusión en frecuencia modulada analógica (resolución no. 866-conartel-99).

Pero este número de frecuencias se han dividido en 6 diversos grupos:

Grupos: G1, G2, G3, G4 con 17 frecuencias cada uno

Grupos: G5, G6 con 16 frecuencias.

La separación entre frecuencias del grupo es de 1.200 KHz. Para la asignación de canales consecutivos (adyacentes), destinados a servir a una misma zona geográfica, existe una separación mínima de 400 KHz entre cada estación de la zona.

GRUPO	CANAL
G1	1,7,13,19,25,31,37,43,49,55,61,67,73,79,85,91,97
G2	2,8,14,20,26,32,38,44,50,56,62,68,74,80,86,92,98
G3	3,9,15,21,27,33,39,45,51,57,63,69,75,81,87,93,99
G4	4,10,16,22,28,34,40,46,52,58,64,70,76,82,88,94,100
G5	5,11,17,23,29,35,41,47,53,59,65,71,77,83,89,95
G6	6,12,18,24,30,36,42,48,54,60,66,72,78,84,90,96

Distribución de frecuencias

La distribución de frecuencias se realizará por zonas geográficas, de tal manera que se minimice la interferencia de cocanales y canales adyacentes.

Las zonas pueden corresponder a:

- Conjunto de cantones de una provincia,
- Provincias completas,
- Integración de una provincia con cantones de otra provincia
- Unión de provincias.

Como se puede mostrar en la siguiente tabla:

ZONA GEOGRÁFICA	GRUPOS DE FRECUENCIA
A	G 3-5
B	G 6
C	G 1-3
D	G 1
E	G 4-6
G	G 1-3-5
H	G 1-3-5
J	G 2-5
L	G 2-5
M	G 1-3-5
N	G 1
O	G 2-4-6
P	G 1-3-5
R	G 2-4-6
S	G 1
T	G 1-3-5
U	G 1-3
X	G 6
Y	G 4
Z	G 3

Fuente: Norma técnica reglamentaria para radiodifusión en frecuencia modulada analógica (resolución no. 866-conartel-99)

Cada zona geográfica, está identificada de acuerdo a la siguiente nomenclatura:

- Letra inicial F = Frecuencia Modulada.
- Segunda letra = La asignada a cada zona geográfica.

En tercer lugar, el número ordinal que corresponda en forma ascendente.

En el siguiente cuadro se puede observar cómo están distribuidas las frecuencias a lo largo del territorio nacional, al mismo tiempo se indica si la zona ha tenido alguna reforma dentro del ex CONARTEL, en donde se ha expandido o minimizado el espacio de cobertura.

Nº	ZONA GEOGRÁFICA (PROVINCIAS)	GRUPO DE FREC.	REFORMA
FA001:	Azuay y Cañar	G 1, 3 y 5.	(Reformado por el Art. 1 de la Res.1946-CONARTEL-01, R.O. 466, 3-XII-2001).-
FB001:	Bolívar, excepto las estribaciones occidentales del ramal occidental de la Cordillera de los Andes.	G 6.	(Reformado por el Art. 1 de la Res. 2556-CONARTEL-03, R.O. 103, 13-VI-2003).-
FC001:	Carchi.	G 1 y 3.	
FD001:	Orellana.	G 1.	
FE001:	Esmeraldas, excepto Rosa Zárate y La Concordia que pertenecen a la Zona P, subgrupo P1.	G 4 y 6.	
FG001:	Guayas, Sub-zona 1 (independiente de la Sub-zona 2), excepto las ciudades de: El Empalme, Balzar, Colimes, Palestina, Santa Lucía, Pedro Carbo, Isidro Ayora, Lomas de Sargentillo, Daule, El Salitre, Alfredo Baquerizo Moreno, Simón Bolívar, Milagro, Naranjito, Maridueña, El Triunfo, Naranjal, Balao y Bucay.	G 1, 3 y 5.	(Reformado por el Art. 1 de la Res. 2556-CONARTEL-03, R.O. 103, 13-VI-2003).-
FG002:	Guayas, sub zona 2, (independiente de la sub zona 1), comprende las ciudades de la Península de Santa Elena y General Villamil.	G 1, 3 y 5.	
FJ001:	Imbabura.	G 2 y 6.	(Reformado por el Art. 1 de la Res.1947-CONARTEL-01, R.O. 466, 3-XII-2001).-

FL001:	Loja.	G 2 y 5.	
FM001:	Manabí, excepto los cantones El Carmen y Pichincha	G 1, 3 y 5.	(Reformado por el Art. 1 de la Res. 2556-CONARTEL-03, R.O. 103, 13-VI-2003).-
FN001:	Napo.	G 1.	
FO001:	El Oro, incluye Milagro, Naranjito, Bucay, Maridueña, El Triunfo, Naranjal y Balao de la provincia del Guayas. La Troncal y las estribaciones del ramal occidental de la Cordillera de los Andes de las provincias de Chimborazo, Cañar y Azuay.	G 2, 4 y 6.	(Reformado por el Art. 1 de la Res. 2556-CONARTEL-03, R.O. 103, 13-VI-2003).-
FR001:	Los Ríos, incluye El Empalme, Balzar, Colimes, Palestina, Santa Lucía, Pedro Carbo, Isidro Ayora, Lomas de Sargentillo, Daule, El Salitre, Alfredo Baquerizo Moreno y Simón Bolívar de la provincia del Guayas, cantón Pichincha de la provincia de Manabí y las estribaciones occidentales del ramal occidental de la Cordillera de los Andes de las provincias de Cotopaxi y Bolívar.	G 2, 4 y 6.	(Agregado por el Art. 2 de la Res. 2556-CONARTEL-03, R.O. 103, 13-VI-2003).-
FP001:	Pichincha, sub zona 1, (independiente de la sub zona 2).	G 1, 3 y 5.	
FP002:	Pichincha, sub zona 2, (independiente de la sub zona 1), comprende: Santo Domingo de los Colorados e incluye los cantones aledaños: El Carmen (de la provincia de Manabí), Rosa Zárate y la Concordia (de la provincia de Esmeraldas)	G 1, 3 y 5.	

