

ESTIMACIÓN DE LA SEÑAL DE TV EN BANDA VHF

José María Montoya Flores

Instituto Politécnico Nacional, CITEDI

jmontoya@citedi.mx

Andrés Calvillo Téllez

Instituto Politécnico Nacional, CITEDI

calvillo@citedi.mx

José Cruz Núñez Pérez

Instituto Politécnico Nacional, CITEDI

nunez@citedi.mx

Resumen

El presente artículo trata sobre la estimación de la señal de una estación de TV en la banda VHF en un área de terreno geográficamente irregular. La potencia aparente radiada de 40 kilowatts en las frecuencias de 60 a 66 MHz. Se calcularon las pérdidas de espacio libre, pérdidas en la estación transmisora, pérdidas por conectores y se determinó el área de cobertura, marcando las zonas oscuras o de no recepción. Se presentan las lecturas de campo eléctrico y la zona geográfica de mayor recepción.

Palabra(s) Clave(s): Cobertura VHF, perfil de trayectoria, pérdidas de propagación en espacio libre, potencia aparente radiada.

1. Introducción

Uno de los principales inconvenientes con los que debe enfrentarse la recepción de señales de VHF de televisión es la degradación de la señal e interrupciones súbitas, en zonas urbanas donde la topografía y el nivel de ruido radioeléctrico van en constante aumento. Es un desafío, lograr buena calidad de imagen en una zona amplia con topografía rugosa. Para lograr una buena calidad de señal se debe estimar la intensidad del campo electromagnético en puntos

distantes de la fuente de radiación; considerando elementos que pueden degradar la calidad de la señal, tal es el caso de zonas de topografía irregular como montes, lomas, rocas y no es común encontrar zonas planas o fuentes de agua; también influye el factor climático, como uno de los que deterioran la señal, produciendo atenuaciones y perturbaciones de la señal [1- 3]. Estas degradaciones se pueden apreciar en la figura 1 [4], en verde la zonas de mayor intensidad, la amarilla de mediana y la ausencia de color presenta las zonas de sombra o ausencia de señal, donde el punto en blanco es el lugar del centro de radiación, que coincide con el punto más alto de la mancha urbana y a partir de ahí la atenuación que sufre la señal por el efecto de propagación en el espacio libre.

Figura 1 Centro de radiación y cobertura.

2. Desarrollo

El procedimiento a seguir para estimar la señal de buena calidad a un punto distante 10 km de la estación de TV, primero se debe de localizar la mancha urbana y las zonas de futuro crecimiento poblacional, una vez localizado al grueso de la población dirigir el lóbulo principal de radiación sobre esa zona, medir el máximo alcance (D) al centro de radiación, que en este caso resultó de 10 km, a partir de aquí se selecciona la potencia a radiar (PT), la altura de la antena sobre

el nivel del suelo, localizar el área bajo la cobertura y levantar los perfiles de las trayectorias de tal forma que se puedan visualizar las zonas oscuras o de no-recepción del canal y la zona de máxima radiación, asimismo se estima que la cobertura no rebase los 50 km de penetración en la frontera, para asegurar que mas allá de los 100 km puedan utilizar la misma frecuencia de los 60-66MHz.

Dicho lo anterior, se calcula la Potencia Aparente Radiada (PAR), ecuación 1.

$$PAR_{dB} = PT_{(dB)} + GT_{(dB)} \quad (1)$$

Se determina cuanta degradación de la señal al punto fijado, obteniendo así la pérdida en trayectoria por el espacio libre (L_p), que suele definir como la pérdida de potencia sufrida por la frecuencia de la portadora (f) de la señal de radio al propagarse en línea recta por el vacío, sin absorción ni reflexión de energía en objetos cercanos, las pérdidas son directamente proporcionales a la distancia de separación (D) entre transmisor y receptor, siendo estas de la ecuación 2.

