

16

Fecha de presentación: octubre, 2017
Fecha de aceptación: diciembre, 2017
Fecha de publicación: enero, 2018

RED

TECNO-PEDAGÓGICOS SOBRE LOS USOS DE LAS TIC EN EDUCACIÓN

SINGLE FREQUENCY NETWORK FOR A UHF TELEVISION CHANNEL

Diego Aguirre González¹
E-mail: diegofag76@gmail.com
Jaime Benítez Enríquez²
E-mail: benitezenriquezjaime@gmail.com
Carlos Nazareth Motta Marin³
E-mail: carlosn@inatel.br

¹ Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil. República del Ecuador.

² Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). República del Ecuador.

³ Instituto Nacional de Telecomunicações (INATEL). Santa Rita. Brasil.

Cita sugerida (APA, sexta edición)

Aguirre González, D., Benítez Enríquez, J., Motta Marin, C. (2018). Red de frecuencia única para un Canal de Televisión UHF. *Universidad y Sociedad*, 10(1), 117-124. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>

RESUMEN

La recepción de una señal de televisión abierta en varios sectores de la ciudad de Guayaquil, tiende a ser de muy mala calidad o simplemente no puede ser percibida por el usuario, dichos sectores técnicamente son denominados como "zonas de sombra". Gracias a la incursión de la Televisión Digital Terrestre, y la adopción en el 2010, por parte del gobierno ecuatoriano, del estándar Brasileño-Japones ISDB-Tb, se presenta en este proyecto una solución basada en mediciones de campo que permitirán desarrollar un esquema de Red de Frecuencia Única, que garantice una transmisión de alta calidad en toda la zona urbana de la ciudad de Guayaquil. Para poder desarrollar el respectivo diseño de red, se realizaron mediciones de campo en 24 puntos estratégicamente determinados en la ciudad de Guayaquil, utilizando para dicho cometido, un analizador de espectro y un Receptor cargado con el estándar. Dichas mediciones permitirán determinar, las zonas de sombras y los parámetros técnicos más adecuados para el funcionamiento de la red. En base a los resultados obtenidos de los diferentes escenarios de propagación de señal, se podrá generar un diseño único y un mapa virtual detallando el comportamiento de la señal de televisión, lo que a su vez permitirá determinar los parámetros óptimos necesarios para la operación de los transmisores de Televisión Digital Terrestre en la ciudad de Guayaquil.

Palabras clave: Red de Frecuencia única, Gap Fillers, Dinámica de Sistemas, Telecomunicaciones, Red Redistributiva, Televisión Digital Terrestre, ISDB-Tb.

ABSTRACT

Receiving a broadcast television signal in different zone of Guayaquil's city, tends to be of very poor quality or simply can not be perceived by the customers, these sectors are technically called as "shadow zones". Thanks to Digital Terrestrial Television's introduction, and the adoption in 2010 by the Ecuadorian government, of the Brazilian - Japanese ISDB-Tb standard, this Project presents a solution based on field measurements that will develop a scheme Single Frequency network, which ensures high quality transmission through the urban area of Guayaquil's city. In order to develop the respective network design, field measurements were performed on 24 points strategically determined in Guayaquil, using for that purpose, a spectrum analyzer and Receiver Loaded with the standard. These measurements will determine shadow areas and the most suitable technical parameters for the operation of the network. Based on the results of the different signal propagation's scenarios, it can be generate a unique design and a virtual map detailing the behavior of the television signal, which at the same time will determine the optimal parameters necessary for the transmitters Digital Terrestrial Television's operation in Guayaquil's city.

Keywords: Single Frequency Network, Gap Fillers, System Dynamics, Telecommunications, Redistributive Network, Digital Terrestrial Television, ISDB-Tb.

INTRODUCCIÓN

Debido a la alta densidad de población que se encuentra distribuida en las zonas de sombras y al constante crecimiento urbanístico de la ciudad, se vuelve imperioso tomar acciones correctivas para solucionar el inconveniente antes mencionado. Cabe indicar que dichas acciones deben de considerar que el espectro radioeléctrico es un recurso natural limitado y complejo de concesionar, por lo tanto se debe optimizar la utilización del mismo en los sistemas de radiocomunicación (Weinstein, 1971).