FS001:	Morona Santiago.	G 1.	
FT001:	Cotopaxi y Tungurahua, excepto las estribaciones occidentales del ramal occidental de la Cordillera de los Andes de la provincia de Cotopaxi y el cantón Baños de la provincia de Tungurahua.	G 1, 3 y 5.	(Reformado por el Art. 1 de la Res. 2556-CONARTEL-03, R.O. 103, 13-VI-2003).-
FH001:	Chimborazo, excepto las Estribaciones occidentales del ramal occidental de la Cordillera de los Andes de esta provincia.	G 1, 3 y 5.	(Agregado por el Art. 3 de la Res. 2556-CONARTEL-03, R.O. 103, 13-VI-2003).-
FU001:	Sucumbios.	G 1 Y 3.	
FX001:	Pastaza, incluido Baños (de la provincia de Tungurahua)	G 6.	
FY001:	Galápagos	G 4.	
FZ001:	Zamora Chinchipe	G 3.	

Fuente: Norma técnica reglamentaria para radiodifusión en frecuencia modulada analógica (resolución no. 866-conartel-99).

Como se puede observar los diversos cambios que han existido de acuerdo a la expansión de radiodifusión, pero la misma se sostiene de acuerdo a características técnicas como los son:

- ✓ **Ancho de banda:** De 220 KHz para estéreo y 180 KHz para monofónica, con una tolerancia de hasta un 5%.
- ✓ **Frecuencias de banda base para audio:** Desde 50 Hz hasta 15 KHz.
- ✓ **Separación entre portadoras:** Será determinada por los grupos de frecuencias correspondientes a cada zona geográfica.
- ✓ **Porcentaje de modulación:** Sin exceder los siguientes valores en las crestas de recurrencia frecuente:

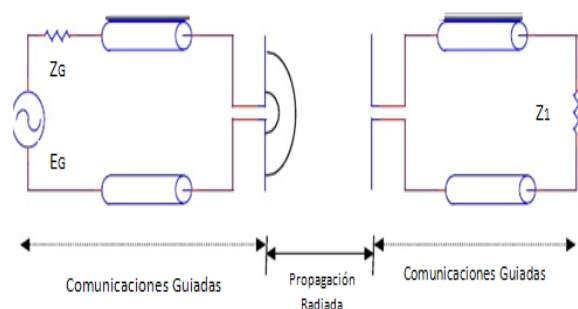
SISTEMAS	PORCENTAJE
Sistemas monofónicos o estereofónicos	100%
Sistemas monofónicos o estereofónicos con una sub portadora	95%
Sistemas monofónicos o estereofónicos con dos o más sub portadoras	100%

- ✓ **Potencia de operación o potencia efectiva radiada (p.e.r.):** Los valores a considerarse corresponden a la potencia efectiva radiada. La intensidad de campo necesaria para cumplir con la norma, es el valor determinado para los requerimientos de potencia.
- ✓ **Intensidad de campo:** Valores promedios a 10 metros sobre el nivel del suelo mediante un muestreo de por lo menos cinco puntos referenciales.
- ✓ **Tolerancia de frecuencia:** La máxima variación de frecuencia admisible para la portadora principal será de +- 2 KHz. De la misma manera, la normativa técnica reglamentaria, contiene las sanciones que se impartirán cuando sea el caso de incumplimiento de los ítems antes tratados.

Estructuración del sistema de transmisión radioeléctrica

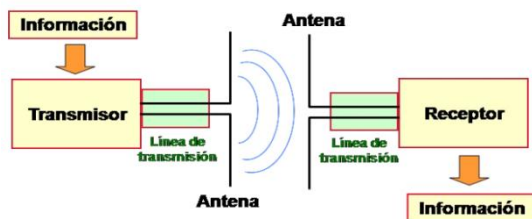
El sistema radioeléctrico es el que permite el desarrollo de una radiocomunicación. Pero el modelo esquemático del mismo esta conformado por un transmisor que proporciona la información a transmitir en forma de energía electromagnética que, confinada por materiales conductores o dieléctricos, denominados medios de transmisión, se propaga hasta un interfaz. Como se muestra en el siguiente gráfico:

Sistema radioeléctrico



Aquí se convierte en energía electromagnética radiada al espacio, propagando ondas electromagnéticas libres hasta un nuevo interfaz en el que la energía electromagnética libre se confinará en nuevos medios de transmisión por los que se propagará hasta llegar al receptor en el que se recuperará la información original. Esto se puede referenciar en el siguiente gráfico:

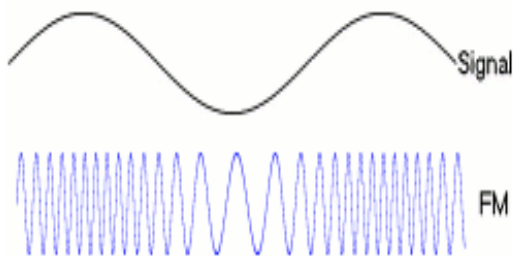
Transmisión de información



Sistemas de transmisión de radiodifusión en FM

Como se ha manifestado la radiodifusión es la producción/difusión de señales radioeléctricas a través de ondas o cable destinadas a grupos masivos de personas dentro de un determinado sector.

En telecomunicaciones, la frecuencia modulada (FM), conocida también como modulación de frecuencia; transmite información a través de una onda portadora variando su frecuencia. En aplicaciones analógicas, la frecuencia instantánea de la señal modulada es proporcional al valor instantáneo de la señal moduladora.



La FM también mantiene la cinta en el nivel de saturación, y, por tanto, actúa como una forma de reducción de ruido del audio y un simple corrector puede enmascarar variaciones en la salida de la reproducción.

Aplicaciones

Dentro de las aplicaciones de F.M. se encuentra la radio, en donde los receptores emplean un detector de FM y el sintonizador es capaz de recibir la señal más fuerte de las que transmiten en la misma frecuencia. Siendo una de las características más sobresalientes de la frecuencia modulada, el poder transmitir señales estereofónicas.

La frecuencia modulada (FM), es el estándar para la transmisión de radio de alta fidelidad, dado como resultado la conocida denominación de "Radio FM". Una señal FM, puede ser usada para transportar una señal estereofónica; no obstante, esto se hace mediante el uso de multiplexación y demultiplexación, antes y después del proceso de la frecuencia modulada (FM).

