

Simulación y comprobación de Cobertura y Compatibilidad Electromagnética de operadoras de transmisión de televisión digital para la ciudad de Quito.

Parreño Javier, García Marco, Nikolai Espinosa y Darwin Aguilar
{fjparreno, magarcia, ndespinosa, dlaguilar}@espe.edu.ec
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

Resumen—Este documento discute la simulación y verificación de la cobertura y EMC basa SIRENET herramienta electrónica y se comprueba con los ensayos de campo en Televisión Digital ECTV operador, con el fin de identificar su área de cobertura y de este si es necesario para poner en práctica las estaciones de relé, se describe adicionalmente el estudio para comprobar cuando tiene injerencia tecnología digital y analógica simultánea está presente, esto a través del estudio de la compatibilidad electromagnética.

Índice de Términos—Sirenet, Compatibilidad, TDT, ISDB-Tb, Digital.

I. INTRODUCCIÓN

El 25 de Marzo del 2010, el Ecuador adopto el estándar de televisión digital ISDB-Tb (Integrated service Digital Broadcasting Terrestrial), basado en el desarrollo Japonés y las innovaciones desarrolladas por el Brasil. [1]

ISDB-Tb, fue elegido por el Ecuador, ya que ha demostrado tener un mejor desempeño en cuanto a la TDT se refiere; con vasta experiencia y operatividad demostrada tanto en el Japón como el Brasil. [2]

A continuación, se describen algunas de las características técnicas del estándar ISDB-Tb: [3]

- Alta calidad: TDT en alta definición (HD), con 6 MHz de ancho de banda.
- Robustez: Contra ruidos urbanos, desvanecimiento y cualquier tipo de interferencia.

- Flexibilidad de Servicio: El ancho de banda de 6 MHz, soporta cualquier tipo de servicio.
- Múltiple Recepción: Acepta recepción, fija, móvil y portátil, en el mismo ancho de banda.
- SFN: Red de Frecuencia Simple, permite desplegar una red única dentro de un mismo estado, en una única frecuencia o canal.
- Interactividad: Soporta aplicaciones interactivas, en plataformas como Java, Ginga, Androi, etc.

El proceso de inclusión de televisión digital está en su etapa de implementación, por lo que a nivel local no existe un registro de trabajos similares de acuerdo al alcance que se evidencia en este documento, sin embargo para la decisión de adoptar el estándar Brasileiro Japonés, existe un reporte de varios trabajos relacionados al tema, desde estudios de factibilidad, hasta aplicaciones de interactividad en revisión digital. [4]

En orden al cronograma mencionado varias operadoras han seguido igual camino, por lo que realizar un estudio del comportamiento electromagnético, determinando en primera instancia una zona de cobertura en la ciudad de Quito, y a partir de un estudio de perfil identificar posibles zonas de sombra que de existir necesitarán métodos de radiación adicionales para recibir la cobertura, resulta prioritario con el fin de brindar una referencia a las próximas operadoras al momento de implementar la tecnología de

Televisión Digital o a su vez a las operadoras que ya disponen de esta tecnología una recomendación con el fin de optimizar su servicio.

Este documento está dividido en una parte introductoria que hace mención al estándar adaptado, seguido de una descripción de un protocolo de pruebas a simularse para cotejar estos valores con las muestras de campo obtenidas y poder identificar conclusiones y emitir recomendaciones.

II. HERRAMIENTA DE SIMULACION SIRENET

SIRENET es una aplicación informática que permite la planificación y gestión de redes de radiodifusión en un ambiente muy amigable para el usuario.

Elementos

Contiene en un mismo programa un potente sistema de información geográfica, que permite la representación de entidades y simulaciones radioeléctricas sobre cartografía digital, complementado con los algoritmos de cálculo más difundidos y reconocidos a nivel internacional en materia de comunicaciones inalámbricas.

