

## Estudio y análisis de la propagación de las señales de Televisión Digital DVB-T en la ciudad de Panamá

### Study and analysis of the DVB-T Digital Television broadcast signals in Panama City

*Fermín A. Póvaz J.<sup>1</sup>, Jenny I. Ríos Z.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Maestría en Ingeniería de Sistemas de E-Learning con énfasis en Sistemas Telemáticos; Profesor de la Universidad de Panamá, Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación, Departamento de Electrónica y Comunicación; [fermin.povaz@up.ac.pa](mailto:fermin.povaz@up.ac.pa); <https://orcid.org/0000-0001-7657-9408>.

<sup>2</sup>Maestría en Gerencia Informática con énfasis en Seguridad Computacional; Profesora de la Universidad de Panamá, Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación, Departamento de Informática; [jenny.rios@up.ac.pa](mailto:jenny.rios@up.ac.pa); <https://orcid.org/0000-0002-1134-7945>.

**Resumen:** La planificación de las ubicaciones de los transmisores de televisión digital en el formato DVB-T, por parte de los proveedores de servicio de televisión abierta debe asegurar la cobertura apropiada en un área específica, y los usuarios recibir la programación y contenidos que proporcionan las mismas. El propósito de esta investigación es el desarrollo del estudio y el análisis de las intensidades de campo eléctrico de las señales de televisión digital mediante el diseño de una unidad captadora de datos basados en un receptor SDR y una tarjeta raspberry pi 3. Todo esto permitió analizar 16 canales digitales de la televisión abierta, que al momento del estudio se mantenían operativas, lo cual establece, que el nivel de cobertura por parte de los 16 canales digitales es de 68.75% con márgenes de cobertura del 95%, en los corregimientos de Ancón, Bethania y Bella Vista. En las mediciones se logró obtener un promedio de 1260 muestras por cada canal, utilizando las recomendaciones de medición y análisis de cobertura establecidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) en un área de estudio de, aproximadamente, 10.596 Km<sup>2</sup>. Los datos fueron validados con una herramienta de predicción de cobertura.

**Palabras clave:** DVB-T, MPEG, QPSK, COFDM, densidad de potencia.

**Abstract:** The Planning for the locations of digital television transmitters in the DVB-T format by broadcast television service providers should ensure appropriate coverage in a specific area, and users receive the programming and content they provide. The purpose of this research was to carry out the study and analysis of the electric field strengths of digital television signals by designing a data capture unit based on an SDR receiver and a raspberry pi 3 card. This allowed the analysis of 16 digital channels of open television, which at the time of the study remained operational, establishing that the level of coverage by the 16 digital channels is 68.75% with coverage margins of 95% of the Corregimientos of Ancón, Bethania, and Bella Vista. In the measurements, an average of 1,260 samples were obtained for each channel, using the measurement recommendations and coverage analysis established by the International Telecommunication Union (ITU) in a study area of approximately 10,596Km<sup>2</sup>. The data was validated with a coverage prediction tool.

**Key words:** DVB-T, MPEG, QPSK, COFDM, power density.

## 1. Introducción

La transmisión de la televisión digital se fundamenta, para el caso de Panamá, como en otros países del mundo, en un estándar o tecnología denominado DVB-T siglas en inglés Digital Video Broadcasting–Terrestrial (DVB, 2017). Es un sistema de transmisión de televisión digital de tipo abierta.

Este estándar forma parte de toda una familia de estándares de la industria europea, para la transmisión de emisiones de televisión digital sobre diversas redes de acceso, DVB-S, para el caso de televisión digital por satélite, DVB-H para televisión digital sobre teléfonos móviles y similares y DVB-T para el caso de la televisión digital terrestre. La información de video se comprime siguiendo el estándar MPEG4. La adopción en Panamá se dio mediante Decreto Ejecutivo N° 96 del 12 de mayo de 2009. (ASEP, 2009)

El formato DVB utiliza para el transporte de flujo de datos la plataforma MPEG-2, ISO/IEC 13.818-1 de muy amplia difusión en diversas aplicaciones, para el audio utiliza MPEG-2 ISO/IEC 13.818-2, la modulación utilizada es COFDM. (Pidanic et al., 2017)

Las constelaciones desarrolladas en el estándar son las siguientes: QPSK, 16-QAM y 64-QAM. Todas estas constelaciones tienen en común que la asignación binaria de los elementos se corresponde a un código Gray. (Štukavec et al., 2010)

