

**SISTEMAS DE RADIODIFUSIÓN COMUNITARIOS BASADOS EN RADIOS
DEFINIDAS POR SOFTWARE**

**COMMUNITY BROADCASTING SYSTEMS BASED ON RADIOS DEFINED BY
SOFTWARE**

**SISTEMAS DE TRANSMISSÃO COMUNITÁRIA BASEADOS EM RÁDIOS
DEFINIDOS POR SOFTWARE**

Ing. Freddy Patricio Núñez Núñez. ¹
Instituto Superior Tecnológico Tsáchila
freddynunez@tsachila.edu.ec

Fecha de recepción: 14/abril/2020
Fecha de aceptación: 30/abril/2020
Fecha de publicación: 04/junio/2020

ISSN:2600–5557/volumen 3/ Número 1/junio-2020/pp.52- 67

Como citar:

Núñez, F. (2020). Sistemas de radiodifusión comunitarios basados en radios definidas por software. Revista de Investigación Científica TSE'DE, 3(1),52-67

¹ Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones de la Universidad Técnica de Ambato, Docente del Instituto Superior Tecnológico Tsáchilas.

Resumen

El presente proyecto propone un sistema de radiodifusión comunitario de baja potencia usando dispositivos de hardware genérico con el objetivo de mitigar la obsolescencia tecnológica que involucra los cambios en la gestión del espectro radioeléctrico. El sistema llevaría como dispositivo de hardware genérico una Radio Definida por Software que permite la reconfiguración del sistema de radiodifusión ante cambios de tecnología y estándares. Se realizó una simulación de las zonas de cobertura en Radio Mobile a una frecuencia de 90.1 MHz con 2 Watts de potencia, una antena con 3.3 dBi de ganancia y modulaciones analógicas y digitales en frecuencia; la repetidora se ubica en un cerro autorizado por ARCOTEL con coordenadas (00°39'28.70"S; 79°17'41.00"). Se obtuvo potencias de -54 dBm hasta -62 dBm tanto para la simulación con equipos de hardware específico como para equipos de hardware genérico. Se determina que en términos de transmisión se tiene alcances similares.

Palabras Claves: Radios Definidas por Software; Zona de Cobertura; Modulación en Frecuencia; Potencia de Recepción; Espectro Radioeléctrico.

Abstract

This project proposes a low-power community radio broadcasting system using generic hardware devices in order to mitigate technological obsolescence that involves changes in the management of the radioelectric spectrum. The system would have a Software Defined Radio as a generic hardware device that allows reconfiguration of the broadcasting system in the face of changes in technology and standards. A simulation of the coverage areas was carried out in Radio Mobile at a frequency of 90.1 MHz with 2 Watts of power, an antenna with 3.3 dBi of gain and analog and digital frequency modulations; the repeater is located on a hill authorized by ARCOTEL with coordinates (00 ° 39'28.70"S; 79 ° 17'41.00 "). Powers from -54 dBm to -62 dBm were obtained both for the simulation with specific hardware equipment and for generic hardware equipment. It is determined that in terms of transmission it has similar ranges.

Keywords: Software Defined Radios; Coverage Zone; Frequency Modulation; Reception Power; Radioelectric spectrum.

Resumo

Este projeto propõe um sistema de radiodifusão comunitária de baixa potência utilizando dispositivos de hardware genéricos com o objetivo de mitigar a obsolescência tecnológica que envolve mudanças na gestão do espectro radioelétrico. O sistema teria um Rádio Definido por Software como um dispositivo de hardware genérico que permite a reconfiguração do sistema de transmissão em face das mudanças de tecnologia e padrões. Foi realizada uma simulação das áreas de cobertura em Rádio Móvel na frequência de 90,1 MHz com 2 Watts de potência, antena com 3,3 dBi de ganho e modulações de frequência analógica e digital; o repetidor está localizado em uma colina autorizada pela ARCOTEL com coordenadas (00 ° 39'28,70"S; 79 ° 17'41,00 "). Potências de -54 dBm a -62 dBm foram obtidas tanto para simulação com equipamento de hardware específico quanto para equipamento de hardware genérico. É determinado que em termos de transmissão tem faixas semelhantes.