Como acciones principales para apalejar la mencionada situación y en consecuencia a la evolución constante de la tecnología y la propia necesidad que se crea en las personas por esta situación, el Ecuador decide unirse a este cambio relacionado a la revolución de la televisión, es decir la transformación de la Televisión abierta analógica a la Televisión Abierta Digital. Por tal motivo y posterior a una ardua deliberación de pruebas comparativas técnicas físicas y teóricas entre los distintos estándares de TDT (Televisión Digital Terrestre) a nivel mundial, mediante Resolución No. 084-05-CONATEL-2010 del 25 de marzo del 2010 se adopta el Estándar Brasileño-Japonés ISDB-Tb.

Debido al amplio crecimiento del número de usuarios que acceden al servicio de Televisión abierta en el país, según datos obtenidos por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censo (2012), se conoce que el 61,7 % de la población guayaquileña ven televisión en un promedio de 3 horas diarias (República del Ecuador. Ministerio de Telecomunicaciones, 2015), considerando las bondades que nos ofrece este servicio con el constante desarrollo tecnológico y la convergencia de redes, demandan que la propagación de estas señales sea de alta calidad, movilidad, portabilidad e interactividad, por lo tanto es necesario que las empresas televisivas estén en la capacidad de realizar dicho trabajo implementando un adecuado despliegue tecnológico para tener la cobertura necesaria dentro de la ciudad, sin que la geografía de la misma cause inconvenientes en la propagación de la señal.

Por lo antes mencionado, es necesario desarrollar una solución fiable que permita tener un óptimo comportamiento de propagación de la señal de televisión abierta, que garantice la inclusión y comunicación de todos los sectores sociales de la ciudad de manera libre y gratuita, debido a se espera que este servicio pueda generar contenidos que fomenten el crecimiento cultural y educativo de la sociedad a cero costos. Hoy en día, en la ciudad de Guayaquil, las estaciones de televisión operan únicamente con un transmisor de señal lo que conlleva a que no se cumpla con la cobertura requerida para las funciones antes mencionadas, por lo tanto es necesario que existan soluciones

que optimicen la transmisión de la señal y cubrir las denominadas zonas de sombras (García, Rodríguez & Castillo, 2002).

Para mejorar la cobertura de la señal de televisión digital, se pueden plantear distintas soluciones, para ello, y considerando como principal contribución del trabajo, se presentará un diseño único para la ciudad de Guayaquil, que fundamente teórica y prácticamente los requerimientos necesarios para el despliegue una Red Única de frecuencia (SFN) de transmisión ISDB-Tb, de tal manera que optimice la concesión del espectro radioeléctrico mejorando la cobertura geográfica donde opere el sistema de transmisión. En base a los resultados obtenidos de los diferentes escenarios de propagación de señal, se podrá generar un mapa virtual detallando el comportamiento de la señal de televisión, lo que a su vez permitirá determinar los parámetros óptimos necesarios para la operación de los transmisores de Televisión Digital Terrestre en la ciudad de Guayaquil (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2007).

En el presente artículo, tiene como objetivo, analizar el comportamiento de una señal de televisión Digital Terrestre en base a mediciones de campo, para determinar un esquema de Red de Frecuencia Única que garantice una transmisión de alta calidad en la ciudad de Guayaquil. Se encontrará las "zonas de sombras" determinadas mediante mediciones de cobertura de propagación de una señal de Televisión Digital en la ciudad de Guayaquil, considerando que los transmisores actuales se encuentran operando en el Cerro del Carmen; finalmente determinará los parámetros técnicos más adecuados para un transmisor de señal de Televisión Digital en la ciudad de Guayaquil, así como un diseño de Red Única de Frecuencia factible económica y técnicamente para operar en la ciudad de Guayaquil, sin que la reutilización de frecuencia ocasione interferencia entre los transmisores.

DESARROLLO

A continuación se presenta los parámetros técnicos con los que se encuentra configurado actualmente el transmisor (Tabla 1):

Tabla 1. Parámetros Operación del Transmisor.