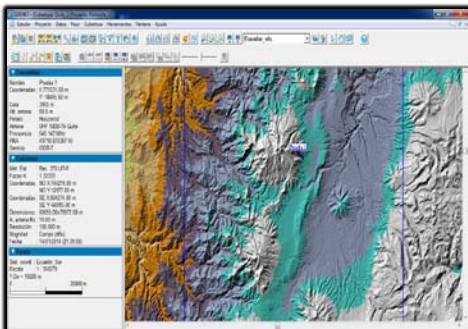


Fig. 1. Herramienta de Simulación Sirenet

Estructura

Tiene su estructura en estudios que ofrecen distintas funcionalidades con gran complejidad que parten desde el simple análisis de la propagación radioeléctrica entre dos puntos, a la asignación automática de frecuencias en una red compuesta por cientos de estaciones de telecomunicaciones o la comprobación del nivel de interferencia producida en todos los puntos del área cubierta por dicha red.

Complementos

Dentro del proceso de simulación en la herramienta descrita es indispensable contar con programas que trabajan paralelamente pues es posible importar mapas georeferenciados a la plataforma de SIRENET, así GOOGLE EARTH es una herramienta que sirve como complemento para identificar coordenadas, perfiles y demás características del terreno en donde se ubican los elementos del Sistema Radiante a ser simulado con mayor precisión y otorgando un escenario más cercano al real.

III. AREA DE ESTUDIO

Definir la zona de estudio, consiste en identificar geográficamente el área o espacio territorial a orientar la investigación, a través de mapas georeferenciados (Google Earth) y pruebas específicas de cobertura en el simulador (SIRENET).

Dado que el umbral mínimo de recepción de señal digital es 51 dB μ V/m, se busca identificar en el mapa, el radio de cobertura o huella digital desde el transmisor hasta el punto en el cual la ICE sea 51 dB μ V/m.

Con estas consideraciones se realiza una primera simulación identificando que la ciudad de Quito y sus valles aledaños son zonas que se ubican dentro del rango de ICE ya definido, determinándose al distrito metropolitano de Quito como la “Zona de Cobertura”.

IV. PARAMETROS DE RADIACION

Hablar de un parámetro es referirse a aquella consideración que determinará lineamientos en un estudio, en virtud a lo mencionado en la presente investigación se considera parámetros de acuerdo a los organismos internacionales de regulación referentes a las tecnologías aquí detalladas. Así, es un valor ya establecido el manejar 51 dB μ V/m como el valor mínimo para garantizar una recepción óptima en una antena receptora de TDT con estándar ISDB- Tb.

Adicionalmente se observa que dentro de los elementos de radiación usados se manejan parámetros propios de los fabricantes como niveles de potencia bajo regulaciones de organismos

internacionales o propios de cada país, en orden a esto se identifica que las estaciones repetidoras GAP FILLERS manejan una potencia máxima de 50 [W]. Las antenas transmisoras manejan una potencia individual de 0.5 [Kw] por antena logrando a través de un arreglo de 2 antenas por sector 1[Kw] y alcanzado una potencia total del transmisor de 2 [Kw].

Los azimuth con los que se orientan las antenas transmisoras 45° y 135° obedecen a un estudio previo de cobertura, línea de vista, propagación y demás variables a nivel de radio frecuencia de acuerdo a la topografía de la ciudad, así como la configuración del Tilt Eléctrico y Tilt Mecánico influye directamente en la forma de onda, zona de cobertura, y forma de propagación de la señal.

Dichas consideraciones son indispensables para garantizar el correcto funcionamiento operativo conforme a las regulaciones de radiación. [5]

V. SIMULACIÓN Y PRUEBAS DE CAMPO

La simulación y las mediciones de campo, proporcionan los datos necesarios para evaluar el desempeño electromagnético de señales digitales de televisión, a partir de la definición de un escenario de interés "Zona de Estudio". Siendo este el Distrito Metropolitano de Quito y bajo la influencia electromagnética del sistema radiante de la Televisión Pública de Ecuador (ECTV).