Palavras-chave: Rádios Definidos por Software; Zona de cobertura; Modulação de frequência; Poder de recepção; Espectro radioelétrico.

INTRODUCCIÓN

Los procesos de comunicación socioculturales en América Latina mediante radiodifusión sonora tienen más de 70 años de historia en Latinoamérica tiempo en el cual ha tenido varios nombres según el objetivo para el que fue creada (Villamayor, 2014). Sin lugar a duda, el descubrimiento de las comunicaciones mediante ondas electromagnéticas que se propagan por el aire y el vacío ha hecho posible que existan estos medios de comunicación que favorecen al desarrollo de los sectores rurales proporcionando herramientas para la difusión de temas culturales, educativos y otros de interés de la comunidad.

En los recientes Gobiernos Nacionales se han implementado políticas para la creación, mantenimiento y fortalecimiento de los medios de comunicación comunitarios para promover la pluralidad, diversidad, interculturalidad, plurinacionalidad y la educación en tiempos de crisis como la actual pandemia que se está viviendo. El estado aporta con exoneración de impuestos para los equipos de telecomunicaciones y créditos para su adquisición (CORDICOM, 2017). Esto ha impulsado la creación de estos medios de comunicación en el país existiendo ya numerosas estaciones radiales comunitarias distribuidas en todo el territorio nacional.

El desarrollo tecnológico actual ha permitido que las comunicaciones inalámbricas se diversifiquen con el objetivo de facilitar la comunicación entre poblados dispersos geográficamente, sin embargo, las diferencias técnicas existentes entre las tecnologías inalámbricas, los estándares y otros parámetros, crean incompatibilidades entre sí dificultando aspectos de migración tecnológica,

mantenimiento de equipos, actualización (Louis, 2011). Los medios de radiodifusión comunitarios están catalogados como instancias sin fines de lucro por lo que todos los problemas referentes a la infraestructura tecnológica deben ser solventados con el menor coste posible.

Una de las características particulares de los sistemas de radiodifusión sonoras es el alcance (zona de cobertura) que por las características de la porción de espectro electromagnético en el que funcionan llega a los lugares más remotos de la compleja geografía del país. Las tecnologías usadas actualmente en el país son: Onda Corta (OC), Amplitud Modulada (AM) y Frecuencia Modulada (FM) con una participación de: 0.19 %, 12.56 % y 87.15 % respectivamente (Calderón Aviles & Vásquez Cuesta, 2017). Esta participación tecnológica en el espectro electromagnético destinado se encuentre saturado y la obtención de Títulos Habilitantes (Frecuencias de Funcionamiento) se lo realice por concurso público cada 4 años.

La bibliografía menciona la importancia de optimizar el uso del espectro electromagnético para disponer de un mayor número de canales de frecuencia asignables mediante Tecnologías de Radiodifusión Sonora Digital que además de optimizar el uso de este recurso público, provee una calidad de sonido superior, claro, limpio y la implementación de servicios interactivos adicionales mediante el envío de datos informativos, anuncios publicitarios, clima, entre otras al mismo tiempo en subcanales de frecuencia (Calderón Aviles & Vásquez Cuesta, 2017). Entre los estándares existentes, se tiene: DAB, IBOC, DRM, ISDBT-TSB.

Respecto a la infraestructura tecnológica de los sistemas de radiodifusión sonora, son equipos constituidos por una variedad de componentes electrónicos como:

sintonizadores, osciladores, mezcladores, entre otros que componen el hardware provocando que sea una infraestructura fija, incompatible con otros estándares. A principios de la década del 2000 se desarrolla el concepto de radiocomunicaciones desarrollados por software que se ejecutan en un hardware genérico mediante un procesador y una memoria (Louis, 2011). Básicamente Las Radios Definidas por Software toman las señales de la antena y todo el procesamiento se lo hace de forma digital. Así mismo el uso de software no licenciado en la programación de estos dispositivos los hace accesibles para cualquier tipo de aplicación en radiofrecuencia sin ninguna restricción de licencias.