Parámetros Técnicos	
Frecuencia Autorizada	536 – 542MHz
Ancho de Banda	6MHz
Sistema Radiante	Arreglo de 20 paneles UHF
Patrón de Radiación	Omnidireccional

Ganancia	11,3dBi
Polarización de antena	Horizontal
Perdidas	2dB (1,5 dB de pérdidas por cable y 0,5 db de pérdida por el combinador)
Potencia de transmisor	4,43KW
Modulación	Capa A: QPSK Capa B: 64 QAM
Intervalo de Guarda	1/8
FEC	2/3
Formato de Operación	HDTV (1080i)
Modo de Operación	8K (Modo 3)

Una vez realizada las mediciones, se observaron distintos comportamiento de la señal, para demostrar dichos resultados a continuación se presentará los 3 escenarios distintos observados:

En el punto 1, la imagen del canal 25 se “frezza” de manera constante, se observa una gran cantidad de errores en la recepción según lo determina la figura 1, y se puede determinar que existen pequeñas señales que llegan fuera del intervalo de guarda que pueden afectar a la señal principal, según se aprecia en la figura 2. En la Figura 3 se puede observar que la señal se recibe con una intensidad de campo de 47,46 dBuV/m inferior a lo que indica la normativa técnica del Ecuador (51 dBuV/m).

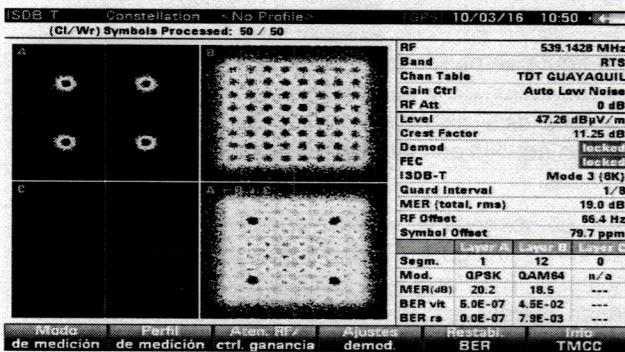


Figura 1. Diagrama de constelación del Punto 1.

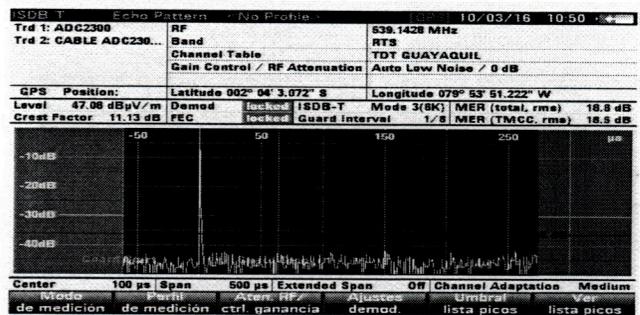


Figura 2. Intervalo de Guarda del Punto 1.

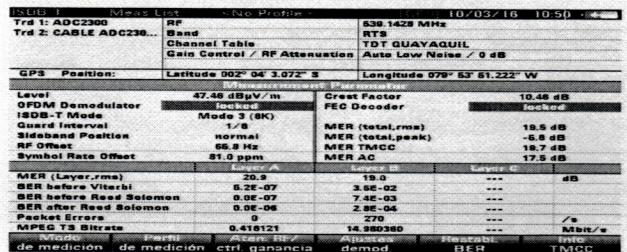


Figura 3. MER, BER y Potencia de Recepción.

Otro escenario encontrado es el del punto 3, en esta medición la imagen del canal 25 se demodula sin inconvenientes, por ello no se observa gran cantidad de errores en la recepción según lo determina la figura 4, y se puede observar que no se reciben señales fuera del intervalo de guarda establecido en el transmisor, según se aprecia en la figura 5. En la Figura 9 se puede observar que la señal se recibe con una intensidad de campo de 71,57 dBuV/m, valor que se encuentra por encima a lo que indica la normativa técnica del Ecuador (51 dBuV/m).