$$L_{p(dB)} = 32.4 + 20 \log f_{(MHz)} + 20 \log D_{(km)} \quad (2)$$

Cuanta degradación sufrió el PAR, antes de arribar al receptor, denominada como Potencia de recepción (P_r), es la suma logarítmica de la Potencia de transmisión (P_t), Pérdida de la línea de transmisión (L_t), Ganancia relativa de la antena (A_t) respecto a una isotrópica, Pérdida en espacio libre (L_p), Ganancia de la antena de recepción con respecto a una isotrópica (A_r), Pérdidas de línea del receptor (L_r), la señal de arribo al receptor se calcula como se muestra en la ecuación 3, [7-12].

$$P_{r(dBm)} = P_{t(dBm)} - L_{t(dB)} + A_{t(dB)} - L_{p(dB)} + A_{r(dB)} - L_{r(dB)} \quad (3)$$

El Margen de umbral (M_u) permite identificar la capacidad del enlace para soportar los embates climáticos, meteorológicos y topográficos, antes de que se desvanezca la señal de recepción (P_r) en el momento de tocar el piso del Umbral de recepción o sensibilidad del equipo receptor (U_r). y se pierda el enlace, ecuación 4.

$$M_{u(dB)} = P_{r(dBm)} - U_{r(dBm)} \quad (4).$$

Al propagarse una onda electromagnética por la atmósfera terrestre, la señal puede tener pérdidas intermitentes de intensidad, además de la pérdida normal en la trayectoria. Esas pérdidas se pueden atribuir a diversos fenómenos que incluyen efectos de corto y largo plazo. Esta variación en la pérdida de la señal se llama desvanecimiento y se puede atribuir a perturbaciones meteorológicas como lluvia, nieve, granizo, etc.; a trayectorias múltiples de transmisión y a una superficie terrestre irregular. Para tener en cuenta el desvanecimiento temporal, se agrega una pérdida adicional de transmisión a la pérdida en trayectoria normal. A esta pérdida se le llama *margen de desvanecimiento* [12-16]. El margen de desvanecimiento se incluye en la ecuación de ganancia del sistema para considerar las características no ideales y menos predecibles de la propagación de las ondas de radio, como por ejemplo la propagación por trayectorias múltiples (pérdidas por trayectorias múltiples) y la sensibilidad del terreno. El margen de desvanecimiento también tiene en cuenta los objetivos de confiabilidad del sistema, ecuación 5.

$$F_M = 30 \log D + 10 \log(6ABf) - 10 \log(1 - R) - 70 \quad (5)$$

Siendo:

F_M Margen de desvanecimiento [dB]

D Distancia entre transmisor y receptor [km]

f Frecuencia de la portadora [GHz]

A Factor de rugosidad:

- 4 sobre agua o sobre un terreno muy liso
- 1 sobre un terreno promedio
- 0.25 sobre un terreno muy áspero y montañoso

B Factor para convertir la peor probabilidad mensual en probabilidad anual:

- 1 para pasar una disponibilidad anual a la peor base mensual
- 0.5 para áreas calientes y húmedas
- 0.25 para áreas continentales promedio
- 0.125 para áreas muy secas o montañosas

El factor (1-R) para una distancia distinta de 400 km es como se muestra en la ecuación 6.

$$(1 - R) = \frac{0.0001 \times D}{400} \quad (6)$$

Para que el sistema cumpla con el objetivo de confiabilidad, se requiere que el margen de umbral del sistema (M_u), sea mayor al margen de desvanecimiento (F_M), ecuación 7.