La implementación de sistemas de radiodifusión comunitarios actualmente según la normativa de uso del espectro de radiofrecuencia debe realizarse en Frecuencia Modulada (FM) analógica con equipos destinados a este fin. Sin embargo, Se está impulsando el cambio de modulación de analógica a digital (Apagón Analógico) lo que conllevaría a una inversión alta en infraestructura tecnológica que en poco tiempo se tendría que dar de baja para dar paso a los nuevos equipos digitales requiriendo valores adicionales para la migración del estándar de radiodifusión sonora. Esta dificultad económica provoca que las comunidades consideren como proyecto no factible la creación de estos medios de comunicación.

Las posibilidades que ofrece la tecnología SDR da lugar a determinar la factibilidad técnica y la adaptabilidad tecnológica de los sistemas de radiodifusión sonora comunitarias. Para ello se debe:

- Analizar la tecnología SDR.
- Determinar los parámetros técnicos de los sistemas de radiodifusión comunitarios.

- Caracterizar las tecnologías que actualmente están involucradas en los procesos de radiodifusión sonora.
- Determinar los estándares y su compatibilidad con las SDR.
- Plantear las ventajas que la tecnología SDR puede brindar en la migración, coexistencia y actualización de los procesos de radiodifusión sonora.

En el presente trabajo se propone analizar las ventajas de implementar una Estación de Radiodifusión Comunitaria con los parámetros que ofrece una tarjeta SDR comercial y como mejora la adaptabilidad tecnológica de la infraestructura de radiodifusión ante cambios en las normativas y protocolos en el Espectro de Radiofrecuencia. Con esto se pretende plantear una propuesta de Hardware y Software Libre para mejorar el acceso a este medio de comunicación por parte de las comunidades rurales.

METODOLOGÍA

El presente proyecto tiene un enfoque cuantitativo porque el análisis del sistema de radiodifusión se realizó en base a modelos de propagación matemáticos y el análisis electromagnético a través del software Radio Mobile. Los métodos científicos aplicados en el presente trabajo fueron la inducción y deducción para que a través de la revisión bibliográfica desarrollar una teoría sustentable de los parámetros de las Radios Definidas por software (Glaser & Strauss, 2017). Además, se aplicó el análisis y la síntesis para encontrar conclusiones y obtener una predicción eficiente del sistema de radiodifusión propuesto.

Las técnicas utilizadas fueron la investigación y el uso de simuladores donde se analiza parámetros de frecuencia, modulación, antenas usadas, topografía del terreno, desvanecimientos, potencias y sensibilidades de los equipos de RF, se

pretende obtener una aproximación de la zona de cobertura tanto de un sistema de radiodifusión actual y un sistema SDR verificando la afectación que tendría un cambio de tecnología en la zona de cobertura y la adaptabilidad de los equipos tecnológicos.

Radiodifusión Analógica en Frecuencia Modulada (FM).

La implementación de sistemas de radiodifusión en FM se lo realiza con osciladores, mezcladores, amplificadores de RF y antenas, el desarrollo tecnológico ha hecho que estos dispositivos estén integrados dentro de un equipo. FM mezcla 2 señales para radiar la señal al espacio libre; una señal portadora de alta frecuencia (desde 87.5 MHz hasta 108 MHz) y una señal moduladora (La información que se quiere transmitir). La señal moduladora altera la frecuencia de la portadora según la siguiente ecuación:

$$S_{FM}(t) = A_p \cos(2\pi f_p t + m \sin(2\pi f_m t))$$

El índice de modulación viene dado por:

$$m = \frac{\Delta f}{f_m}$$

Donde:

m : índice de modulación.

Δf : desviación de frecuencia.

f_m : frecuencia de la moduladora.

A_p : amplitud de la portadora.

f_p : frecuencia de la señal portadora.

f_m : frecuencia de la señal moduladora.

Esto significa que, a la variación de la señal moduladora, la portadora responde con un cambio en la frecuencia. Otro aspecto para considerar es el ancho de banda utilizado que no es más que el número de bandas laterales que pueden determinarse conociendo el índice de modulación (Soria Salazar, 2015). La normativa actual vigente determina un ancho de banda de 150 KHz para transmisión de contenido y 50 KHz para bandas de guarda, dando un total de 200 KHz. Sin lugar a duda este ancho de banda permite obtener un sistema de radiodifusión de alta fidelidad y con sonido estéreo.