Un modelo de propagación es capaz de predecir la pérdida de trayectoria de una señal de radiofrecuencia entre la estación base y el receptor. Estos modelos son la colección de expresiones matemáticas, diagramas y algoritmos que simbolizan las características de las señales en relación con el ruido y las diferentes fuentes de interferencia que pueden surgir. Los modelos de propagación se clasifican en: estadísticos, empíricos, deterministas o teóricos, incluidas las combinaciones. Los empíricos basan sus predicciones en mediciones reales, a diferencia de los teóricos que sostienen los principios fundamentales de una propagación de ondas RF. La aplicabilidad de un modelo depende de ciertos factores, como el tipo de terreno, la conductividad de la tierra, las características atmosféricas, las construcciones urbanas y otras. (Gandia *et al*, 2011). Para tales modelos de propagación es necesario realizar el estudio para determinar los puntos óptimos de la calidad de la señal en formato TDT (televisión digital terrestre).

Formalizando estas transmisiones se dio el inicio de la Televisión Digital en Panamá y aprovechar las ventajas que nos proporciona la misma con respecto a su contraparte analógica, entre algunas de ellas está, la optimización del espectro radioeléctrico que, al igual, permite una alta calidad de imagen sin ruidos ni interferencias, sin mencionar que ofrecerá mayor relación, aspecto de imagen y la alta calidad del sonido estéreo con formato envolvente en múltiples idiomas. Ya, a finales de 2013, específicamente, en diciembre, el gobierno de turno procedió con la campaña de entrega de cajas digitales, que les permitiera a los ciudadanos aprovechar las ventajas del formato digital de televisión DVB-T. Fueron alrededor de 50 mil cajas, reubicadas en la ciudad capital y Colón. Una vez que los usuarios instalaban las cajas, se presentaban múltiples quejas por parte de los ciudadanos en las cuales se aducía que las cajas no funcionaban o no operaban bien. Las mismas eran reportadas ante la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos (ASEP).

El problema radica que no hay una cobertura amplia por parte de las estaciones de televisión en Panamá y ciertas zonas de la geografía no son cubiertas, muchas de ellas desconocidas por parte de la ASEP, porque no se ha realizado un estudio adecuado y minucioso de los sitios, y la ubicación de los transmisores cumple un parámetro importante. Es por ello, que se debe establecer cuáles son los problemas reales que no permiten que la señal transmitida por las estaciones desarrolle la cobertura dada, ya otras estaciones de televisión están por iniciar operaciones abiertas de transmisión y no han realizados estudios de cobertura, que es la razón y motivo de este proyecto de investigación que permitirá presentar cuáles son las áreas que no presentan una buena cobertura de las señales de DVB-T, que se están propagando, actualmente, en la ciudad de Panamá.

Por parte de la ASEP se publicó un informe de medición de intensidades de campo y pruebas de adyacencia de canales digitales para el formato DVB-T, este estudio con fecha de 30 de junio de 2011, fue realizado en cuatro (4) estaciones digitales 41, 42, 43 y 44, dichas mediciones fueron realizadas en el sector de Panamá Este, es decir, San Miguelito, Utivé, Villa Saita, Los Andes y Villa Lucre. No se realizó el estudio para la ciudad Capital y, actualmente, como la importancia del estudio en mención era la utilización o no de filtros de máscara en las transmisiones para evitar interferencia en canales adyacentes, en la

actualidad, los parámetros de los equipos de transmisión han cambiado, es decir, de los canales mencionados en este estudio, han cambiado los sitios de transmisión, potencia de transmisión, tipos de antenas y las alturas, que no se puede realizar un análisis comparativo con los de este estudio de investigación.

Las mediciones del proyecto de investigación se realizaron entre el mes de noviembre de 2017 y el mes de julio de 2018.

## **2. Materiales y métodos**

### **2.1 Área de estudio**

El estudio se desarrolló en la ciudad de Panamá, específicamente, en parte de los corregimientos de Bella Vista, Bethania y Ancón, en el cuadrante establecido por las siguientes coordenadas geográficas: 9° 2' 8.43"N con 79° 32' 21.06" O, 9° 2' 8.13" N con 79° 31' 20.26" O, 8° 58' 50.96"N con 79° 32' 19.54" O, 8° 58' 52.68" con 79° 31' 27.33" O, respectivamente. El sitio de estudio tiene un área de 10.596 Km<sup>2</sup> y un perímetro de 15.683 Km. La zona de estudio corresponde a parte del área urbana de la ciudad de Panamá, el terreno es uniforme en la mayoría del área con cambios de elevaciones entre los 42 y 54 metros, y una altura máxima en el sector de Villa de Las Fuentes de 83 m sobre el nivel del mar. En algunos sectores hay alto nivel de árboles.