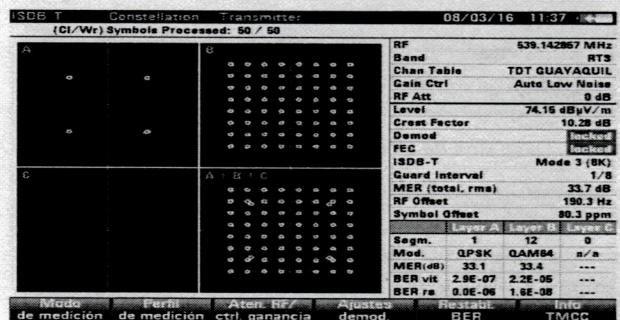


Figura 4. Diagrama de Constelación del Punto 3.

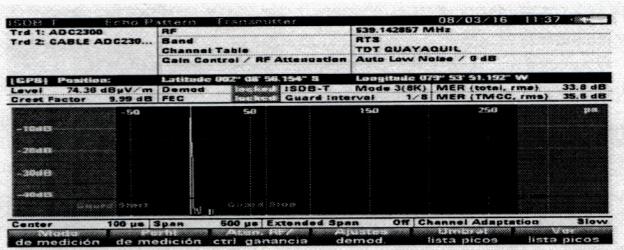


Figura 5. Diagrama de Constelación del Punto 3

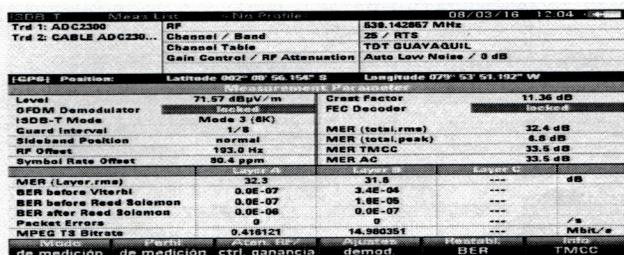


Figura 6. MER, BER y Potencia de Recepción.

Finalmente el tercer escenario, descrito por las mediciones del punto 5, se puede determinar que la señal se recepta con tan baja calidad que no se puede obtener resultados de las mediciones técnicas de dicho punto (figura 7 y 8).

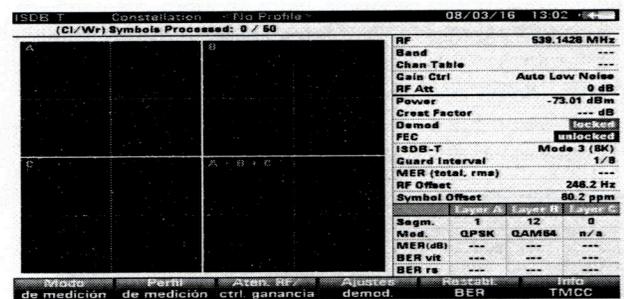


Figura 7. Diagrama de Constelación del Punto 5.

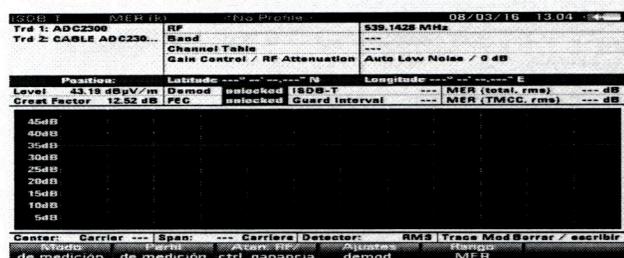


Figura 8. Intervalo de Guarda del Punto 5.

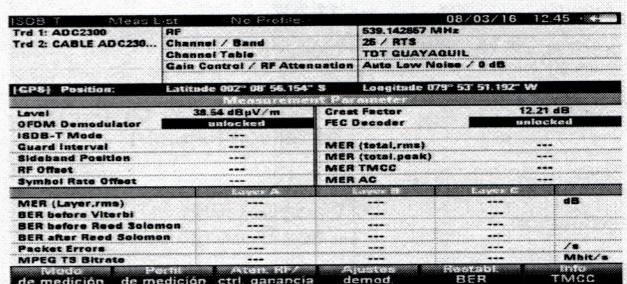


Figura 9. MER, BER y Potencia de Recepción.