PARÁMETROS TÉCNICOS DE LAS ESTACIONES DE RADIO

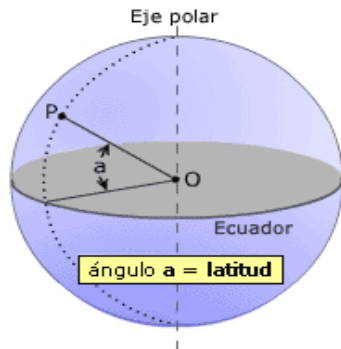
La radio al posicionarse como uno de los modelos que cubren parte de las necesidades primarias del ser humano "la comunicación" es considerada como uno de los medios de comunicación masivos que ha hecho posible la transmisión de información a diversos lugares lo que permite que las personas estén al día con noticias, deportes, política y puedan desarrollarse conociendo su realidad personal, cultural y social.

En el Ecuador existen innumerables frecuencias radiales, unas cubren todo el país y otras son específicas de cada provincia. Puesto que para cada tipo de frecuencia existe características, denominadas parámetros técnicos que deben cumplir las estaciones radiales para poder transmitir la información y salir al aire; entre los que se encuentran:

- ✓ **Área de cobertura:** Es el área geográfica, ciudad o poblado específico, cubiertos de irradiación de una señal FM, en la que se dispondrá del servicio de radio.
- ✓ **Longitud Tx:** La longitud proporciona la localización de un lugar, en dirección Este u Oeste desde el meridiano de referencia 0° , también conocido como meridiano de Greenwich.



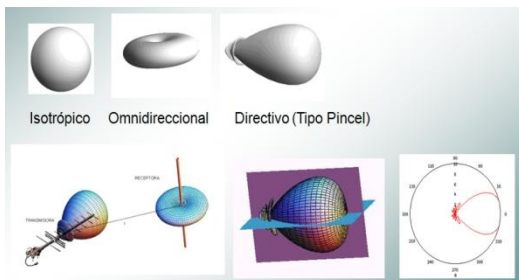
- ✓ **Latitud:** La latitud proporciona la localización de un lugar, en dirección Norte o Sur desde el ecuador y se expresa en medidas angulares que varían desde 0° del Ecuador hasta los 90°N del polo Norte o los 90°S del polo Sur.



- ✓ **Frecuencia de operación:** Es la señal por donde será emitida la información de la estación radial.
- ✓ **Antena:** Las antenas son un componente muy importante de los sistemas de comunicación. Por definición, una antena es un dispositivo utilizado para transformar una señal de RF que viaja en un conductor, en una onda electromagnética en el espacio abierto. Las antenas exhiben una propiedad conocida como reciprocidad, lo cual significa que una antena va a mantener las mismas características sin importar si está transmitiendo o recibiendo.

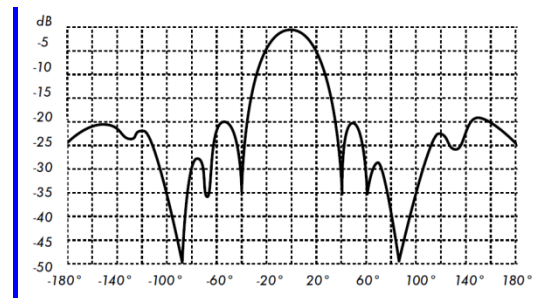
Características

Patrones de radiación: este indica la intensidad del campo de radiación.



Este diagrama muestra un modelo tridimensional, pero generalmente es

bidimensional son se genera información hacia coordenadas polares o coordenadas rectangulares. Como se puede observar a continuación:



pero existen otros factores que son medibles dentro de las características como son:

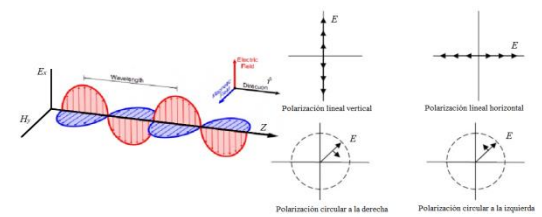
Densidad de potencia radiada, definida como la potencia por unidad de superficie en una determinada dirección. Las unidades son [w/ m2].

Ganancia, la ganancia de una antena es la relación entre la potencia que sale en una antena y la potencia que entra de esta.

Tamaño, depende de la frecuencia en la que se va a trabajar, puesto que las antenas utilizadas para HF son diferentes de las antenas utilizadas para VHF, las cuales son diferentes de las antenas para microondas.

Directividad, se define como la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección, a una distancia (S), y la densidad de potencia que radiaría a la misma distancia una antena isotrópica (S_i), a igualdad de potencia total radiada (P_T).

Polarización, se determina como el campo eléctrico respecto a un plano de tierra dado.



Relación delante/atrás (D/A), por definición, es la relación, expresada en (dB) entre la ganancia máxima del lóbulo principal de la antena y la ganancia máxima de cualquier lóbulo comprendido entre 90° y 270° en relación al lóbulo principal.

Frecuencia o banda de trabajo, el margen de frecuencias sobre el que una antena puede trabajar se denomina "ancho de banda" o banda de trabajo. Las antenas podemos clasificarlas en banda estrecha (un solo canal) o banda ancha (para cubrir una gama de frecuencias UHF o todas las bandas de TV).

Impedancia, se define como la relación entre la tensión y la corriente en sus terminales de entrada.

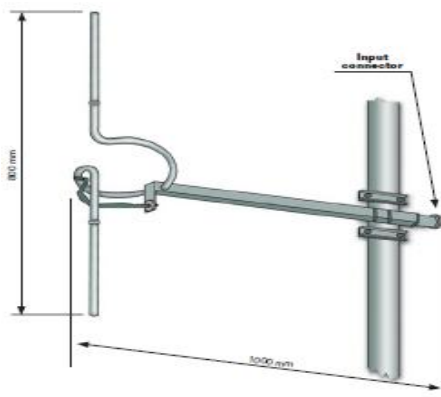
Altura de la antena, es el tamaño que tendrá la antena de la estación, desde su base.

Pérdida, Número de decibelios por los que un sonido incidente reduce su transmisión al atravesar un medio.