### **2.2 Obtención de los datos**

Se utilizó el método de medición de acuerdo con la recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), para mediciones de intensidad de campo a lo largo de una ruta con registros de las coordenadas geográficas, recomendación UIT-R SM.1708-1 (UIT, 2011).

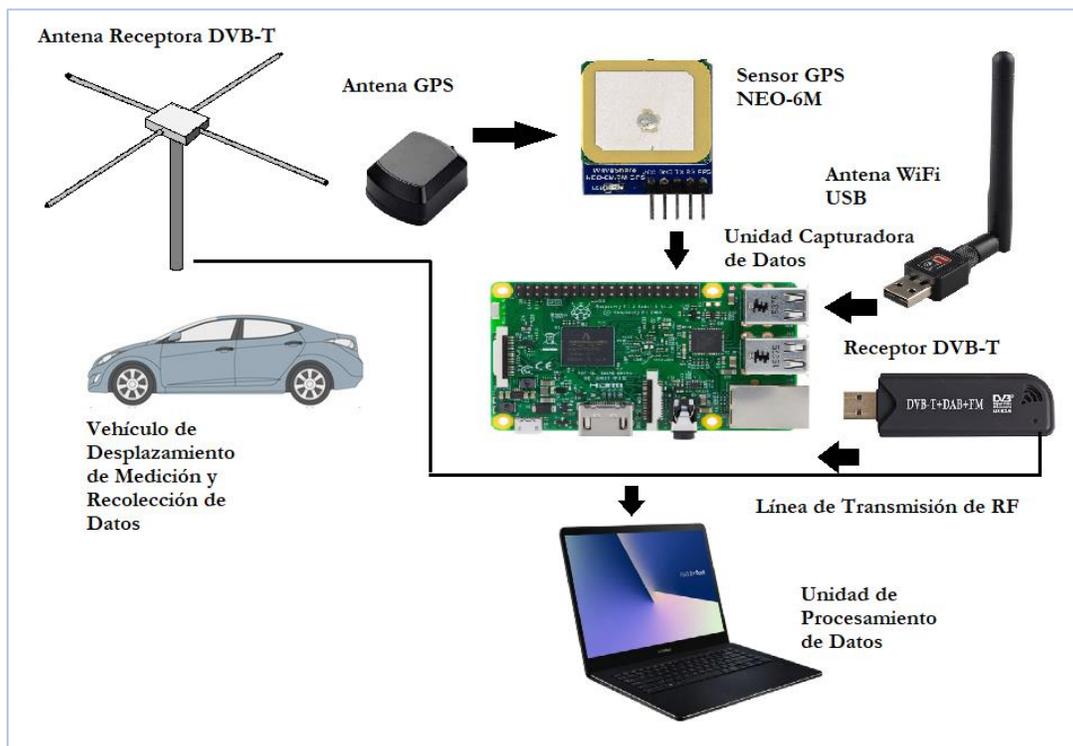
Dentro de los procedimientos de análisis de cobertura que se realizaron en este estudio, los valores reales pueden diferir, significativamente, de los valores de teóricos establecidos por cualquier método de predicción, por lo que, deben ser verificados en términos de la intensidad de campo eléctrico del equipo de medición, para las zonas de gran extensión. Los resultados de las mediciones deben ser geolocalizados para tener un registro

de la medición en la ruta que se establece la misma, y con estos valores registrados lograr establecer correspondencia entre la muestra recopilada y los puntos ubicados. Para tal efecto se utiliza un GPS sincronizado con una laptop y el equipo de recepción de señales en las bandas de operación del servicio de DVB-T. A esta técnica de medición se le denomina método Drive Test (Berjon-Eriz et al., 2011).

### 2.3 Equipos utilizados

Para la realización de las mediciones de intensidad de campo se utilizó como la unidad de recepción un radio basado en SDR ( por sus siglas en inglés Software Defined Radio, radio definida por software), para capturar la señal de la banda correspondiente a DVB-T, una unidad capturadora de datos basada en una tarjeta Raspberry Pi 3, una antena omnidireccional de 3.14dBi de directividad operando en la banda de UHF, una antena de GPS, una unidad sensor de GPS NEO 6M-001, para capturar las coordenadas de los puntos de captura de la medición. (ver figura1).

