IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE DIFUSIÓN DE AUDIO Y VIDEO EN 470MHZ PARA LA FIEC Y 5.8GHZ PARA EL CTI Y TUTORIAL DEL DISEÑO DE LOS RADIOENLACES IMPLEMENTADOS

[1]Roxana Alvarez, [2]Douglas Morán, [3]Pedro Vargas

[1]Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones 2004; email: aalvarez@fiec.espol.edu.ec
[2]Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones 2004; email: dmoran@telconet.net
[3]Director de Tesis, Ingeniero en Telecomunicaciones, Instituto Electrotécnico Von Bruevich -Sant Peterburg, 1976. Diplomado en Administración de Recursos Humanos, Universidad Católica-IDEPRO, 1996. Profesor de ESPOL desde 1976; email: pvargas@espol.edu.ec

RESUMEN

Este documento resume la implementación de sistemas de difusión en el Laboratorio de Telecomunicaciones, para enviar la señal satelital recibida a la SASE de la FIEC y el Aula Satelital del CTI, donde se facilita la acogida de estudiantes, profesores y personal politécnico interesados. Para el primer objetivo, se utilizó un sistema de difusión en la banda UHF, canal 14, de manera que se puede captar la señal con un televisor convencional dentro del área de cobertura; y el segundo objetivo mediante un enlace punto a punto inalámbrico en la banda de 5.8GHz.

Se implementaron estos sistemas y se realizaron sus respectivos análisis de propagación. El análisis de 470MHz, muestra el carácter oscilatorio de la señal debido a la cercanía con la antena transmisora y el efecto de la onda reflejada en la resultante; el de 5.8GHz es más sencillo por tratarse de un radioenlace punto a punto.

Para que los sistemas implementados no queden relegados al olvido, se creó una herramienta con los detalles de su diseño, funcionamiento y mantenimiento para incentivar su uso. El Tutorial de Radioenlaces Implementados incluye conceptos básicos de radioenlaces, para asociar la teoría aprendida en la ESPOL y el diseño de los sistemas implementados.

This document resumes the implementation of broadcasting systems in the Telecom Lab, to send the received satellite signal to the SASE of the FIEC and to the Satellite Room of the CTI, places that bring the facilities to receive students, teachers and people from the university interested. To achieve the first objective, it was used a broadcasting system in the UHF band, channel 14, so that it is possible to receive the signal with a conventional television while you are in the reception area; and the second objective with a point to point wireless radio link in the 5.8GHz band.

We proceed to implement these systems and do the respective propagation analysis. The 470MHz system's analysis shows the oscillatory behaviour of the signal, due to the closeness to the transmitter antenna and the effect of the reflected wave; the 5.8GHz was simpler because it is a point to point radiolink.

In order to don't remain the implemented systems relegated, it was created a tool with details of the design, operation and maintenance to encourage its use. The Implemented Radiolinks Tutorial

includes basic radiolinks concepts, to associate the theory learned at the ESPOL and the design of the implemented systems.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes: Esta tesis recibió su financiamiento por parte del Proyecto VLIR, Componente 2, y forma parte de el proyecto: Reactivación de la Antena Parabólica Satelital del Laboratorio de Telecomunicaciones, e Implementación de un Sistema de Recepción y Difusión de Televisión Satelital para Propósitos Educativos.

Objetivo General: Difundir una señal de audio y video, cuyo contenido sea cultural y/o educativo, a la SASE de la FIEC y el Aula Satelital del CTI, donde se facilita la acogida de estudiantes, profesores y personal politécnico interesados en la programación, mediante sistemas inalámbricos.

Objetivos Específicos:

- Análisis de propagación de los sistemas inalámbricos implementados y comparación entre los resultados teóricos con los prácticos.

- Análisis de las leyes, reglamentos y normas ecuatorianas concernientes a los sistemas implementados; para considerar su posterior legalización.

- Retransmisión de la señal de Televisión Abierta satelital recibida con la antena parabólica de la FIEC.