Para verificar el comportamiento de la señal según lo estipulado en las mediciones de campo, se procedió a realizar la simulación de propagación del canal 25 utilizando los parámetros establecidos anteriormente, y haciendo uso del modelo de propagación de la Recomendación UIT-R P.1546-5 (Figura 9).

La simulación realizada en el software Radio Mobile, muestra el siguiente mapa digital (Figura 10):

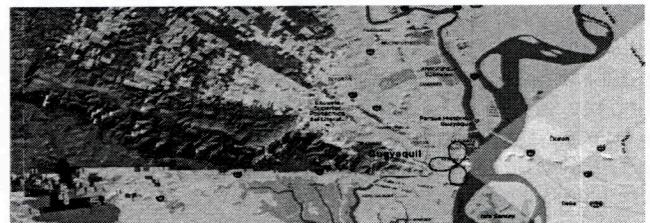


Figura 10. Propagación de la señal canal 25.

En la figura se puede apreciar la zona amarilla muestran la propagación de la señal con una intensidad de campo superior a los 51dBuV/m, por otro lado, las zonas de color rojo, son aquella con intensidad de campo menores a las indicadas.

Luego de observar las posible zonas de sombras que se observan en la figura 13, se procede a realizar una nueva simulación, pero esta vez incluyendo 4 Gap Fillers, que podrían ayudar a cubrir las zonas antes mencionadas (Figura 11).



Figura 11. Propagación de la señal canal 25 con Gap Fillers.

En la figura se puede observar que al colocar los amplificadores de la señal en los lugares establecidos, se puede tener una cobertura total de la ciudad, incluyendo

las zonas de sombras. Por ello en la siguiente sección se explicara la ubicación y características de los mencionados Gap Fillers.

Luego del análisis realizado en el presente trabajo y con los distintos datos de cada uno de los puntos, se ha podido determinar técnicamente cuales son las zonas de sombras ubicadas en la ciudad de Guayaquil, correspondiente a las mediciones del canal 25. Es importante mencionar que además de la verificación de los parámetros técnicos, se consideró la demodulación de la señal en un televisor cargado con el estándar ISDB-Tb.

Se ha considerado determinar como zona de sombra, aquellos lugares en donde no se ha podido de modular la señal, y en donde los niveles de intensidad de campo y de MER son bastante bajos. Se observa que existen zonas en donde se aprecian señales que llegan fuera del intervalo de guarda, donde dichas señales tienen una amplitud que causan interferencia por multicamino en la señal receptada. Por lo antes mencionado, a continuación se determinan que las zonas de sombras son:

Punto 1 – Mucho Lote II:

- Intensidad de Campo: 47,46 dB μ V/m
- MER: 19,5 dB

Punto 5 – Ceibos:

- No se pudo obtener datos, debido a la mala calidad de señal.

Punto 6 – Puertas del Sol:

- No se pudo obtener datos, debido a la mala calidad de señal.

Punto 7 – Suburbio:

- Intensidad de campo: 50,29 dB μ V/m
- MER: 18,9 dB

Punto 9 – Bellavista:

- No se pudo obtener datos, debido a la mala calidad de señal.

Punto 10 – Casuarina:

- Intensidad de campo: 47,86 dB μ V/m
- MER: 17,6 dB

Punto 23 – Estadio Monumental:

- Intensidad de campo: 48,56 dB μ V/m
- MER: 19 dB

Punto 24 – Cerro Colorado:

- No se pudo obtener datos, debido a la mala calidad de señal.

Se puede indicar que de las 24 mediciones realizadas, 8 de ellas, han sido determinadas como zonas de sombras dentro de la ciudad de Guayaquil la mayoría de ellas en el límite urbano de la ciudad.

Una de las consideraciones más importantes en el diseño de una red de frecuencia única, es la sincronía que debe de existir en toda la red de transmisión, tanto en tiempo como en frecuencia. Cualquier falla en la sincronización antes mencionada, causara que la red opere incorrectamente. Razón por la cual, en el presente proyecto presentamos a continuación, la topología que creemos conveniente utilizar para el escenario de la ciudad de Guayaquil.