Radiodifusión Digital Terrestre

Anteriormente la porción del espectro electromagnético era suficiente para satisfacer la demanda radial. Actualmente y por la demanda de servicios, el número de emisoras, el rehúso de frecuencias y la optimización de recursos ha hecho imprescindible la digitalización de muchos sistemas incluidos los de radiodifusión, el cambio de tecnología no cambia la esencia de la radiodifusión y debería estar al alcance de los adquirientes.

Los estándares de Radio Digital tienen una serie de ventajas que la hacen atractiva como Digital Audio Broadcasting Plus (DAB+) que posee: Una Codificación Avanzada de audio (ACC), Replicación de Banda Espectral (SBR), Estéreo Paramétrico (PS), Calidad de Sonido equivalente a la de un Cd en formato Cda, Codificación de Canal, Corrección de Errores Hacia Adelante (FEC) y Entrelazado de tiempo (Agila & Bernardo, 2015). Estos parámetros de Radio Digital permiten reducir el Ancho de Banda permitiendo en los mismos 200 KHz asignados por el Organismo de Regulación y Control enviar información al mismo tiempo.

Con los parámetros obtenidos de las tecnologías de Radiodifusión Analógica y Digital se procede a realizar una simulación en el Software Radio Mobile para verificar las zonas de cobertura efectivas de una repetidora ubicada en un cerro autorizado por los Organismos de Regulación y Control, para ello en la tabla 1 se detalla los datos técnicos requeridos. En la antena, el valor de ganancia y potencia efectiva radiada para cada Azimut a 45 ° en base a la recomendación UIT-R 1546 es especificada en la siguiente tabla 2.

Luego de Simular las zonas de cobertura, se analizó el soporte de una tarjeta comercial de Radio Definida por software USRP B210 la cual posee las características de la tabla 3. Se analizará el soporte para Modulación Analógica en Frecuencia y Modulación Digital.

RESULTADOS

Cobertura del Enlace

Se realizó la simulación en el software Radio Mobile para la Repetidora Matriz localizada en el cerro Bijagual (00°39'28.70"S; 79°17'41.00"), se verifica los alcances con los parámetros de los equipos receptores: entre -54 dBm y -62 dBm indicando un rango eficiente de señal radiada. En la figura 1 se presenta el mapa de calor con la intensidad de Campo Eléctrico Resultante, donde se muestra el área de cobertura y la tabla resultante con datos de ubicación, frecuencia, ganancia de la antena, ángulo de Azimut y borde de cobertura. El diagrama de calor indica la eficiencia de la señal en función de la zona geográfica, dado un rango de -54 dBm en color azul hasta -62 dBm en color turquesa.

En la figura 2 se encuentra exportado el mapa físico del terreno donde se proporciona una vista detallada de los lugares y la eficiencia de la señal.

Perfiles Obtenidos del Terreno

En la figura 3, se muestran los perfiles obtenidos en la repetidora del cerro Bijagual con Azimut de 270 grados a una distancia máxima de 50 Km, se observan La intensidad de campo eléctrico resultante y las pérdidas de trayecto.

Patrón de radiación de la antena.

El patrón de radiación de la antena mostrado en la figura 4 fue obtenido del software Radio Mobile, se observa el patrón de radiación de la antena omnidireccional (EX-FM) en polarización horizontal y vertical.

Se obtiene la tabla con la intensidad de campo eléctrico resultante que resume la intensidad en espacio libre a una distancia y ángulo determinado (Datos Obtenido del software Radio Mobile).

Conexión de los Equipos del Sistema de Radio Difusión

Mediante un diagrama de conexión se identifica que cada dispositivo debe ser configurado y calibrado para trabajar a una frecuencia de 90.1 MHz y una baja potencia de 2W.

La figura 2 muestra el diagrama de conexión de la infraestructura tecnológica del sistema de Radiodifusión comunitario, donde el modulador TEX 20 NV puede ser reemplazado por una tarjeta SDR cuyos parámetros son analizados en la tabla 3, esto permite adaptar al sistema a cualquier cambio tecnológico, de protocolos o frecuencias fácilmente sin realizar cambios físicos. Las simulaciones han demostrado que la zona de cobertura se ve mínimamente afectada en el caso de cambio de Analógico al Digital, sin embargo, existe un incremento en la Relación

señal a Ruido, una fidelidad alta en sonidos y la optimización del Ancho de Banda para la Transmisión de Contenidos Variados en un mismo canal de frecuencia.