- Desarrollo de guía de mantenimiento, manual de operación de los equipos, y Tutorial para el estudio correspondiente de los radioenlaces implementados y la asociación de los mismos con la teoría dada en la universidad.

CONTENIDO

Descripción

Todo sistema de difusión cuenta con una cabecera o centro de señal, lugar donde se genera y/o produce la señal a difundirse. El centro de señal de nuestro sistema es el mostrado en la figura 1.

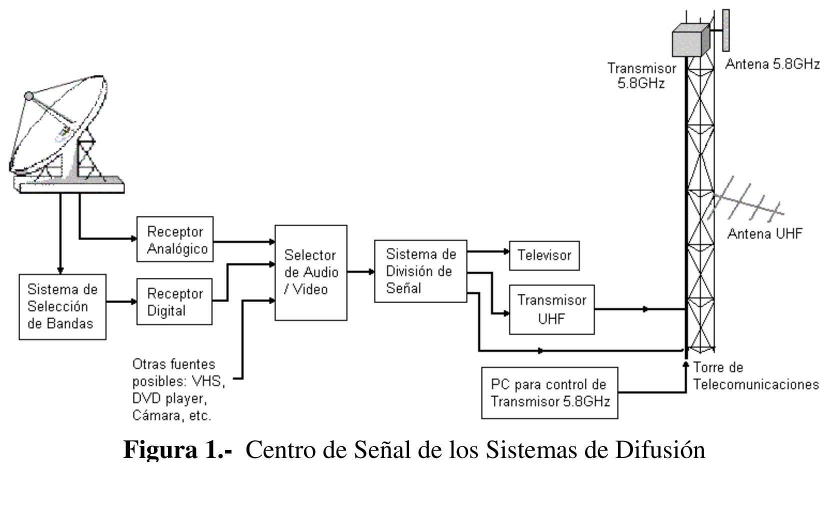

Figura 1.- Centro de Señal de los Sistemas de Difusión

La señal inyectada al sistema al sistema puede provenir del receptor satelital analógico o digital, de un VHS, de un DVD player, etc.; en otras palabras, se acepta señales de audio y video estándar.

Ambos sistemas tienen en común su esquema general, ver figura 2; que incluye: transmisor, antena transmisora, antena receptora y receptor.

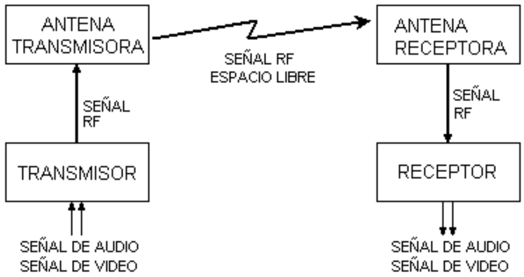

Figura 2.- Esquema general de sistemas de difusión

Sin embargo, debido a que operan en frecuencias diferentes y tienen como objetivo cubrir áreas distintas, varían en detalles más específicos, por lo que su explicación detallada se realiza por separado. En la figura 3 se muestra el esquema detallado del sistema total de difusión, incluyendo al sistema en 470MHz y 5.8GHz.