$$M_u \geq F_M \quad (7)$$

Otra métrica importante es el tiempo de indisponibilidad de la señal al aire (P), que se estima por factores como: confiabilidad (R) corresponde al porcentaje de tiempo probable que un enlace no se interrumpe al mantener su nivel dentro del margen de desvanecimiento (F_M), la frecuencia de la portadora (f), la confiabilidad del sistema (R) y la distancia entre transmisor y receptor (D), ecuaciones 8 y 9

$$P = 6 \times 10^{-7} \times C \times f_{GHz} \times D^3 \times 10^{-F_M (dB)/10} \quad (8)$$

$$R = (1 - P) \times 100 \quad (9)$$

3. Resultados

Se presentan las lecturas de la instrumentación, posicionando a los aparatos de medición para el levantamiento de la medición del campo lejano, los datos obtenidos se muestran en la tabla 1, mientras que en la tabla 2 se tienen los datos suministrados al enlace; en la figura 2 [4] se muestra el perfil del trayecto del punto de lectura; en la figura 3 se muestra una imagen aérea.

Tabla 1 Mediciones campo eléctrico, antena de 4 elementos y ganancia 0 dBm.

Lugares	PAR Video/Audio (dBm) 15kW		PAR Video/Audio (dBm) 20 kW		PAR Video/Audio (dBm) 40kW	
	Video	Audio	Video	Audio	Video	Audio
Plano de Tijuana						
Lomas Taurinas	6 dBm	-12dBm	2 dBm	-25 dBm	2 dBm	-6 dBm

Tabla 2 Mediciones de frecuencia.

Parámetro	Lectura
Portadora de video (MHz)	61.250019
Portadora de Audio (MHz)	65.750021
IPA Visual 1 @ .1 (MHz)	60.384125
IPA Visual 1 @ 15 (MHz)	61.29
IPA Aural 1 (MHz)	65.750016
IPA Aural 2 (MHz)	65.750018
Oscilador Local	107.0001573
Saw Filter	11.3583
	22.4964
	41.5849
Aural if Modulator	41.24997
Visual if Modulator	6.429600

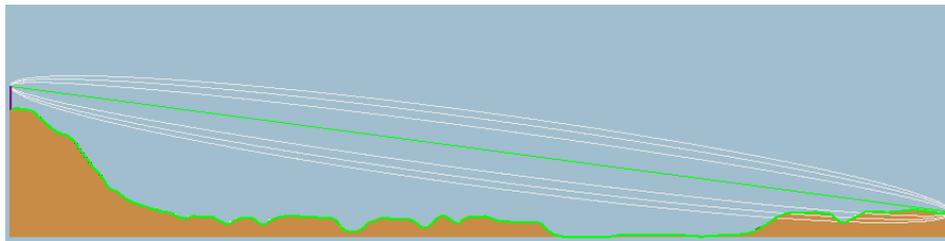


Figura 2 Perfil de trayectoria con claridad de línea de vista y la línea de libramiento del 60% de la primera zona de Fresnel.

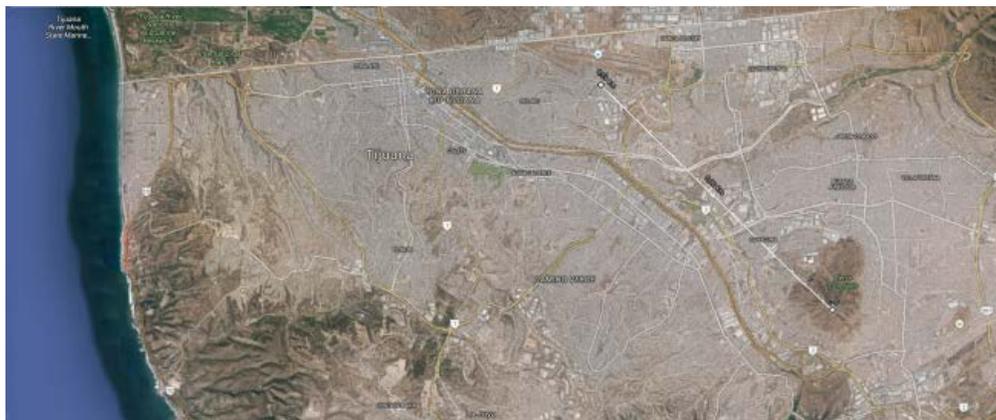


Figura 3 Apreciación de la topografía del centro de radiación y cobertura.