CONCLUSIONES

Según el análisis de los perfiles de elevación del terreno y la propagación de la señal en FM se determina la zona de cobertura efectiva, misma que abarca a los recintos y varias parroquias de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, considerando la cantidad de vegetación existente que degrada la señal electromagnética radiada por las antenas. Se ha demostrado que en la zona de cobertura encontrada se tiene potencias recibidas de hasta -62 dBm considerando aceptable el correspondiente proceso de demodulación y posterior extracción de la señal en forma entendible. Además, se determinó que al implementar el servicio de radiodifusión mediante Radios Definidas por Software se puede configurar parámetros de transmisión de forma precisa como: la potencia de radiación, los índices de modulación, la frecuencia de la portadora, el ancho de las bandas laterales, etc. con lo que se obtiene un sistema confiable que opera según la normativa actual vigente. También se agrega una ventaja tecnológica que permitirá la migración a Radiodifusión Digital sin dar de baja el 100% de la infraestructura tecnológica instalada y agregando las ventajas de transmisión y recepción de esta tecnología.

El presente trabajo fue analizado para la frecuencia de 90.1 MHz en banda de FM comercial del grupo 5 asignable a la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas y se tomó en cuenta las posibles interferencias que se pueden producir entre otros sistemas comerciales en el espectro radioeléctrico con lo que se obtiene pérdidas por espacio libre de 89 dB en los puntos más críticos de los perfiles topográficos a

un azimut configurado en la antena de 315, una ganancia de 3 dBi en la antena y una potencia del SDR configurada en 2Watts.

A futuro se puede profundizar en los beneficios que ofrecería este medio de comunicación a las comunidades, sobre todo para temas educativos en tiempos de emergencia, analizar el impacto positivos y negativos y como interviene en el desarrollo local desde el punto de vista económico, político y social. Así mismo se puede realizar estudios con diferentes tecnologías para determinar ventajas y desventajas que optimicen los diseños de la infraestructura tecnológica.

REFERENCIAS BIBLIGRÀFICAS

- Agila, C., & Bernardo, B. (2015). *Analisis teorico tecnico de los estandares de la radiodifusion digital terrestre en la banda FM, para una futura implementacion en el Ecuador*. Quito, 2015.
- Calderón Aviles, M. G., & Vásquez Cuesta, L. K. (2017). *Recomendación de una norma para el estándar de radiodifusión sonora digital en el Ecuador*. Espol.
- CORDICOM Informe de medidas de política pública adoptadas por el estado para la conformación o consolidación de medios comunitarios (2017). Consejo de Regulación y Desarrollo de la Información y Comunicación.
- Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (2017). *Discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Routledge.
- Guamba Carvajal, D. A., & Paez Gancino, C. W. (2018). *Rediseño e implementacion de un transmisor FM de baja potencia para la radio Salinerito en la provincia de Bolivar*.
- Louis, A. (2011). *Aplicaciones de la tecnologia de Radio definida por Software en los Sistemas Móviles*. Universidad Central“ Marta Abreu” de Las Villas.

- Moreno, D. (2017). > Desarrollo de un algoritmo en MATLAB para la optimización de la resolución de una tarjeta USRP B210 para aplicaciones SDRadar. *Maskay*, 7(1), 31–40.
- Soria Salazar, J. D. (2015). *Transmisor y receptor de frecuencia modulada didáctico para uso en los laboratorios de la FISEI*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas
- Villamayor, C. (2014). Las radios comunitarias, gestoras de procesos comunicacionales. *Mediaciones*, 10(12), 88–105.