**Figura 1: Diagrama de distribución de los equipos utilizados para la adquisición de datos**



Fuente. Elaborada por los autores

Una vez establecida la ruta para la realización de las mediciones, se procede a configurar la tarjeta capturadora de datos, se hace uso de la raspberry pi 3 con el paquete de software RTL-SDR, para ello es necesario la información de los rangos de frecuencias operativas en la ciudad de Panamá y su respectiva ubicación de los sitios de transmisión, información que fue proporcionada por la base de datos de la ASEP. La antena receptora corresponde a una antena de polarización horizontal y parametrizada a los rangos de frecuencias de estudio, al igual que la determinación de las pérdidas del cable y de la ganancia del receptor SDR, para que la lectura de la medición fuese el valor correcto del sitio, esto fue validado por medio de una antena de prueba y un analizador de espectro. Para el rango de frecuencia de recepción que está en el rango de los 542MHz y los 692MHz, las pérdidas del cable coaxial utilizado para el estudio que es el RG-6, nos ofrecen niveles de atenuación de 0.5dB hasta 0.7dB. El receptor que se utilizó fue un RTL-SDR tipo USB2.0, con capacidad de recepción en la banda FM (frecuencia modulada), DAB (Digital Audio Broadcasting), DVB-T (Digital Video Broadcasting Terrestrial), cuyo modelo es RTL2832U, con un procesador R820T2, cuya ganancia va de 0dB a 50dB, y se ajusta por software. Se colocaron ambos equipos de recepción, el RTL-SDR, el analizador de espectro, ambas antenas y se procedió a ajustar la ganancia del RTL-SDR, para que mostrara la misma intensidad de campo recibida, este sería el procedimiento de validación de la ganancia de la antena, utilizada para la medición. De igual forma, se procedió a cargar el software de recolección de coordenadas para el sensor de GPS. Para las estimaciones de que los niveles de intensidad de campo, y que estos cumplan con los requisitos establecidos por la UIT, utilizaremos la recomendación UIT-R SM.1875-2 (UIT, 2014).

La tabla 1 representa las coordenadas geográficas de la ubicación de las antenas donde se transmiten los canales de televisión digital en formato DVB-T, en la ciudad de Panamá.

Una vez con la información capturada, se procedió a repetir el procedimiento para cada canal de televisión, y completando la tabla 2, que corresponde a la intensidad del campo eléctrico de los canales digitales de televisión. Los sitios de transmisión en formato

DVB-T como están distribuidos en la ciudad de Panamá. La ubicación general en la provincia de Panamá de los transmisores de DVB-T (ver figura 2).

**Figura 2: Ubicación de todos los sitios de transmisión para la provincia de Panamá**



Fuente: Google Earth.

**Tabla1. Localización de los Sitios de Transmisión de DVB-T**

Sitios de Transmisión de DVB-T en la provincia de Panamá					
Canal	Banda de Frecuencia (MHz)	Latitud (Norte)	Longitud (Oeste)	Altura de las antenas(m)	Altura efectiva sobre el nivel del mar(m)
26	542-548	9° 9' 14"	79° 24' 14"	50	650
28	554-560	9° 9' 14"	79° 24' 14"	50	650
30	566-572	9° 9' 21.9"	79° 24' 15.1"	70	670
31	572-578	9° 1' 31.95"	79° 29' 27.22"	80	115
34	590-596	9° 3' 1"	79° 31' 5"	30	250
36	602-608	9° 2' 57.93"	79° 31' 7.11"	65	274
41	632-638	9° 2' 58.854"	79° 31' 7.318"	80	310
42	638-644	8° 53' 6"	78 12' 25"	39	115
		9° 14' 1.5"	78° 49' 40.91"	15	50
		9° 5' 13"	79° 33' 11"	20	349
43	644-650	8° 53' 6"	78° 12' 25"	15	115
		9° 14' 1.5"	78 49' 40.91"	20	50
44	650-656	8° 53' 6"	78° 12' 25"	15	115
		9° 14' 1.5"	78° 49' 40.91"	20	50
45	656-662	9° 9' 46.169"	79° 25' 2.148"	15	781
46	662-668	9° 9' 46.169"	79° 25' 2.148"	20	781
47	668-674	9° 9' 35"	79° 24' 56"	101	41

48	674-680	9° 9' 40"	79° 25' 17"	41	690
49	680-686	9° 9' 50.45"	79° 25' 1.07"	30	565
50	686-692	9° 9' 50.45"	79° 25' 1.07"	65	565
51	692-698	9° 10' 3.99"	79° 24' 31"	80	680

Fuente: Elaborada por los autores.