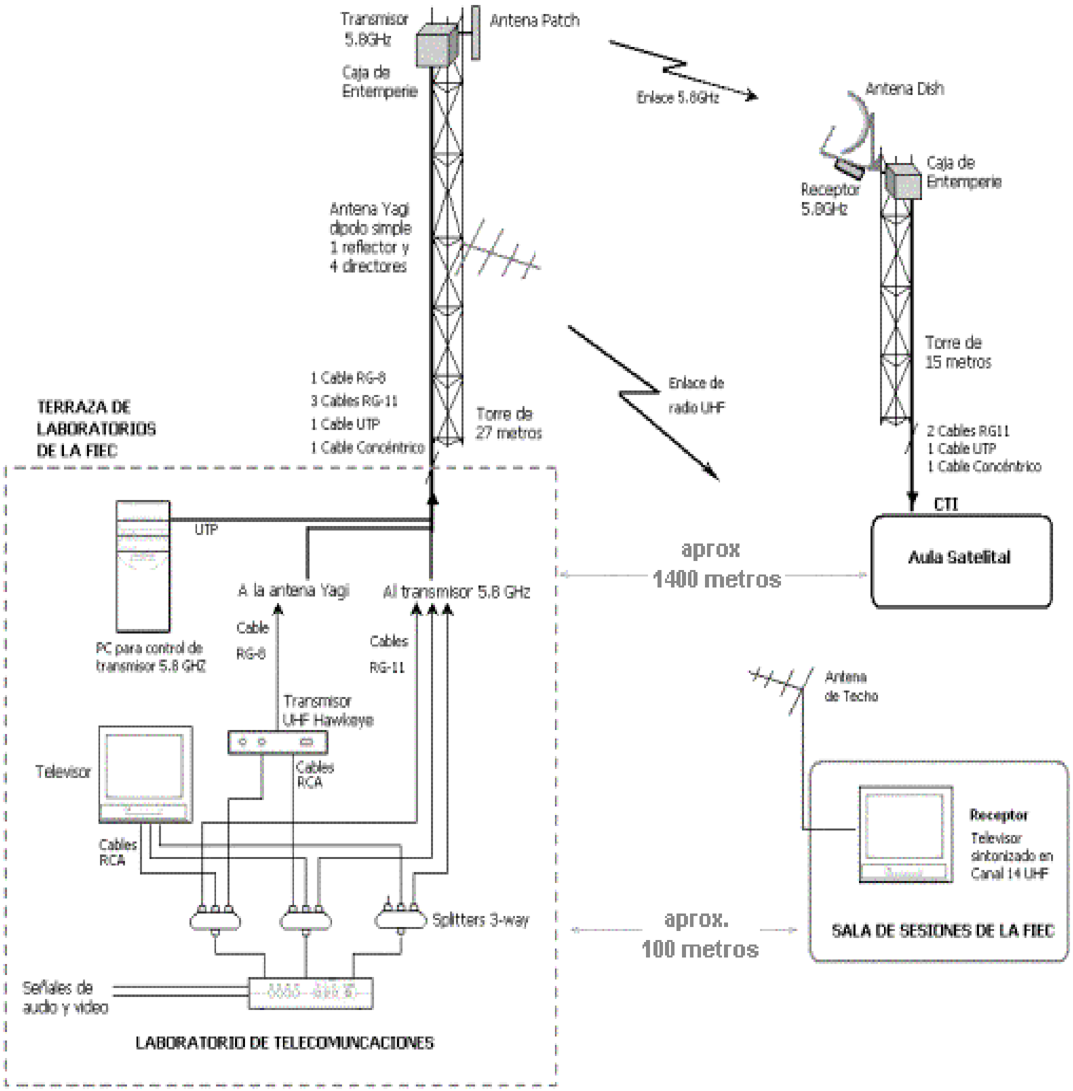

Figura 3.- Esquema detallado de sistemas de difusión

Análisis de Propagación 470MHz

Dado que este es un sistema de difusión, se realizó un análisis general y un análisis puntual al destino principal, la SASE. El análisis de propagación se realizó con los datos de la tabla I.

Tabla I.- Datos para Análisis de Propagación del sistema 470MHz

Intensidad de campo del transmisor	500uV/m a 30 metros
Potencia de salida del transmisor	-51,24 dB
Ganancia de la antena transmisora	8,5 dB
Frecuencia de operación central	473 MHz
Sensibilidad del receptor	60 uV

Se graficó la potencia recibida tomando en cuenta solamente las pérdidas por espacio libre, ver figura 4, obteniendo un alcance de aproximadamente 75 metros; luego se graficó la potencia recibida tomando en cuenta la onda reflejada, ver figura 5, obteniendo un alcance aproximado de 95 metros. Comparando a estos gráficos se puede observar el carácter oscilatorio de la señal debido a que nos encontramos en la zona de interferencia.