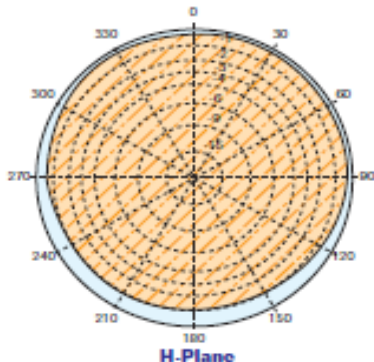
✓ **Antenas dipolo**

Todas las antenas de dipolo tienen un patrón de radiación generalizado. El patrón de elevación muestra que una antena de dipolo es mejor utilizada para transmitir y recibir desde el lado amplio de la antena. Es sensible a cualquier movimiento fuera de la posición perfectamente vertical.

Antena dipolo



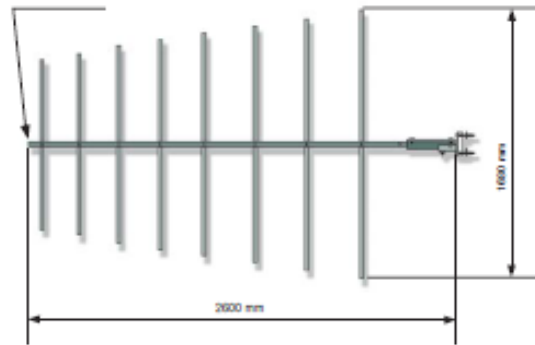
Patrón de Radiación



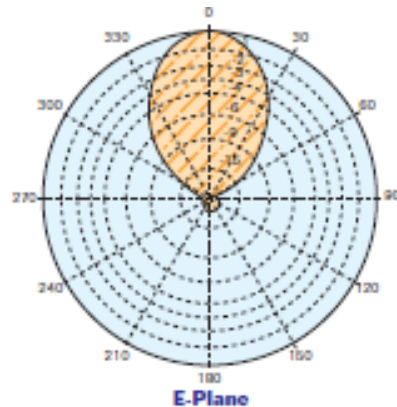
✓ **Antenas yagi**

Estas se componen de un arreglo de elementos independientes de antena, donde solo uno de ellos transmite las ondas de radio.

Antena Yagi



Patrón de radiación



El número de elementos determina la ganancia y directividad.

De acuerdo a la investigación se sustenta el número de estaciones y frecuencias vigentes actualmente en la provincia de pichincha. como muestra a continuación:

Nº	ESTACIÓN DE RADIO	FRECUENCIA
1	LATINA FM	88,1
2	METRO STEREO	88,5
3	INTI PACHA FM	88,9
4	JOSE MEJIA JM STEREO	88,9
5	HCJB LA VOZ DE LOS ANDES	89,3
6	MAJESTAD	89,7
7	TROPICALIDA STEREO	90,1
8	DISNEY	90,5
9	PLATINUM FM	90,9

10	SABORMIX	91,3
11	VISION FM	91,7
12	CONTACTO NUEVO TIEMPO	92,1
13	GENIAL EXA FM	92,5
14	MUSICA Y SONIDO 92.9 FM	92,9
15	ERES 93.3 F.M.	93,3
16	GALAXIA STEREO	93,7
17	CATOLICA NACIONAL FM	94,1
18	RUMBA 94.5	94,5
19	LA GITANA FM	94,9
20	UNIVERSAL 95.3 FM	95,3
21	EMISORA GRUPO RADIAL DELGADO	95,7
22	JOYA STEREO	96,1
23	BBN 96.5 FM	96,5
24	ARMONICA FM-SU NUEVA ESTACION	96,9
25	LA OTRA FM-UN PRODUCTO DE HOY LA RADIO	97,3
26	CENTRO FM STEREO	97,7
27	PROYECCION-98.1 FM-MUNDO	98,1
28	ALFA STEREO	98,5
29	COLON FM	98,9
30	LA LUNA	99,3
31	AÑORANZA LA RUMBERA	99,7
32	MARIA	100,1
33	STEREO ZARACAY	100,5
34	RADIO PUBLICA	100,9
35	ONDA AZUL	101,3
36	SUCESOS	101,7
37	LA RED FM	102,1
38	FRANCISCO STEREO	102,5
39	RADIO PUBLICA DEL D.M.Q FM	102,9
40	ONDA CERO FM	103,3
41	SONORAMA FM	103,7
42	COBERTURA FM (M)	104,1
42	COBERTURA FM (R)	104,1
43	AMERICA	104,5
44	ECUASHYRI FM	104,9
45	KISS 105.3 FM	105,3
46	C.R.E.SATELITAL	105,7
47	HOT 106 RADIO FUEGO	106,1
48	CANELA RADIO CORP	106,5
49	106.9 FM RADIO URBANA	106,9

50	J.C. RADIO	107,3
51	MAS CANDELA	107,7

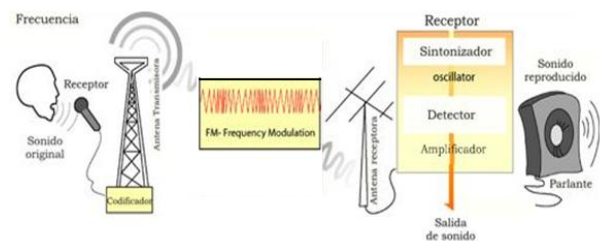
EVALUACIÓN TÉCNICA

Se realizan diversas mediciones de a cuerdo a la intensidad de campo en las zonas, recopilando datos en base a la cobertura con la aplicación de la recomendación ITU-370, a través del uso del software de simulación conocido como ICS-TELECOM, empleado por la SUPERTEL, de las distintas emisoras de radiodifusión que operan en la provincia de Pichincha, para verificar los parámetros técnicos y alcances de transmisión.

Medición de Parámetros

La medición de una transmisión FM es parte fundamental dentro de los parámetros, puesto que el mismo permite conocer el ancho de la banda, intensidad del campo. Dichos aspectos están regidos por estrictas normativas de regulación que permitirán una transmisión adecuada y de agrado del radio escucha.

Es preciso indicar que el funcionamiento de una estación de radio se basa en la emisión y recepción de ondas electromagnéticas de la longitud de onda correspondiente a la radio, como se muestra en la siguiente gráfica:



Este proceso es determinante y cumple con su función como a continuación se sustenta:

1. El sonido original es captado por un receptor el cual puede ser un micrófono.
2. La información emitida se codifica y se emite desde una antena transmisora.
3. Se detecta la señal emitida, para el caso del presente trabajo todas las estaciones envían señales de frecuencia modulada (FM).