**Tabla 2: Intensidades de campo eléctrico recibidos distribuidos por canales de televisión digital por coordenadas**

Sitio	Latitud(N)	Longitud(O)	Canal 26 (dBu)	Canal 28 (dBu)	Canal 30 (dBu)	Canal 31 (dBu)	Canal 34 (dBu)	Canal 36 (dBu)	Canal 41 (dBu)	Canal 42 (dBu)	Canal 43 (dBu)	Canal 44 (dBu)	Canal 45 (dBu)	Canal 46 (dBu)	Canal 47 (dBu)	Canal 48 (dBu)	Canal 49 (dBu)	Canal 50 (dBu)
1	9°02' 49.06"	79°28' 51.06"	73.3417	55.5418	67.5118	65.0133	68.0322	78.7445	74.0289	80.6013	51.4540	53.6348	80.2745	65.9488	63.9067	63.2025	66.9164	69.0234
2	9°02' 34.05"	79°28' 51.228"	78.5428	69.5567	69.9237	63.9481	69.6735	78.5677	78.1481	78.3418	54.7610	58.1769	73.7767	67.6648	64.5218	65.3956	67.7123	69.5718
3	9°02' 25.90"	79°28'47.394"	76.2933	64.6487	66.9789	72.4169	70.8941	82.3209	73.1862	81.4229	59.0307	52.1994	77.4681	65.4994	70.2148	63.1919	81.0018	71.0969
4	9°02' 10.74"	79°28'58.476"	77.9867	65.1322	78.1181	64.2048	81.0609	85.9167	77.9606	80.0467	54.0051	60.96133	80.1755	69.3818	66.6679	65.1227	70.3348	70.9948
5	9°02 6.504"	79°29' 5.382"	76.8113	74.0282	74.3243	63.7256	74.8473	78.2236	78.0865	80.6814	51.3381	63.7365	75.9894	73.3913	64.1514	69.6087	65.1173	71.9036
6	9°01'50.604"	79°29' 29.19"	79.9754	58.0466	80.3651	66.2478	76.3065	82.2745	70.9227	82.4908	61.5388	51.2316	76.7106	69.6328	62.9527	77.1509	68.2788	70.2868
7	9°01' 48.654"	79°29' 55.614"	74.8375	70.2677	77.8163	64.8452	73.8933	80.0116	77.1943	84.7967	60.5697	64.42189	68.2497	75.9189	70.7877	68.0548	78.2073	72.6812
8	9°01' 53.604"	79°30' 35.166"	77.8734	65.7178	77.2079	61.4573	77.7476	78.5376	73.3462	84.1391	64.8989	66.5448	67.5172	80.0278	80.7885	70.3569	74.8235	73.1045
9	9°01' 55.944"	79°30' 46.962"	76.3655	67.5114	72.6982	65.1091	74.5967	80.0881	79.0556	85.5065	52.1519	51.3623	67.9088	81.4044	79.2958	65.0891	66.3767	69.5944
10	9°01' 46.548"	79°31' 8.88"	78.6167	61.3881	77.8324	64.7422	76.6084	82.2394	78.3861	80.9854	50.8248	59.1878	68.9646	81.5545	83.7733	67.0354	68.2448	77.5289
11	9°01' 15.888"	79°31' 46.608"	76.6087	73.5344	73.5336	62.3575	75.3736	78.4568	81.0343	82.1213	60.6046	69.4881	70.4681	84.6023	68.7576	65.5166	69.0269	79.8356
12	9°01' 6.06"	79°32' 4.758"	78.0911	59.4843	78.8241	63.5804	78.8675	79.9786	82.0659	86.6735	49.8474	59.8545	67.3669	82.2056	64.8048	68.1146	71.7515	81.1115
13	8°59' 33.174"	79°32' 3.402"	83.6294	69.5797	81.5108	65.3218	77.4281	81.7544	81.4109	84.5265	60.7076	52.2756	71.7795	74.9218	67.2414	70.6787	77.8568	77.4533
14	9°00' 43.303"	79°31' 35.076"	73.7783	59.5656	77.0384	64.5441	78.5862	76.6402	79.6138	81.6938	64.7141	52.2033	66.4665	73.9074	68.2711	69.4973	79.0296	73.3889
15	9°00' 42.456"	79°31' 38.736"	78.4077	58.5135	79.8765	64.5564	73.7512	83.3076	78.5565	82.1967	60.5346	51.6275	67.0018	72.0855	74.2776	78.1925	78.0367	76.4081