Figura 4.- Potencia recibida tomando en cuenta sólo a las pérdidas por espacio libre

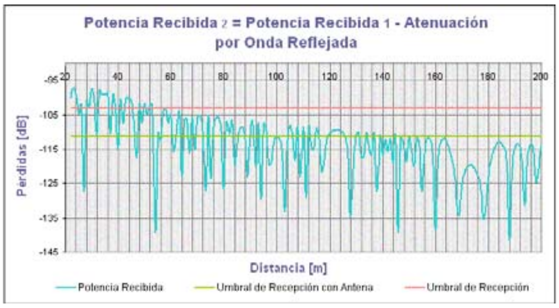

Figura 5.- Potencia recibida tomando en cuenta a la onda reflejada

Se realizó pruebas de calidad, cuyos resultados se grafican sobre el mapa de la FIEC, con color azul los lugares donde se recibe bien la señal, con verde en donde la calidad es regular (interferencia, ruido, señal inestable, etc.) y de color rojo donde la señal era muy pobre o inexistente. La figura 6, corresponde a mediciones realizadas entre 80 y 85 metros sobre el nivel del mar; la figura 7, corresponde a mediciones realizadas entre 85 y 90 metros sobre el nivel del mar; y finalmente, la figura 8, corresponde a mediciones realizadas a alturas superiores que 90 metros sobre el nivel del mar. En estas figuras se marcó con puntos los lugares donde se realizó las mediciones y se estimo mediante un sombreados la calidad de la señal entre puntos; los lugares que no han sido pintados (están de color blanco) es porque se encuentran a una altura diferente de la correspondiente.

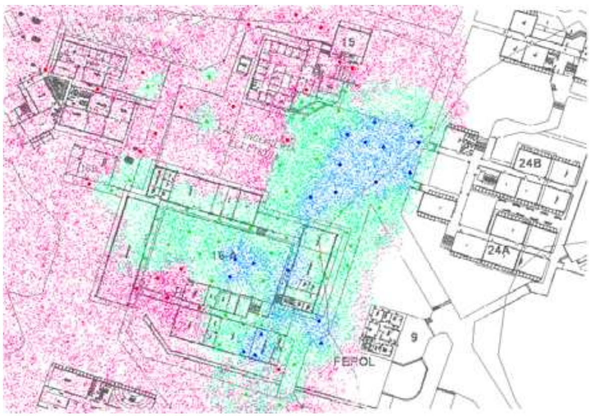

Figura 6.- Calidad de Señal entre 80 y 85 metros de altura sobre el nivel del mar.

Figura 7.- Calidad de Señal entre 85 y 90 metros de altura sobre el nivel del mar.

Figura 8.- Calidad de Señal a mas de 90 metros de altura sobre el nivel del mar.

Si se compara con el patrón de radiación teórico, ver figura 9, se observa que las sombras de cobertura de color azul de las figuras 6, 7 y 8 coinciden con el patrón de radiación, donde no existen obstrucciones (árboles, edificios, etc.). Los mejores lugares para la recepción de la señal, se encuentran dentro del área de cobertura teórica, siempre y cuando no exista una obstrucción considerable que afecte la calidad de la señal recibida. Se recomienda el uso de antenas exteriores para obtener una señal más estable.

Figura 9.- Patrón de radiación teórico

Luego de probar la recepción en el techo de la SASE, se encontró empíricamente que el mejor lugar para ubicar la antena receptora de 8dB, es a 86.78 m de altura sobre el nivel del mar y a 76.35 m de distancia de la antena transmisora; se utilizó una antena de 8dB de ganancia. A continuación mostramos los resultados para este caso particular.