4. La antena receptora comienza el proceso de recepción de la señal de la estación de radio.

5. A través del sintonizador se detecta las distintas frecuencias radiales existentes, en este caso para la Provincia de Pichincha.

6. Finalmente, se amplifica y aumenta el sonido que se ha emitido y la transmite al parlante para que pueda ser escuchado por el radio escucha.

Es de tal forma que de acuerdo a cada componente se necesita de equipo especializado para las mediciones como son los siguientes:

Analizador de espectros, aplicado para la medición y monitoreo del ancho de banda de las frecuencias de radiodifusión.



Medidor de la intensidad de campo, este equipo es un receptor que permite medir la señal de intensidad de campo que se obtiene en un determinado punto.



Antena dipolo de media onda, esta antena, es recomendada para operar con el equipo medidor de intensidad de campo, es un dipolo de media onda de referencia teórico

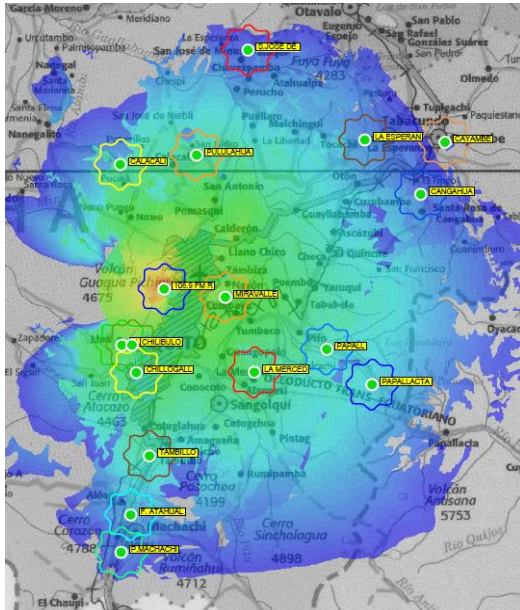


GPS, es utilizado para localizar los respectivos puntos de medición en los bordes de cobertura primaria y secundaria, así como la altura en metros sobre el nivel del mar.



INTENSIDAD DE CAMPO

Con el propósito de tener una referencia del nivel de señal que llega al borde de las coberturas de cada estación de radiodifusión, se procedió a realizar la medición en 15 puntos distintos, los cuales fueron seleccionados de manera aleatoria por considerarse zonas de sombra, según se observa en la Figura. 3.6., obtenido mediante el empleo del software ICS-TELECOM y la recomendación ITU-370. Dichas mediciones fueron realizadas con la ayuda del equipo ANRITSU ML524B y la antena (dipolo) MP534B de la misma marca.



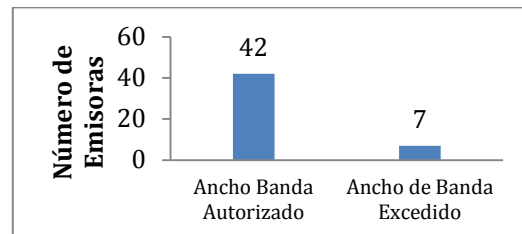
Puntos de medición

Nº	COORDENADAS		ALTURA	SECTOR
	LATITUD	LONGITUD		
1	0°00'30.20"N	78°35'06.30"O	2303 m	A 15 Km del Peaje Calacalí
2	0°01'17.72"N	78°28'48.20"O	2765 m	Sector Pululahua
3	0°10'13.84"N	78°24'33.90"O	2363 m	San José de Minas
4	0°02'35.88"N	78°14'55.11"O	2905 m	La Esperanza
5	0°02'23.72"N	78°08'17.90"O	2838 m	Cayambe
6	0°02'01.73"S	78°10'17.95"O	2880 m	Cangahua
7	0°18'12.45"S	78°14'19.45"O	3678 m	Km. 21 Vía Papallacta
8	0°15'12.68"S	78°18'03.37"O	2964 m	Km. 8 Vía Papallacta
9	0°29'17.82"S	78°34'14.66"O	2896 m	Machachi Fuerte Militar Atahualpa
10	0°32'28.90"S	78°35'02.10"O	3059 m	Peaje Machachi
11	0°14'51.80"S	78°34'59.20"O	3058 m	Lloa
12	0°17'12,50"S	78°33'47,20"O	2939 m	Chillogallo
13	0°10'47,30"S	78°26'25,80"O	2497 m	Miravalle
14	0°17'09,50"S	78°24'02,80"O	2617 m	La Merced
15	0°24'16,90"S	78°32'41,90"O	2783 m	Tambillo

Es preciso indicar que las mediciones se las realizó en dos etapas, la primera en la semana del 24 al 26 de mayo de 2011 y la segunda en la semana del 7 al 9 de junio del mismo año.

Medición del ancho de banda

Esta medición se la tomó con el analizador de espectros ANRITSU MS 2724B y se observó que según los datos recopilados en las mediciones realizadas, y comparando entre el ancho de banda autorizado y el ancho de banda medido, algunas emisoras, exceden los parámetros establecidos.



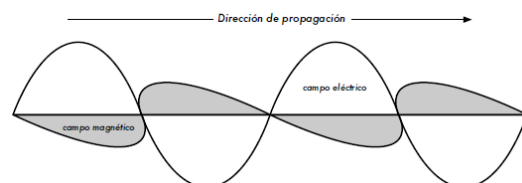
De acuerdo al estudio, de un total de 49 emisoras de radiodifusión vigentes en la provincia de pichincha, 42 están funcionando dentro del ancho de banda autorizado por SUPERTEL, es decir 85,71% y mientras que 7 el 14,29% exceden el ancho permitido, cabe indicar que las estaciones que están infringiendo esta norma técnica son monitoreadas durante una semana para determinar si en ese tiempo los concesionarios de las estaciones de radiodifusión en FM, pueden ser amonestados o no por trabajar fuera de los parámetros establecidos en el contrato.

Simulación de cobertura

Para mantener un concepto claro sobre cobertura se debe tomar en cuenta diversos aspectos previos que a continuación se conceptualizarán:

✓ Propagación

Permite que en los sistemas de radiodifusión, se expandan las ondas procedentes de las antenas emisoras, viajando en línea recta siempre y cuando la atmósfera no varíe su ruta.