A continuación en la Tabla 1, se detallan los aspectos técnicos involucrados en la señal digital radiada por ECTV:

TABLE I. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL TRANSMISOR DIGITAL DE ECTV

Site	Power [W]	Azimuth	Nº Antenas	Gain in [dBi]	PARA [W]	Tilt
CerroPichincha	2000	45° y 135°	4	20,5	33145,9	-7°

Para ello fue necesario conocer los niveles de Intensidad de Campo Eléctrico (ICE) y el radio de

cobertura del transmisor digital, simulando Cobertura, Perfil e Interferencia y luego cotejar estos resultados con los arrojados por las mediciones de campo.

Así:

A. Cobertura:

La cobertura obtenida de la simulación del sistema radiante de ECTV, permitió conocer la huella digital sobre la ciudad de Quito que se puede apreciar en la Fig.2.

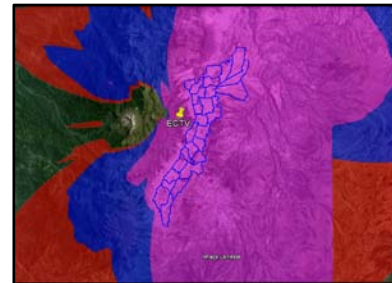


Fig. 2. Tx digital coverage of ECTV in Quito

Observándose una óptima cobertura digital dentro de la ciudad y sus valles aledaños, en la cual aparentemente no existe problemas de recepción de señal de televisión digital.

Ya que la cobertura digital refleja valores por encima del umbral mínimo de recepción digital (51 dBµV/m), definido por el estándar ISDB -Tb. Sin embargo es apresurado afirmar que la intensidad de campo eléctrico (ICE) obtenido en la Zona de Estudio, esta sobre los (51 dBµV/m) necesario para garantizar la recepción digital, ya que existen múltiples factores interferentes que degradan la señal transmitida. Siendo el más relevante y motivo de estudio, la topografía del terreno pues en una ciudad montañosa como es Quito, se observan múltiples obstáculos. [6]

Este estudio topográfico permitió definir dos zonas de sombra que se evidencian en la Fig.3:



Fig. 3.a Zona de sombra Mitad del Mundo.

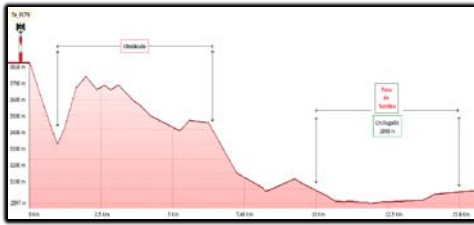


Fig. 3.b Zona de sombra Sur de Quito.

En las figuras anteriores se observa los obstáculos responsables de la degradación de la señal, los cuales afectan a múltiples zonas residenciales y comerciales de la ciudad, donde el (ICE) definitivamente es menor ($51 \text{ dB}\mu\text{V/m}$) y por lo cual no se garantiza la óptima recepción de canales digitales de televisión.

B. Perfil

La simulación de perfil, permitió conocer los niveles de (ICE), presentes en las zonas de sombra definidas en el estudio topográfico de la ciudad de Quito.

Observando que en efecto la distribución electromagnética de la señal digital con relación al perfil topográfico del terreno en la Zonas Sur de Quito y La Mitad del Mundo, presenta niveles cercanos al umbral mínimo de recepción; definido por el estándar ISDB-Tb ($51 \text{ dB}\mu\text{V/m}$).

Los Resultados se evidencian en la Fig. 4.

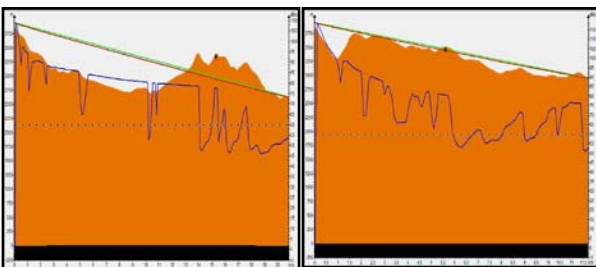


Fig.4a : Perfil Mitad del Mundo Fig.4b: Perfil Sur de Quito.