Tabla II.- Resultados de análisis de propagación de radioenlace 470MHz

Potencia de Tx	**[dB]**	-51,24
Pérdidas cables tramo 1	**[dB]**	4,40
Pérdidas conectores tramo 1	**[dB]**	0,50
Ganancia antena transmisora	**[dB]**	8,50
Potencia Efectiva Radiada (PER)	**[dB]**	-47,64
Pérdidas por espacio libre	**[dB]**	63,60
Ganancia por despejamiento de 1era zona de Fresnel	**[dB]**	6,00
Atenuación por onda reflejada	**[dB]**	0,00
Pérdidas por Difracción	**[dB]**	0,00
Pérdidas cables tramo 2	**[dB]**	5,10
Pérdidas conectores tramo 2	**[dB]**	0,50
Ganancia de Antena Rx	**[dB]**	8,00
Potencia de Recepción	**[dB]**	-102,83
Voltaje de Rx	**[uV]**	62,49

En la figura 10, se grafica el perfil terrestre, el rayo reflejado, el 60% y 100% de la primera zona de Fresnel. Como el 100% de la primera zona de Fresnel esta despejada, se considera que se tiene 6dB de ganancia; también se observa que el rayo reflejado se encuentra obstruido, por lo que para este caso específico no se toma en cuenta.

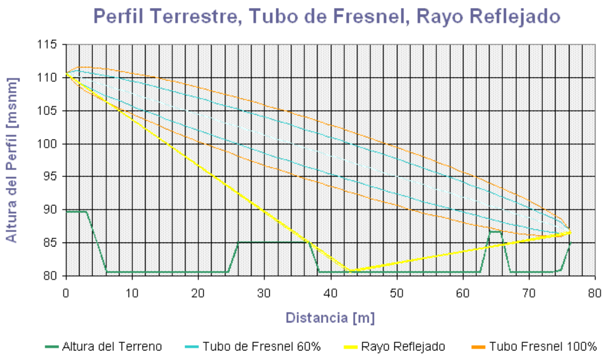

Figura 9.- Perfil terrestre, tubo de Fresnel, rayo reflejado para enlace de difusión en 470 MHz

Análisis de Propagación 5.8GHz

Este análisis de propagación se realizó con los datos de la tabla III.

Se graficó el perfil terrestre, ver figura 10, y se comprobó que la primera zona de Fresnel no este obstruida; no se tomo en cuenta la atenuación debida a la onda reflejada, dado que un obstáculo interfiere con su trayectoria. Finalmente, se calcula el margen de sensibilidad del enlace, obteniéndose un valor de 16,40 dB; como se muestra en la tabla VI.

Tabla III.- Datos para Análisis de Propagación del Sistema 5,8GHz

Distancia entre antenas	1346 metros
Intensidad de campo del transmisor	50mV/m a 3 metros
Potencia de salida del transmisor	0.75 mW
Ganancia de la antena transmisora	15 dB
Ganancia de la antena receptora	28 dB
Frecuencia de operación	5.8 GHz
Sensibilidad del receptor	-115 dB

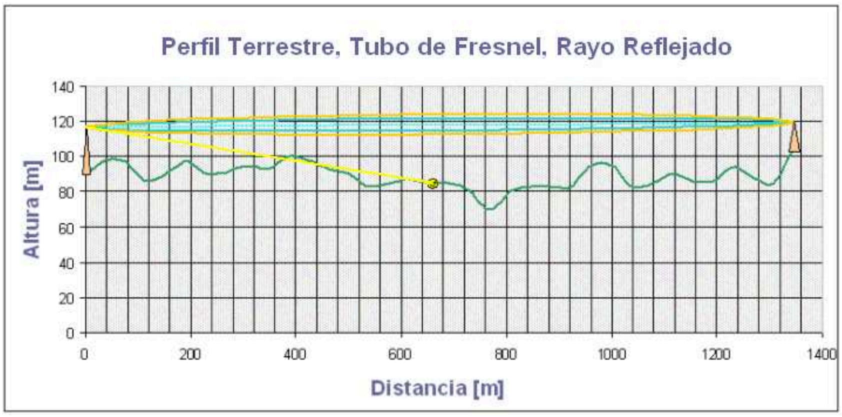

Figura 10.- Perfil terrestre, tubo de Fresnel, rayo reflejado para enlace de difusión en 5,8GHz