4. Discusión

El punto que se eligió de entre una serie de abundantes lecturas, es a 10 km de separación del punto de radiación, es un lugar donde los efectos físicos de

difracción y refracción no influyen en gran medida, por lo que la recepción de la señal es de forma directa, sin obstáculos en el trayecto; sin embargo, hay lecturas donde, si bien hay calidad en el nivel de recepción, hay una suma importante de señales con retardo, lo que produce, imágenes claras y desvanecimiento súbito, sobre todo en lugares con topografía rugosa.

5. Conclusiones

Con el advenimiento de estaciones de televisión de alta potencia se puede lograr una cobertura con una lejanía de radio de hasta 50 km. La interferencia debida al uso de la misma frecuencia entre estaciones transmisoras puede ocurrir después de 100 kilómetros. Para evitar el problema de interferencia en zonas geográficamente unidas, por sus límites territoriales es necesario planear el número máximo de frecuencias. La estación transmisora debe estar en una ubicación donde el radio que alcance en línea de vista sea de hasta 50 Km. Cuando la separación entre radiotransmisores que usan la misma frecuencia es menor a 100 km se puede presentar el fenómeno de interferencia. Para evitar este fenómeno es recomendable que tengan una separación geográfica de 400 km a 500 km. Cuando se alcanza con claridad una cobertura de radio de 50 km es necesario ajustar la potencia del transmisor para que la penetración no cause interferencia. En este caso se cuenta con un transmisor que radia una potencia máxima de 100 kWPAR (70dBm), sin embargo por localizarse en un punto muy alto y a una distancia de 10 km de la frontera se procedió a emplear potencias de 10 (70dBm), 15(71dBm) y 40 kWPAR (76dBm), logrando una buena calidad de imagen con menor potencia y una reorientación del patrón de radiación con lo cual el exceso de potencia se radia hacia una zona de más de 50 km hacia el territorio nacional asegurando de esta forma evitar la interferencia entre estaciones transmisoras adyacentes. El siguiente paso es utilizar modelos de predicción como el de Longley–Rice, debido a que en el plano topográfico, rugoso y con edificaciones, inducen fenómenos físicos como el de difracción y refracción que generan múltiples señales con trayectorias y retardos, en el punto de lectura o arribo de señal que en el receptor televisivo de DVT muestra que la recuperación

de la señal de audio y video se desvanece produciendo congelación de imagen y múltiples cuadros difusos, lo que hoy día atrae la atención para replantear el valor del PAR, esto es si se reduce el PAR mejora el audio y el video o se aumenta y se logra un mayor alcance.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Freeman, Radio System Design for Telecommunications. 1987. Wiley & Sons.
- [2] J. Seybold, "Introduction to RF Propagation". 2005. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- [3] A. G. Longley, P. L. Rice, "Prediction of Tropospheric Radio Transmission Loss Over Irregular Terrain". ESSA Technical Report ERL 79-ITS 67. Julio 1968.
- [4] Nautel, RF Toolkit Resources. <http://www.nautel.com/support/technical-resources/rf-toolkit/rf-toolkit-webinars/?spMailingID=47293737&spUserID=MjA3MDQxMjlzMzQyS0&spJobID=943942555&spReportId=OTQzODY1Mjc4S0>.
- [5] Hata, M. "Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services". IEEE Transactions on Vehicular Technology. Vol. VT-29. No. 3. Agosto 1980. Pp. 317-325.
- [6] Recomendación UIT-R: P1238 Datos de propagación y métodos de predicción para la planificación de sistemas de radiocomunicaciones en interiores y redes de radiocomunicaciones de área local en la gama de frecuencias de 900 MHz a 100 GHz.
- [7] Digital Mobile Radio Towards Future Generation Systems - COST 231 Final Report. COST Telecommunications. Belgic. 1999.
- [8] J. Walfisch, H. L. Bertoni, "A Theoretical Model of UHF Propagation in Urban Environments". IEEE Transactions on Antennas and Propagation. Vol. 36. No. 12. Diciembre 1988. Pp. 1788-1796,