La red de difusión que se utilizara para cubrir la zonas de sombras, está formada por los Gap Fillers que recibirán la señal que proviene del transmisor, considerando que entre cada uno de los Gap Fillers y el Tx existe línea de vista, los cuales cubrirán una área limitada de la ciudad de Guayaquil. Es importante mencionar que para el diseño se considera el transmisor principal que actualmente se encuentra operando en canal 25, ubicado en Cerro del Carmen.

De acuerdo a lo indicado, y considerando las zonas de sombras en la ciudad, se ha determinado la necesidad de colocar 4 Gap Fillers, tal como lo describe la figura 12.

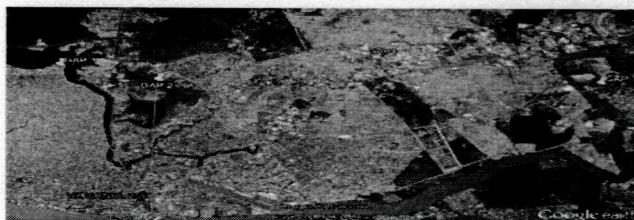


Figura 12. Topología entre Transmisor y Gap Fillers.

En la figura adjunta, se puede observar que se forma una red tipo Estrella, la cual estará formada por los Gap Fillers ubicados en los siguientes puntos:

Gap 1:

- Latitud: 2° 3'21.94"S
- Longitud: 79°55'23.05"O
- Altura: 100 mts (ASNM)
- Sector: Noreste via a la Aurora
- Distancia entre Tx y Gap Filler: 14,4 kmts.

Gap 2:

- Latitud: 2°10'34.02"S
- Longitud: 79°56'4.47"O
- Altura: 160 mts (ASNM)
- Sector: Cerro San Eduardo – Ceibos
- Distancia entre Tx y Gap Filler: 5,75 kmts.

Gap 3:

- Latitud: 2°12'12.94"S
- Longitud: 79°56'40.93"O
- Altura: 160 mts (ASNM)
- Sector: Suroeste – La perimetral
- Distancia entre Tx y Gap Filler: 7,41 kmts.

Gap 4:

- Latitud: 2° 7'7.74"S
- Longitud: 79°56'42.19"O
- Altura: 40 mts (ASNM)
- Sector: Noroeste – Casuarina
- Distancia entre Tx y Gap Filler: 9,62 kmts

Es importante mencionar que el estudio, lugar donde se genera la información y por ende el *Transport Stream* y el *Broadcast Transport stream*, se encuentra ubicado en el mismo lugar que el transmisor, por lo tanto no existirá la necesidad de comunicar estos sitios mediante un enlace microonda, lo cual es una gran ventaja frente a otros escenarios.

Considerando la normativa técnica, en donde se estipula que la duración del intervalo de guarda depende de la configuración de dicho intervalo y el Modo de operación, es necesario realizar el siguiente cálculo (Ecuación 1):

Ecuación 1. Velocidad con que viaja la onda.

$$v = \frac{e}{t}$$

Donde v corresponde a la velocidad con que viaja la onda, asumiendo que es la velocidad de la luz = 3×10^8 m/s; e es la distancia que existe entre el transmisor y cada uno de los Gap Fillers y t será el tiempo que demora el bit en llegar a cada gap filler desde el transmisor.

Por otro lado, es pertinente indicar que actualmente el transmisor se encuentra operando con un Intervalo de Guarda de 1/8 configurado en Modo 3, y según indica la normativa técnica, el tiempo estimado de duración de dicho intervalo de guarda será de 126 μ seg; por ende a continuación se presenta el cálculo aproximado en viajar un bit desde el transmisor hacia cada uno de los Gap Filler (Ecuación 2 a la 5):