Tabla IV.- Resultados de análisis de propagación de radioenlace 5,8GHz

Potencia de Tx	**[dB]**	-31,24
Pérdidas cable tramo 1	**[dB]**	0,01
Pérdidas conectores tramo 1	**[dB]**	0,01
Ganancia antena transmisora	**[dB]**	15
Potencia efectiva radiada	**[dB]**	-16,26
Pérdidas por espacio libre	**[dB]**	110,29
Ganancia de Antena Rx	**[dB]**	28
Pérdidas cable tramo 2	**[dB]**	0,01
Pérdidas conectores tramo 2	**[dB]**	0,04
Potencia de Recepción	**[dB]**	-98,60
Sensibilidad del receptor	**[dB]**	-115
Margen	**[dB]**	16,40

Tutorial de Radioenlaces implementados

El Tutorial de Radioenlaces Implementados es una guía de fácil uso y compresión del sistema implementado. Esta herramienta incluye conceptos básicos de propagación y antenas, que ayuda el entendimiento de cómo funciona el sistema y su diseño. Consta de cuatro capítulos, los tres primeros corresponden a conceptos teóricos, mientras que el último es un manual de operación, análisis de propagación y manual de mantenimiento de los radioenlaces implementados.

La estructura general del Tutorial es la mostrada en la figura 11. Contiene seis tipos de páginas: Inicio, Índice, Información, Cálculos, Evaluación y Glosario.

- ✓ Inicio.- es la carátula y sirve para acceder al Tutorial mediante un hipervínculo al Indice.
- ✓ Indice.- según seleccione, muestra el índice de cada capítulo e hipervínculos a las páginas Información de esta herramienta.
- ✓ Información.- tienen el contenido de cada uno de los capítulos.
- ✓ Cálculo.- luego de ingresar valores en los cuadros de entrada, muestra el resultado de funciones comunes relacionadas con la teoría de las páginas Información.
- ✓ Evaluación.- se encuentran al final de los tres primeros capítulos y contienen un cuestionario con preguntas de opción múltiple.
- ✓ Glosario.- contiene las definiciones de términos mas importantes y relevantes, del Tutorial.

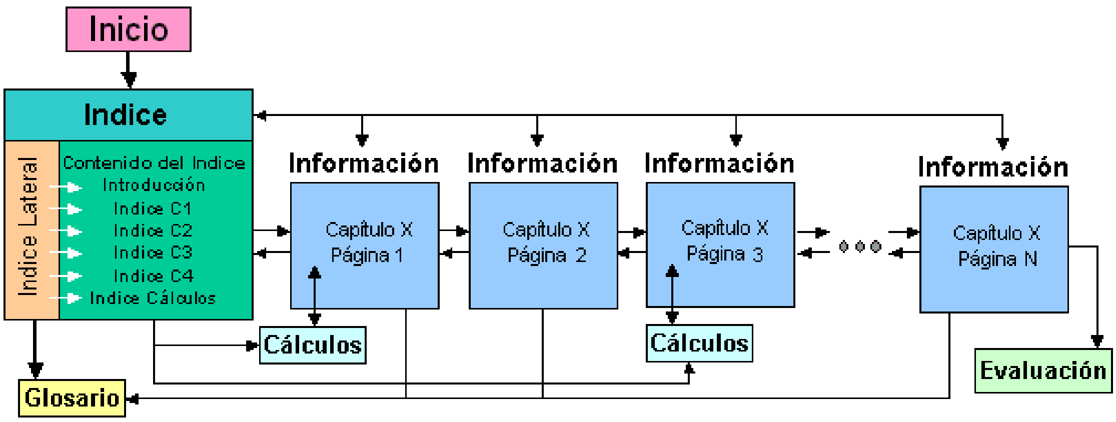

Figura 11.- Estructura del Tutorial de Radioenlaces Implementados

AGRADECIMIENTO

Agradecemos, a nuestro Director de Tesis Ing. Pedro Vargas profesor de la FIEC; al Ing. Carlos Monsalve, Decano de la FIEC; y al Ing. Marco Pazmiño, profesor de la ESPOL, por su constante apoyo y motivación en la culminación de nuestra Tesis.