En ambos casos la simulación nos indica un margen de señal ($< 55 \text{ dB}\mu\text{V/m}$), lo cual indica una alta probabilidad de que existan problemas con recepción de la señal, por ello es necesario cotejar estos resultados con las mediciones de campo.

C. Drive Test

El Drive Test o Mediciones de Campo, permitió recabar información real en cuanto a los niveles de

señal digital radiados en la ciudad de Quito y específicamente en las zonas de sombra.

Estas mediciones fueron efectuadas con un analizador de espectros digital (R&S TV Analyzer ETL), un modulo de posicionamiento global (R & S TSMX –PPS) y una antena UHF de 2.5 m calibrada a la frecuencia digital (545.1428 MHz) del canal (Ch 26).

D. Mediciones

El proceso de medición consistió en recorridos motorizados (Drive Test), durante el cual se toman mediciones constantes de la señal radiada a la frecuencia del canal deseado (Ch 26), si esta lectura es menor a ($51 \text{ dB}\mu\text{V/m}$) se procede a realizar mediciones estáticas de diez minutos en este punto.[7]

Así, se obtuvieron las siguientes muestras.

Zona de sombra Mitad del Mundo, representado en la Fig.3 a.



Fig 5: Muestras tomadas en la ruta, La Pampá – San Antonio – El Condado.

TABLE II. AVERAGE VALUES OF ICE ALONG THE DRIVE TEST

Color	ICE [$\text{dB}\mu\text{V/m}$]	percentage
DARK GREEN	78,49	50%
LIGHT GREEN	60,74	23%
YELLOW	50,52	15%
ORANGE	47,83	12%
RED	42,83	0.1%

Los valores en color naranja reflejan una pésima recepción de la señal digital, los cuales están presentes al inicio de la zona de sombra en la Mitad del Mundo.

Zona de sombra Sur de Quito representado en la Fig.3b.

E. Gap Filler

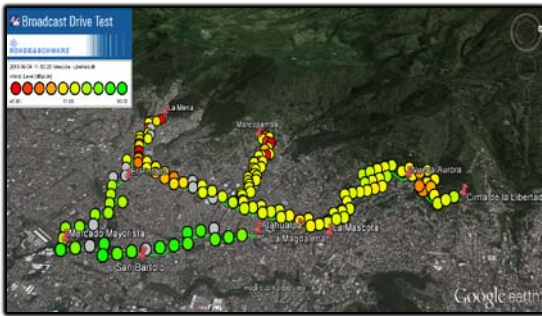


Fig 6: Muestras tomadas en la ruta, Cima de La Libertad – La Mena - Atahualpa.

TABLE III. AVERAGE VALUES OF ICE ALONG THE DRIVE TEST

Color	ICE [dB μ V/m]	Percentage
DARK GREEN	78,49	15%
LIGHT GREEN	60,74	10%
YELLOW	50,52	35%
ORANGE	47,83	33%
RED	42,83	7%

Esta ruta nos muestra valores más críticos en la recepción digital obteniendo un 75% de muestras por debajo (51 dB μ V/m), lo cual nos indica la existencia de una amplia zona de sombra al sur de la ciudad.

Al analizar las mediciones de campo y comparar sus resultados con los datos obtenidos en la simulación de perfil, es concluyente la existencia de dos importantes zonas de sombra:

- Zona de Sombra Sur: Ubicada en la zona suroccidental de la ciudad, a partir de la Av. Mariscal Sucre y hacia la Cima de la Libertad.
- Zona de Sombra Norte: Ubicada en la zona noroccidental de la ciudad, la Parroquia de San Antonio y el monumento a la Mitad del mundo.

En las cuales existe problemas de recepción, tales como congelamiento de imagen, desvanecimiento del audio o definitivamente no hay señal, por ello es importante rellenar estos huecos de cobertura, a través de estaciones reforzadoras de señal o GAPFILLER; que apunten su patrón de radiación de frente a dichas zonas.