Ecuación 2. Cálculo del tiempo en que toma llegar un bit desde el Transmisor hasta el Gap Filler 1:

$$t_{Tx-Gap1} = \frac{14400 \text{ mts}}{3 \times 10^8 \frac{\text{mts}}{\text{seg}}}$$

$$t_{Tx-Gap1} = 48 \mu\text{s}$$

Ecuación 3. Cálculo del tiempo en que toma llegar un bit desde el Transmisor hasta el Gap Filler 2:

$$t_{Tx-Gap2} = \frac{5750 \text{ mts}}{3 \times 10^8 \frac{\text{mts}}{\text{seg}}}$$

$$t_{Tx-Gap2} = 19,16 \mu\text{s}$$

Ecuación 4. Cálculo del tiempo en que toma llegar un bit desde el Transmisor hasta el Gap Filler 3:

$$t_{Tx-Gap3} = \frac{7410 \text{ mts}}{3 \times 10^8 \frac{\text{mts}}{\text{seg}}}$$

$$t_{Tx-Gap3} = 24,7 \mu\text{s}$$

Ecuación 5. Cálculo del tiempo en que toma llegar un bit desde el Transmisor hasta el Gap Filler 4:

$$t_{Tx-Gap4} = \frac{9620 \text{ mts}}{3 \times 10^8 \frac{\text{mts}}{\text{seg}}}$$

$$t_{Tx-Gap4} = 32,06 \mu\text{s}$$

De acuerdo a lo descrito, se puede indicar que dentro del análisis de nuestra red, considerando cada uno de los Gap Filler, el tiempo de arribo del bit es menor que el tiempo de duración del intervalo de guarda, es decir, si consideramos que Gap Filler lo ubicaremos a 14,4 Kmts de distancia (considerando el GAP4 como el más lejano) del transmisor, el bit llegara al mismo en un tiempo aproximado de 48 μ seg.

De igual manera y realizando un análisis similar entre los Gap Fillers, se puede apreciar en la figura 5.3.1.1.2 que el tiempo de arribo de bit entre dichos Gap Filler, se encuentra por debajo de la duración del intervalo de guarda. Se ha considerado como referencia el GAP3 debido a que es el más alejado de todos los demás.

A continuación se presentan los cálculos necesarios para demostrar los resultados de la figura (ecuación 6).

Ecuación 6. Cálculo para muestra de resultados.

$$t_{Gap3-Gap2} = \frac{3260 \text{ mts}}{3 \times 10^8 \frac{\text{mts}}{\text{seg}}}$$

$$t_{Gap3-Gap2} = 10,70 \mu\text{s}$$

$$t_{Gap3-Gap1} = \frac{16500 \text{ mts}}{3 \times 10^8 \frac{\text{mts}}{\text{seg}}}$$

$$t_{Gap3-Gap1} = 55,16 \mu\text{s}$$

$$t_{Gap3-Gap4} = \frac{9360 \text{ mts}}{3 \times 10^8 \frac{\text{mts}}{\text{seg}}}$$

$$t_{Gap3-Gap4} = 32,0 \mu\text{s}$$

En el presente proyecto, se propone desarrollar una red de tipo "Repetición", anteriormente, debido a que la información transmitida por el Transmisor a cada uno de los repetidores o Gap Fillers, se realiza utilizando la misma frecuencia RF del canal 25. Esta tipología de red tiene la gran ventaja de que permite llegar a las zonas de sombras, sin la necesidad de tener enlaces dedicados para llegar a los Gap Fillers, puesto que son alimentados por la misma señal del transmisor.

Debido a que la geografía de la ciudad de Guayaquil y considerando la ubicación apropiada de cada uno de los Gap Fillers, es posible aplicar este tipo de red.

Para evitar la posible interferencia que pueda causar la señal de los retransmisores o Gap Fillers, se configurara en cada uno de ellos el Cancelador de Eco, que a pesar que aumenta el procesamiento de los equipos, permite eliminar las posibles interferencias mencionadas.

Para mejorar la selectividad del canal y reducir los riesgos de realimentación, la señal de entrada se pasa a frecuencia intermedia para ser convertida, de nuevo, a la frecuencia del canal de emisión idéntica a la de recepción y, posteriormente, se amplifica hasta la potencia de emisión y se envía al sistema radiante. Por el hecho de trabajar a la misma frecuencia, el uso de gap-fillers impone restrictivas condiciones en cuanto aislamiento entre la entrada y la salida del reemisor, el nivel mínimo de señal necesario a la entrada y la ganancia que es posible conseguir.