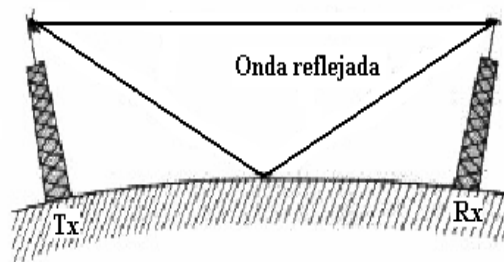


Debido a su aplicación o la alternación existen tres tipos de ondas las cuales son:

Ondas Terrestres, son aquellas que se propagan sobre la superficie de la Tierra, y debido a que esta tiene resistencia y pérdidas dieléctricas, las ondas electromagnéticas se propagaran mejor sobre una superficie que sea un buen conductor, como agua salada y áreas desérticas muy áridas.

Ondas espaciales, son las que se propagan en la parte inferior de la atmosfera, incluyen ondas directas, y reflejadas sobre la superficie de la Tierra.

Ondas directas



Ondas troposféricas, las ondas troposféricas son aquellas que se propagan en la zona de la atmosfera denominada troposfera, es la región donde se forman las nubes y en la que las ondas pueden sufrir algún tipo de modificación debido a la influencia de las capas del aire.

MODELOS DE PROPAGACIÓN

El estudio de la propagación de comunicaciones zonales, de punto a zona, en las que existen varios trayectos de propagación, se lo realiza analizando perfiles a lo largo de radiales (mínimo 8) trazados desde el transmisor.

Hay un sin número de modelos de propagación, los mismos que calculan la probabilidad de que la señal llegue o no a un punto determinado, los más usados son:

Modelos analíticos, Estos modelos de propagación son útiles en comunicaciones punto a punto, estudian el desvanecimiento de la señal en grandes distancias y se basan en teoría de rayos.

Modelos empíricos, estos modelos se presentan en formas de tablas y graficas normalizadas obtenidas a base de múltiples mediciones (empíricas) de las cuales se desarrollaron versiones numéricas.

Hay un sin número de modelos de propagación, los mismos que calculan la probabilidad de que la señal llegue o no a un punto determinado, los más usados son:

- Modelo de Friis
- Modelo de Dos Rayos
- Modelo Okumura
- Modelo Okumura – Hata
- Modelo Cost 231
- Modelo De Walfish – Bertoni
- Recomendación ITU-R Modelos

Programa ICS-TELECOM

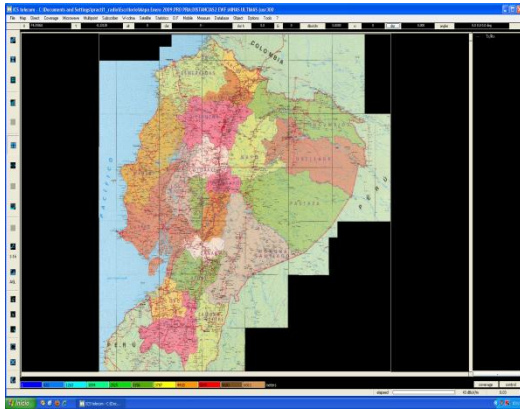
El software de simulación ICS-TELECOM, permite realizar todo tipo de simulación y representación de los sistemas de radiocomunicaciones más desplegados en el medio, con la posibilidad de evaluar el desempeño de los mismos con la mayor precisión posible.

Su objetivo es estimar o predecir el comportamiento de los parámetros de desempeño de las tecnologías más sobresalientes, utilizando un conjunto de algoritmos para cada aspecto particular, logrando una alta precisión en sus resultados.

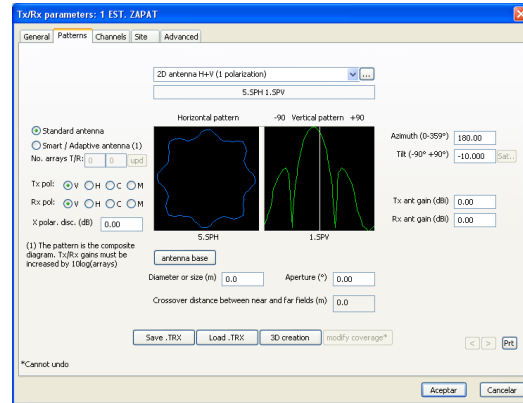
Interfaces

El sistema ICS-TELECOM, presenta al usuario, interfaces amigables, puesto que son de fácil comprensión y manejo, a la vez que permite ingresar la información disponible con el propósito de realizar la simulación deseada.

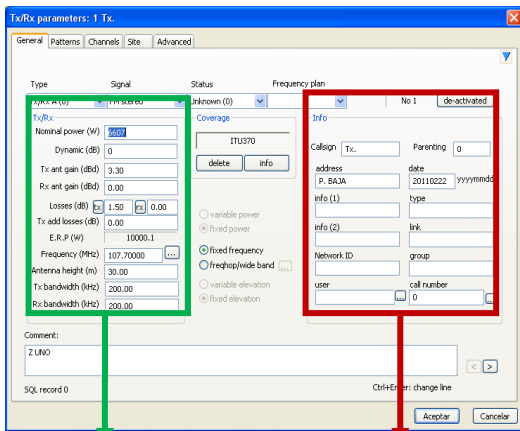
A continuación, se presentan una serie de interfaces gráficas que son consideradas las principales para el manejo de la simulación de coberturas, para efecto de este proyecto de emisoras de radiodifusión FM.



Interface, ingreso de parámetros administrativos y técnicos de los transmisores.