GRÁFICOS, TABLAS E IMÁGENES

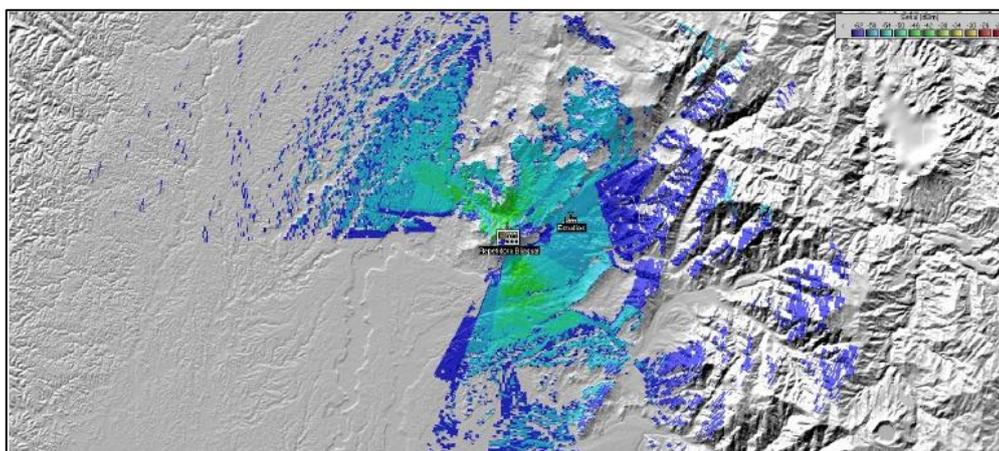


Figura 1: Patrón de Cobertura con Intensidad de Campo Eléctrico Resultante.

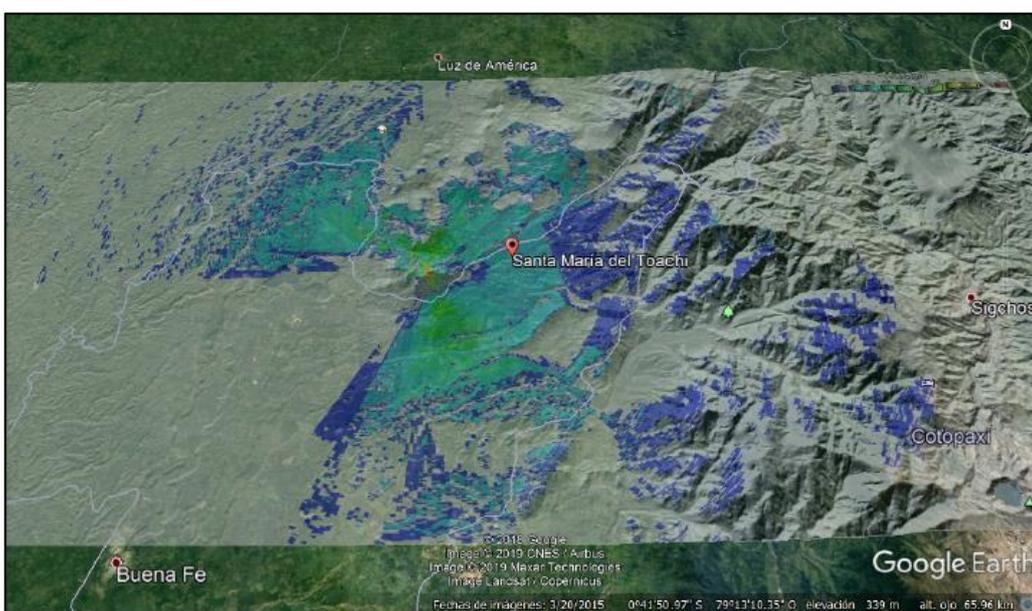


Figura 2: Patrón de Cobertura de la señal en mapa físico.

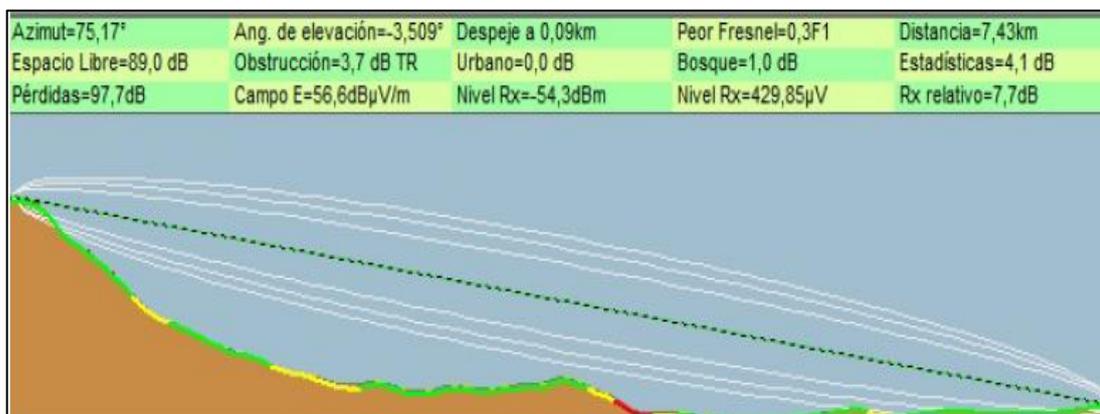


Figura 3: Perfil de elevación del enlace Cerro Bijagual 00°39'28.70"S; 79°17'41.00"