La misión del reemisor isofrecuencia para TDT es la de cubrir huecos en la cobertura de una red ISDB-Tb. Para ello se debe recibir suficiente nivel de señal múltiple que se desee remitir. La señal se recibe por una antena de recepción y, una vez filtrada y amplificada se emite por una antena de emisión en el mismo canal por el que se ha

recibido. El nivel de potencia a la entrada de los equipos necesario es de -47 dBm +- 15 dB. El problema principal de un reemisor es el de la realimentación. El aislamiento entre las ondas emitidas y recibidas no es ideal, las ondas emitidas por la antena transmisora son recibidas por la antena receptora y amplificadas por el reemisor en un proceso recursivo que podría saturar al sistema.

En función del aislamiento entre la transmisión y la recepción en el centro, y de las características del reemisor, en particular de la utilización o no de un cancelador de ecos, la ganancia del reemisor estará limitada a un valor más o menos bajo. Debido a que utilizaremos una red de Repetición. Los parámetros de los Gap Fillers (Tabla 2) son:

Tabla 2. Parámetros de la Red SFN.

Parámetros Técnicos	
Polarización de la Antena	Horizontal
Número de Dipolos	2
Ganancia	9dBi
Potencia	250W
Perdidas de la Línea	2dB
Azimut	300
Angulo de abertura de cada panel	300
Gap Filler 1	2 Paneles
Gap Filler 2	1 Panel
Gap Filler 3	3 Paneles
Gap Filler 4	2 Paneles

Es importante mencionar que los datos descritos en la tabla presentada, han sido consolidados en base a los resultados obtenidos en la simulación, de tal manera que a pesar que no se tiene mediciones en campo del comportamiento de cada señal emitida por los Gap Fillers, se tiene una aproximación facilitada por el software utilizado.

CONCLUSIONES

Gracias a las mediciones de campo realizadas en los 24 puntos de medición, se ha podido analizar el comportamiento de la señal del canal 25 de televisión digital terrestre, lo cual facilito las pautas para establecer la ubicación y el equipamiento necesario (Gap Fillers), de tal manera que podamos mejorar la calidad de la transmisión de la señal en el aspecto de cobertura.

Del análisis realizado en el presente trabajo se ha podido concluir, que dentro de la parte urbana de la ciudad de Guayaquil se ha encontrado la existencia de 8 zonas de sombras, formadas por la baja calidad en la recepción de

la señal de televisión digital terrestre, considerando las mediciones realizadas al canal 25 UHF.

Se ha podido determinar que para cubrir las zonas de sombras existente en la ciudad de Guayaquil, es necesario colocar 4 Gap Fillers distribuidos en los puntos mencionados en el trabajo con una Potencia de 250W y una ganancia de 9dBi, así como utilizar un tipo de red de Redistribución considerando la línea de vista existente entre el Transmisor ubicado en cerro del Carmen y cada uno de los Gap Fillers.

Finalmente se puede concluir que el diseño de red presentado en el proyecto, es factible desde el punto de vista técnico y económico, considerando que se va a poder mejorar considerablemente la cobertura de la señal dentro de la ciudad de Guayaquil, sin la necesidad de concesionar una nueva frecuencia, lo que a su vez conlleva a hacer más atractivo pautar para dicho canal de televisión, puesto que la penetración del servicio sería mucho más amplio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación Brasileña de Normas Técnicas. (2007). ABNT NBR15601. Norma brasileña. Rio de Janeiro: ABNT.
- García, J., Rodríguez, O., & Castillo, J. (2002). Desempeño de Modelos de Propagación en Comunicación Móvil para la zona de Caldas. X Congreso Internacional de Telecomunicaciones. Valdivia.
- República del Ecuador. Agencia Nacional de Regulación y Control de las Telecomunicaciones. (2015). Normativa técnica para el servicio de radiodifusión de televisión abierta analógica. Quito: ARCOTEL.
- Weinstein, S. B. (1971). Data Transmission by Frequency-Division Multiplexing Using The Discrete Fourier Transform. IEEE Transactions On Communication Technology, 628-634.