Una estación reforzadora de señal, es un dispositivo de repetición de señal, cuya función primordial es rellenar los espacios vacíos (zonas de sombra) no cubiertos por el transmisor principal de la estación. El cual se compone de una antena receptora, un repetidor, un amplificador de señal y una antena de transmisión.

Al contar con una antena de recepción, se debe garantizar que la ubicación del GAPFILLER, este dentro del área protegida en la cual la intensidad de campo eléctrico deberá ser de mínimo de 51 dB μ V/m. Ya que de esta manera se garantiza la recepción de señal digital.

Una vez que el GAPFILLER, ha recibido la señal deseada, el repetidor convierte dicha señal en una de frecuencia intermedia en la cual el canal deseado es filtrado, evitando la retransmisión de señales no deseadas, y posteriormente amplificada y convertida a la frecuencia original de RF; la cual será final mente radiada por la antena transmisora apuntada hacia la zona de sombra previamente definida. [8]

VI. COMPATIBILIDAD

El estudio de compatibilidad de señales, permite conocer sobre la existencia o no de interferencia entre canales adyacentes.

El estudio de compatibilidad permite analizar la intensidad de campo eléctrico en un determinado punto de la ciudad en el cual es óptima la recepción de señal digital. Para ello se ubica un receptor digital en dicho punto, el cual está configurado para discriminar las frecuencias adyacentes no deseadas por medio de un factor de rechazo.

Bajo esta premisa se han definido los siguientes escenarios posibles dentro de la transmisión simultánea de señales, simulando dos casos, en cada uno de estos, transmisión analógica deseada y transmisión digital deseada, dentro del rango de frecuencias definidas en la tabla 7 que se presenta a continuación.[9]

TABLE IV. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL TRANSMISOR DIGITAL DE ECTV

Channel	Frequency (MHz)	ChannelDescription
25	539,142857	Analog
26	545,142857	Digital
27	551,142857	Analog

Obteniendo los siguientes resultados, en cada uno de los escenarios.

1) Una torre de transmisión con dos transmisores a diferentes alturas como se muestra en la Fig.7 .[10]

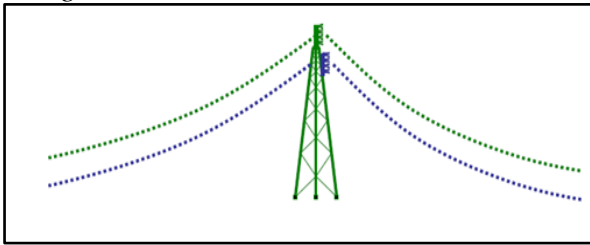


Fig.7: Transmission at different heights

Resultados.

Case 1: Desired analog transmitter				
Measurements	Transmission		Interference	
Power	P_d	-18.198 dBm	P_i	-76.948 dBm
Field	E_d	99.650 dBu	E_i	51.245 dBu
Channel	25	539.1428 Mhz	26	545.1428 Mhz
Case 2: Desired digital transmitter				
Measurements	Transmission		Interference	
Power	P_d	-20.892 dBm	P_i	-75.327 dBm
Field	E_d	97.052 dBu	E_i	51.436 dBu
Channel	26	545.1428 Mhz	25	539.1428 Mhz

TABLE V. POTENCIA Y CAMPO ELÉCTRICO OBTENIDOS DE LA TRANSMISIÓN EN LA MISMA TORRE PERO A DIFERENTE ALTURA.

2) Una torre de transmisión con dos transmisores a la misma altura representada en la Fig. 8 .[10]

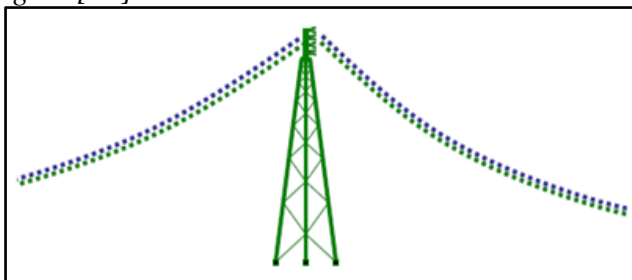


Fig.8: Transmission in the same tower

Resultados.