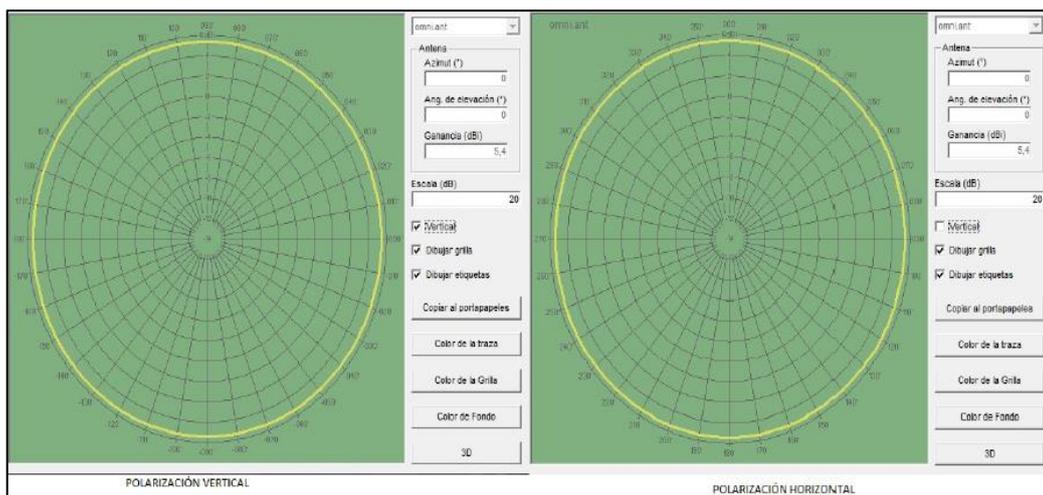


Figura 4: Polarización horizontal y vertical de la antena.

Tabla 1: Datos técnicos base de repetidora cerro Bijagual.

Lugar	Cobertura	Comunidades de la región Subtropical de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas
	Altitud	781 msnm
	Sitio de Transmisión	Cerro Bijagual
Transmisor	Frecuencia	90.1 MHz
	Potencia del Transmisor	2 W
	Ganancia Máxima	3.3 dB
	P.E.R	1.3824 W o 1.4063 dB
Sistema Radiante	Tipo de Antena	EX FM B Omnidireccional
	Bays por Azimut	1
	Altura de la torre	40 cm de lado y 12 m de altura
Líneas de Transmisión y Conectores	Tipo de LTX	LDF4-50 ^a
	Longitud total de la LTX	20 m
	Atenuación del Cable	0.4084 dB/20m

Tabla 2: Datos técnicos base de repetidora cerro Bijagual (Guamba Carvajal & Paez Gancino, 2018).

Azimut	0	45	90	135	180	225	270	315
Ganancia (dB)	3	3	2.95	2.4	2.3	2.3	2.7	3.05
P.E.R (W)	1.732	1.732	1.543	0.435	0.004716	0.004716	0.868	1.943

Tabla 3: Intensidad de campo eléctrico en espacio libre en uV/m según el azimut de la antena.

Dist. KM Azimut	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
10	39	39	39	38	37	37	38	39
20	33	33	33	32	31	31	32	33
30	29	29	29	28	28	28	29	29
40	27	27	27	26	25	25	26	27
50	25	25	25	24	23	23	24	25

Tabla 4: Atenuación en el espacio libre en dB según el Azimut de la antena.

Dist. KM Azimut	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
10	0	25	96	11	3	0	23	0
20	0	80	94	73	10	6	13	0
30	2	85	104	84	0	0	9	0
40	3	76	93	76	0	0	2	0
50	0	86	106	83	0	0	4	0