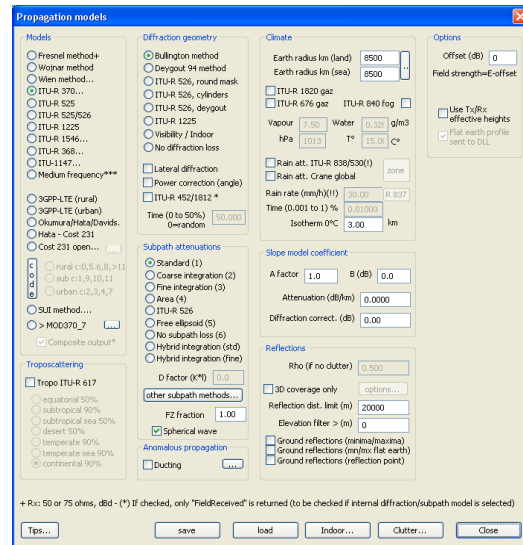
Modelos de Propagación



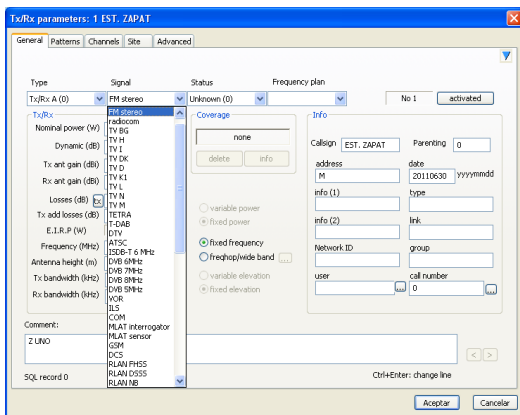
Datos técnicos del

Datos

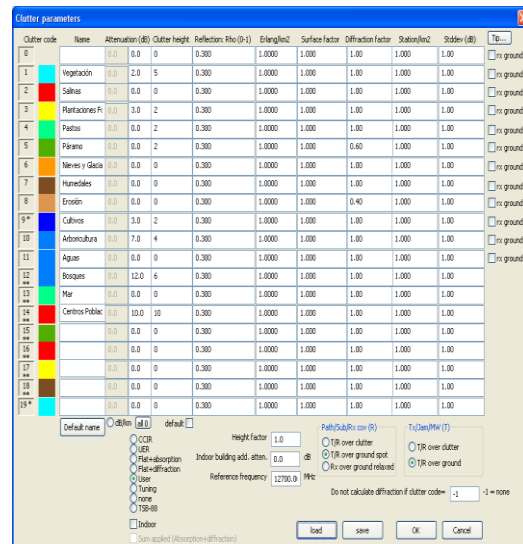
Selección de tipo de señal



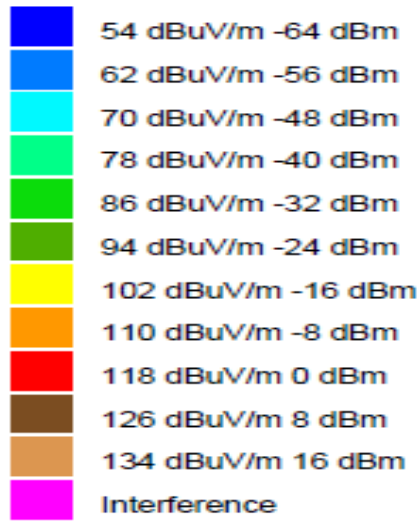
Interface que indica los parámetros del Cluter



Interface de usuario que hace posible indicar las características de propagación de la antena



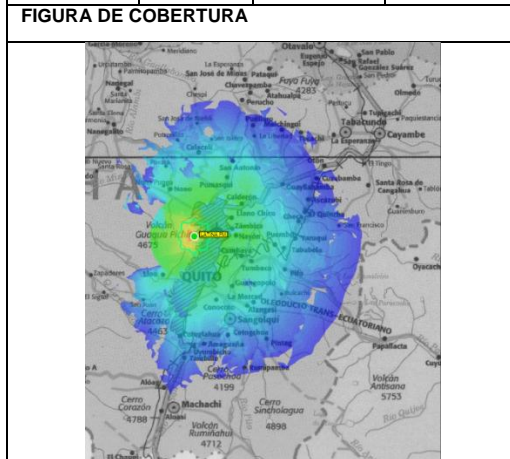
colores, los distintos valores de intensidad de campo que cubre la señal de la emisora analizada:



Y demostrando el estudio realizado con dos ejemplos en alta y baja potencia.

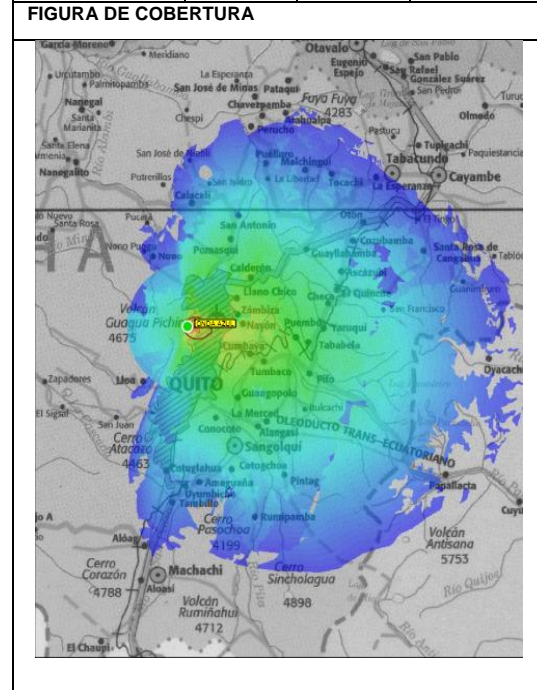
Baja potencia

Emisora:	LATINA FM		
Frecuencia :	88.1 MHz		
Azimet:	0°	Tipo de Ant.:	Arreglo de 4 radiadores
Pot. Tx.:	0,20 Kw	Tilt:	-7°
Ganancia:	5,00 dB	Longitud:	78°31'20"O
Pérdida:	1,50 dB	Latitud:	00°09'49"S
P.E.R.:	447 W	Altura:	3.698 m.s.n.m.



Alta potencia

Emisora:	ONDA AZUL		
Frecuencia:	101.3 MHz		
Azimet:	100°	Tipo de Ant.:	Una Yagi de 6 elementos
Pot. Tx.:	1,50 Kw	Tilt:	-7°
Ganancia:	11,00 dB	Longitud :	78°31'11"O
Pérdida:	1,00 dB	Latitud:	00°09'54.1" S
P.E.R.:	15.000 W	Altura:	3569 m.s.n.m.



Como se pueden observar en los figuras de simulación realizados a 17 emisoras de radiodifusión vigentes en la provincia de Pichincha para efectos del presente estudio, aplicando la recomendación ITU-370, se observan que las manchas de cobertura varían en forma por efecto de la potencia, ubicación, pérdidas y ganancias del transmisor, así como las estaciones que radian con antena direcciva (yagui).