TABLE VI. POTENCIA Y CAMPO ELÉCTRICO OBTENIDOS DE LA TRANSMISIÓN EN UNA MISMA TORRE Y A LA MISMA ALTURA.

Case 1: Desired analog transmitter				
Measurements	Transmission		Interference	
Power	P_d	-18.198 dBm	P_i	-76.957 dBm
Field	E_d	99.650 dBu	E_i	51.244 dBu
Channel	26	545.1428 Mhz	25	539.1428 Mhz
Case 2: Desired digital transmitter				
Measurements	Transmission		Interference	
Power	P_d	-20.892 dBm	P_i	-75.388 dBm
Field	E_d	97.052 dBu	E_i	51.433 dBu
Channel	26	545.1428 Mhz	25	539.1428 Mhz

3) Dos torres de transmisión

Se simulo la transmisión de señal (Análogo - Digital), ubicando los transmisores en dos torres con la misma altura y a una separación máxima de 2 Km como se muestra en la Fig.8. [10]

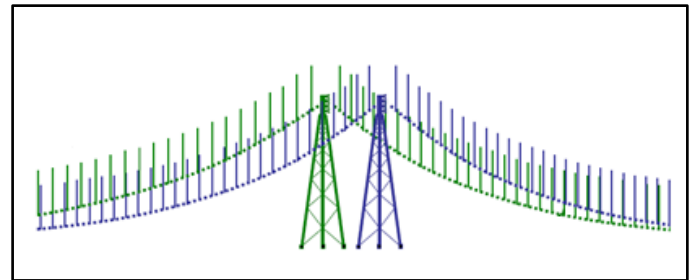


Fig.9 : Transmisión en dos torres.

Resultados.

TABLE VII. Potencia y campo eléctrico obtenidos de la transmisión en dos torres a la misma altura.

Case 1: Desired analog transmitter				
Measurements	Transmission		Interference	
Power	P_d	-18.198 dBm	P_i	-78.206 dBm
Field	E_d	99.650 dBu	E_i	51.168 dBu
Channel	26	545.1428 Mhz	25	539.1428 Mhz
Case 2: Desired digital transmitter				
Measurements	Transmission		Interference	
Power	P_d	-20.892 dBm	P_i	-75.884 dBm
Field	E_d	97.052 dBu	E_i	51.306 dBu
Channel	26	545.1428 Mhz	25	539.1428 Mhz

Las tablas 8, 9 y 10 resumen los efectos de la transmisión de canales adyacentes en las cuales se observa que la potencia interferente es mínima por lo cual podemos concluir que los canales que se tienen al aire no interfieren con sus adyacentes.

VII. ANALISIS DE RESULTADOS

Simulación de cobertura:

Se observo en el Distrito Metropolitano de Quito y sus Valles aledaños, que alrededor del 90 % del área cubierta, presenta una intensidad de campo eléctrico superior ha (51 dB μ V/m).

Simulación de perfil:

Como segundo estudio se realizo la simulación del perfil de terreno, lo cual permitió identificar huecos de cobertura, en donde la intensidad de campo eléctrico (señal recibida), es menor ha (51 dB μ V/m) impidiendo la recepción de la señal digital.

Estableciéndose conforme a los resultados obtenidos en las pruebas de campo dos zonas de sombra, así tenemos:

Sur de Quito: Av. Mariscal Sucre, hacia la cima de la Libertad.

Norte de Quito: Parroquia San Antonio en la Mitad del Mundo.

Estaciones reforzadoras de señal:

Las estaciones reforzadoras o "GAPFILLER", mejorar los niveles de señal en las zonas de sombra de la ciudad de Quito, ya que sus emplazamientos han sido ubicados frente a éstas, consiguiendo que un nuevo patrón de radiación cubra en su totalidad aquellos huecos que el transmisor principal (Cerro Pichincha), no logra cubrir por problemas propios de la topografía de la ciudad. Obteniendo niveles de señal por encima de los 70 dB μ V/m.