- [9] Propagation Effects Relating to Terrestrial Land Mobile and Broadcasting services in the VHF and UHF Bands. Recommendation ITU-R P.1406-1. Ginebra, Suiza, 2007.
- [10] F. Ikegami, S. Yoshida, T. Takeuchi, M. Umehira, "Propagation factors controlling mean field strength on urban streets". *Antennas and Propagation, IEEE Transactions on*. Vol. 32. No. 8. 1984. Pp. 822-829.
- [11] T. K. Sarkar, J. Zhong, K. Kyungjung, A. Medouri, M. Salazar-Palma, "A survey of various propagation models for mobile communication". *Antennas and Propagation Magazine, IEEE*. Vol. 45. No. 3. 2003. Pp. 51-82.
- [12] J. Walfisch, H. L. Bertoni, "A theoretical model of UHF propagation in urban environments" *Antennas and Propagation, IEEE Transactions on*. Vol.36. No. 12. Diciembre 1988. Pp. 1788-1796.
- [13] S. Kozono, K. Watanabe, "Influence of Environmental Buildings on UHF Land Mobile Radio Propagation". *Communications, IEEE Transactions on*. Vol.25. No. 10. 1977. Pp. 1133-1143.
- [14] S. Y. Seidel, T. S. Rappaport, "914 MHz path loss prediction models for indoor wireless communications in multifloored buildings". *Antennas and Propagation, IEEE Transactions on*. Vol.40. No. 2. 1992. Pp. 207-217.
- [15] H. G. Schantz, K. Siwiak, M. Z. Win, "A Comprehensive Standardized Model for Ultrawideband Propagation Channels". *Antennas and Propagation, IEEE Transactions on*. Vol.54. No. 11. 2006. Pp. 3151-3166.
- [16] COST 231 group final report: D.J. Cichon, T. Kurner, Capítulo 4 Propagation Prediction Models.

7. Autores

M.C. José María Montoya Flores nació en la ciudad de Chiapa de Corzo, Chiapas, realizó estudios de doctorado con especialidad en Ingeniería eléctrica, en CINVESTAV; obtuvo el grado de Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería eléctrica, en CINVESTAV; es ingeniero en comunicaciones y electrónica por la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional. Fue Director de Canal Once del IPN en Tijuana, Baja California.

M.C. Andrés Calvillo Téllez: nació en la Ciudad de México, el 6 de noviembre de 1964. Recibió su título de Ingeniero de la Escuela Superior Ingeniería Mecánica y Eléctrica de Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, en 1991, y el grado de maestría en el Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital del Instituto Politécnico Nacional (IPN-CITEDI) en Tijuana, México, 1993. Su interés por la investigación incluye el modelado y la simulación de la propagación de RF, el diseño de RF a nivel de sistema utilizando dispositivos FPGA.

Dr. José Cruz Núñez Pérez: nació en Uruapan Michoacán, México, el 2 de abril de 1978. Recibió el grado de maestría en ingeniería electrónica del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET), en Cuernavaca, México, en 2003, y el doctorado del Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas de Lyon (INSA - Lyon), Francia, en 2007. En primer semestre de 2008, fue Director de Investigación de Tecnología Avanzada de Investigación SA de CV (ATR) en Guadalajara, México, donde dirigió un equipo de investigadores que trabajan en redes y telecomunicaciones arquitecturas. Desde agosto de 2008, es profesor en el Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital (CITEDI-IPN), en Tijuana, México. Es Coordinador de Investigación en el Departamento de Telecomunicaciones de CITEDI.