Conclusiones

- Los sistemas de radiodifusión, en la actualidad han tenido mayor acogida en el medio, convirtiéndose en uno de los medios de comunicación más acogidos por el público en general.
- La potencia con la que trabajan cada una de las estaciones de radiodifusión son distintas, van desde 1000W a 15000W, sirviendo a una misma área de trabajo o cobertura, lo que permitió que se

establezca una estandarización de parámetros técnicos.

- Utilizando la recomendación ITU-370 y de acuerdo a las simulaciones de cobertura obtenidos a través del software ICS-Telecom, se observa que hay una buena señal de intensidad de campo, es decir esta dentro del rango de la Zona primaria de cobertura ($> \geq 54$ dBuv/m), dicha cobertura difiere con las mediciones realizadas en campo, en un 44.64% de promedio; por lo que se puede concluir que esta recomendación no se ajusta a la realidad.

- Utilizando la recomendación ITU-525 y de acuerdo a las simulaciones de cobertura obtenido a través del software ICS-Telecom, se observa que la recepción de la señal de radiodifusión FM en los puntos de medición descritos en la Tabla 3.5 se parecen más a las mediciones hechas en campo, por ende a la realidad de cobertura que hay en la provincia de Pichincha.

- Como se puede ver desde la Tabla 4.26 a la Tabla 4.41, los errores encontrados en promedio al usar la recomendación ITU-370 oscila entre 34,36% a 70,9%, mientras que, los errores encontrados con la recomendación ITU-525 son más bajos y oscilan entre 13,75% a 49,7%, por lo tanto se puede ver que esta recomendación (ITU-525) se ajusta más a la realidad en las zonas de cobertura de las estaciones analizadas en este trabajo.

- De acuerdo con los datos obtenidos de la medición de intensidad de campo eléctrico en varios sectores de la zona geográfica FP001, se observa que las estaciones que se encuentran en el sitio alto del Cerro Pichincha, tiene mejores niveles de intensidad de campo y por ende mayor cobertura dentro de la zona primaria (54 dBuv/m) que las estaciones que se encuentra en la parte baja del mismo, a pesar de que los dos sistemas radiantes son omnidireccionales y tienen un valor de P.E.R. igual (7567W), esto se debe a la altura de ubicación de dichos sistemas.

- Es importante conocer el tipo de antena que posee cada una de las emisoras y el azimut de las mismas, porque de esto depende en gran medida el límite de cobertura que cubren en la zona determinada.

Recomendaciones

- Los transmisores de las estaciones de radiodifusión deben estar normalizados en el rango de 4500W a 7500W de P.E.R., dependiendo de la ganancia de los sistemas radiantes que se utilicen; y se debería tomar en cuenta una ganancia de 3.3 dB en la antena y pérdida de 1.5 dB en cables y conectores

- Todos los sistemas radiantes sean directivos u omnidireccionales, deben tener un ángulo de inclinación de al menos siete u ocho grados (7° u 8°), porque dicho ángulo (tilt), permite ofrecer una mayor cobertura y directividad a la zona de estudio, que para el presente proyecto es la provincia de Pichincha., entendiéndose por tilt el ángulo de inclinación de la antena respecto a la torre de soporte.

- El normalizar las característica técnicas operacionales de las emisoras radiales de la provincia de Pichincha, permitirá ofrecer al público una mejor señal y la cobertura será la adecuada para cada una de las mismas; así como un mejor control

- Como se han observado en las distintas figuras obtenidos que muestran la cobertura de la señal que tiene cada una de las emisoras vigentes en la provincia de Pichincha, existe una zona de sombra de mayor tamaño a la cual no llega la señal indicada, por lo tanto sería factible colocar una repetidora en el sector picos del cerro Atacazo y de esta manera se lograría que la señal de la emisora escogida llegue con satisfacción al escucha en la zona señalada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Conatel - Senatel, "Ex Conartel" ,

- Norma técnica reglamentaria para radiodifusión en frecuencia modulada analógica (resolución no. 866-conartel-99)

- Norma técnica reglamentaria para radiodifusión en frecuencia modulada analógica (resolución no. 866-conartel-99)

- ALPUENTE J, "Introducción a los sistemas Radioeléctricos", Capítulo 6

- Aznar, Ángel Cardama, Antenas, 2da ed., Catalonia, 1998

•FLICKENGER, Rob, Redes inalámbricas en los países en Desarrollo, 2da edición, Pag. 97

•COIMBRA, Edison, Antenas y propagación de ondas, http://coimbraweb.com/documentos/radio/4.5_directividad.pdf

•VIELMA, Mario, Introducción a las antenas, Abril 2005

•Consejo Provincial de Pichincha, "Provincia de Pichincha", disponible en línea:

<http://www.pichincha.gov.ec/corporacion/provincia-de-pichincha.html>, Consultado: 22/02/2011

•<http://www.funcionjudicial-pichincha.gov.ec/www/enlaces/juzgadoscantonales.php>

•WAYNE, T. "Sistemas de Comunicaciones Electrónicas", 4° Edición, 2003 <http://espanol.geocities.com/elradioaficionado>

•HERNANDO José Y OTROS, "Introduction to Mobile Communications Engineering", 1999

•Modelos de propagación, apuntes de clases.

• TES AMERICA, "Introducción al manejo de la herramienta ICS-Telecom", pág. 2

•"ICS-Telecom", Disponible en línea: www.atdi.com, Consultado: 17/05/2011

•SUPERTEL, "Resolución de P.E.R. para la concesión y renovación de contratos con emisoras radiales", Pág. 2 y 3, Consultado: 19/05/2011

•JUAN JOSÉ MURILLO FUENTES, Fundamentos de radiación y radiocomunicación. Universidad de Sevilla., Apartado 2.17.3; Apartado1.1; Capítulo 2

•Miranda, José Miguel, Ingeniería de Microondas, Técnicas experimentales, Prentice Hall, 2002, pág. 2.

BIBLIOGRAFIA DEL AUTOR



Juan Guzmán, nace en Quito, Ecuador. Ingeniero Electrónico en Telecomunicaciones, de la Escuela politécnica del Ejército.

Email : jufegupe@yahoo.com.mx