Compatibilidad electromagnética:

La simulación de compatibilidad electromagnética nos ha permite observar que no existe interferencia adyacente entre señales Análogo/Digitales, debido a la diferencia en la potencia de transmisión y la tecnología involucrada.

VIII. CONCLUSIONES.

La huella digital obtenida en la ciudad de Quito y sus valles aledaños, refleja condiciones optimas para la recepción de televisión digital, salvo ciertas excepciones (Zonas de Sombras), debido en gran medida a que los emplazamientos de radiodifusión sonora, se encuentran en el cerro Pichincha, facilitando la propagación de la señal con un arreglo sencillo de cuatro o seis paneles, configurados con 1/3 de su potencia máxima de transmisión.

La simulación del Perfil del Terreno y el Drive Test, permitieron discriminar ciertas zonas de la ciudad de Quito en las cuales existen huecos de cobertura, donde la intensidad de campo eléctrico (ICE) está por debajo de los 51 dB μ V/m necesarios para garantizar la recepción digital, en base a esto se define como "Zonas de Sombra", el sur occidente la ciudad de Quito (Av. Mariscal Sucre hacia la cima de la Libertad) y La Parroquia San Antonio en la Mitad del Mundo.

REFERENCES

- [1] L. Chuurei, « Measurement of digital TransmitterNHK-CTI Training Material,» Channel Planning for Digital Terrestrial Television Broadcasting, vol. 1, n° 4, pp. 85-96, 2011.
- [2] ABNT, « Televisión Digital Terrestre,» ABNT Asociación Brasileña de Normas Técnicas, vol. 1, n° 1, pp. 30-66, 2007.
- [3] M. Villamarín, « Implementación de un transmisor de pruebas de TV digital terrestre ISDB-Tb para la emisión de aplicaciones interactivas, pp. 10-30, 2011.
- [4] Superintendencia de Telecomunicaciones del Ecuador, « Informe para la definición e implementación de la televisión digital terrestre en Ecuador», 2010.
- [5] N. Chicago, Radian Engineering Study System ECTV, Quito, pp. 1-10, December 2008.
- [6] B. Pabon, Prosped Technical Standard digital TV Service, Quito, pp. 1-20, October 2011.
- [7] Rohde & Schwarz, "Broadcasting Test and Measurement", Germany, pp 1-48, May 2011.
- [8] Data Sheet OMB Broadcasting, "GapfillerOMB",Italy, pp 1-2, May, 2011.
- [9] H. Katou, "Channel Planing for Digital Terrestrial Television Broadcasting", Japan, pp 28-88, April 2011.

[10] ANATEL, “Digital Terrestrial TV-Channel Planing, Brasilia, pp 34-46, September 2011”

Autores

Francisco Javier Parreño Coba:



Nació en Quito, Ecuador el 8 de Julio de 1987, sus estudios primarios los realizo en la unidad educativa Borja 3 y Pensionado Paulo VI, y sus estudios secundarios en el Instituto Tecnológico Superior Central Técnico. Egresado de la carrera de Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Entre los

campos de intereses se encuentra el estudio de las redes LTE (Long TermEvolution) y la Televisión digital, realizo su proyecto de grado sobre este tema, para obtener el título de ingeniero en el 2014.

Marco Antonio García Benalcazar:



Nació en Ángel, Ecuador el 27 de Agosto de 1986. Sus estudios primarios cursó en la Unidad Educativa Sucre y sus estudios secundarios en el Colegio Nacional del Ángel. Egresado de la carrera de Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Entre sus áreas de interés están las comunicaciones inalámbricas y las redes

celulares. Actualmente trabaja en el área de telefonía celular como ingeniero Wireless, sus anhelos es especializarse en esta rama de las telecomunicacioens.