CONCLUSIONES

El análisis de propagación teórico del sistema UHF, coincide con los resultados obtenidos de las pruebas de calidad; el nivel de señal recibida varía según nos acerquemos o alejemos de la antena transmisora y depende de la onda reflejada.

Mediante fórmulas, se estima que la señal del enlace en 5,8GHz FIEC-CTI, puede operar sin inconvenientes, con un margen de sensibilidad de 16,4dB a menos que exista una señal que cause interferencia. Para que una señal cause interferencia a este radioenlace, debe operar en la misma dirección dado que se trata de un radioenlace punto a punto.

A pesar que el sistema UHF no opera acorde al Plan Nacional de Frecuencias, este no debería causar interferencia perjudicial a otros operando en la misma banda, debido a la poca potencia utilizada (es un enlace de muy corto alcance).

Los sistemas implementados, pueden servir como herramientas didácticas para los estudiantes de la FIEC, quienes para obtener mayor detalle de los mismos, pueden remitir al Tutorial de Radioenlaces Implementados.

Si se observa a los dos sistemas como uno solo, se puede concluir que forman una estación de televisión a escala, donde el sistema de difusión en la FIEC es el enlace principal, y el radioenlace con el CTI equivale a una repetidora

Las leyes ecuatorianas de telecomunicaciones, deberían facilitar la formación de canales culturales dentro de las universidades, de manera que se fomente a formar modelos de Televisión Educativa. Estos canales, necesitan bandas de frecuencia disponibles, las cuales no están definidas en ninguno de los reglamentos, leyes o normas de las leyes de telecomunicaciones.

Las leyes ecuatorianas de telecomunicaciones, no deben de asignar frecuencias a tecnologías específicas, sino al servicio proporcionado; de manera que se facilite la incursión de nuevas tecnologías, de manera que se aproveche el espectro radioeléctrico.

REFERENCIAS

1. La Red de CATV, Agosto 2003, Sistemas de CATV: su funcionamiento
http://www.catvnet.com.ar/00.html

2. Ana Belén Sarmiento y Carlos Gil; Televisión Digital
http://ewh.ieee.org/r10/bombay/news2/story10.htm

3. Federal Communications Commission; octubre 2001; Part 15--Radio Frequency Devices
http://frwebgate.access.gpo.gov/cgi-bin/get-fr.cgi?TITLE=47&PART=15&SECTION=15&YEAR=2001&TYPE=TEXT

4. Digital Standards World Adoption; mayo 2005; Estándares de Transmisión de Televisión Digital; http://www.tvdi.net/cgi-bin/trad/html/tecnologia/transmision.html

5. Hernán Ariel Iraci; enero 2003; Televisión Digital; http://www.monografias.com/trabajos7/tedi/tedi.shtml

6. Egon Strauss, Adaptación De Tv Color A La Norma PAL-N; H.A.S.A.

7. G.N. Patchelt, Sistema PAL de Tv. Color; (Lugar, 1975) Parainfo

8. Grob-Herindon, Televisión Práctica y Sistemas de Video; (6ta edición) Alfaomega

9. Bob Chomycz, Instalación de Fibra Óptica, Fundamentos, Técnicas y Aplicaciones; Mc Graw-Hill

10. Francisco Ruiz Varsallo, Guías para Instaladores de Antenas. Antenas Terrestres, CEAC

11. Julián Espinoza De Los Monteros, Oscar Lopez Gomez, Santiago García, Técnico En Telecomunicaciones, Tomo II Y III , (CULTURAL S.A. 2002)

12. Luís F. Ávila Linzan, Ley Especial de Telecomunicaciones

13. Wayne Tomasi, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 2da Edición, Pearson Education

14. Leon Couch, Digital and Analog Communicatons Systems, 5ta Edición, Prentice Hall

15. José María Hernando Rábanos, Transmisión por Radio

16. R. Brault, R. Piat, Las Antenas, (1998, 3ra edición), Paraninfo

Ing. Pedro Vargas
DIRECTOR DE TESIS