16	9°00' 43.266"	79°31' 49.244"	77.1952	59.7389	74.4593	60.9185	66.4127	82.1056	78.2088	83.6695	49.8059	73.7725	70.3448	80.2289	64.3187	74.8986	73.4988	73.2158
17	9°00' 42.192"	79°31' 57.732"	78.3321	58.5849	67.6831	62.0509	70.0338	79.2331	74.7544	82.2401	60.8577	53.9144	66.3769	75.5048	72.8819	78.0944	77.4133	77.4493
18	9°01' 7.566"	79°32' 2.04"	76.6852	60.3645	75.6245	61.6277	79.6774	87.6983	78.6392	83.1776	52.2837	71.5173	68.5944	75.7338	73.2434	72.5264	78.2574	73.8377
19	9°01' 19.518	79°31'40.32"	79.4659	61.4856	79.1075	62.1783	75.3792	81.8607	76.8783	83.1429	49.8886	63.2678	65.9408	77.8522	77.9118	69.0547	73.1619	76.8341
20	9°01' 31.644"	79°31' 42.564"	73.8307	60.3367	72.8379	60.5921	77.5376	84.2768	81.0027	81.0879	64.6186	56.2123	67.9467	75.7845	72.5024	64.2788	70.5224	75.3276
21	9°01' 50.484"	79°31'58.65"	77.6473	58.4678	77.2764	62.9088	73.1478	77.2133	80.5697	82.6995	71.8366	59.6788	67.1024	73.2469	76.1756	69.9773	69.7908	76.1216
22	9°01' 54.798"	79°32' 1.532"	76.6592	59.5592	71.0613	62.8754	76.6534	82.9486	79.3204	85.6023	62.1519	61.5748	80.4142	79.5681	73.7123	72.9104	68.7745	76.8024
23	9°02' 7.002"	79°31' 54.672"	65.9765	60.2433	70.6986	64.7422	75.8966	80.4818	76.3007	85.1992	59.4128	66.0062	79.6086	77.5047	78.5544	76.7418	71.1487	74.3413
24	9°02' 8.64"	79°31' 51.948"	68.9035	57.9484	69.8979	60.6545	75.9884	75.9027	78.1786	83.4177	67.3807	63.5781	77.8971	74.9638	74.9743	75.7134	72.2265	69.7356
25	9°01' 43.824"	79°31' 30.108"	78.0023	57.8481	71.6461	61.7773	75.0436	79.8565	78.4150	83.4217	61.0813	59.0616	75.0143	81.2145	76.2667	77.4469	69.4044	70.3578
26	9°01' 15.432"	79°31' 47.472"	72.5777	58.6456	69.5156	62.7288	69.0478	81.2255	79.8886	80.6103	63.0201	68.3433	77.5073	82.3567	66.7465	75.1148	74.7818	71.1317

Fuente: Elaborada por los autores

### 3. Resultados

Una vez procesados los datos y exportados a Google Earth Pro, se procedió a descargar las imágenes mediante el software SAS.Planet, los cuales dieron como resultado las siguientes imágenes de los resultados del Drive Test. (ver figura3). En estas imágenes se aprecian los niveles de densidad de potencia para cada canal digital en el trayecto establecido para la medición, dependiendo del rango de la intensidad de la señal se le asigna un color para lograr observar el comportamiento de acuerdo con la ruta establecida.

De acuerdo con lo observado en las densidades de potencia, para cada canal, en las rutas establecidas los canales 26, 28, 30 y 31, respectivamente, despliegan niveles más altos de densidades de potencia a lo largo de la ruta establecida, y los canales más críticos son los canales 43, 44 y 45, respectivamente, dentro de los cuadros de medición de densidades de potencia. Los rangos de niveles de densidades de potencia se establecen de acuerdo con la tabla 3.

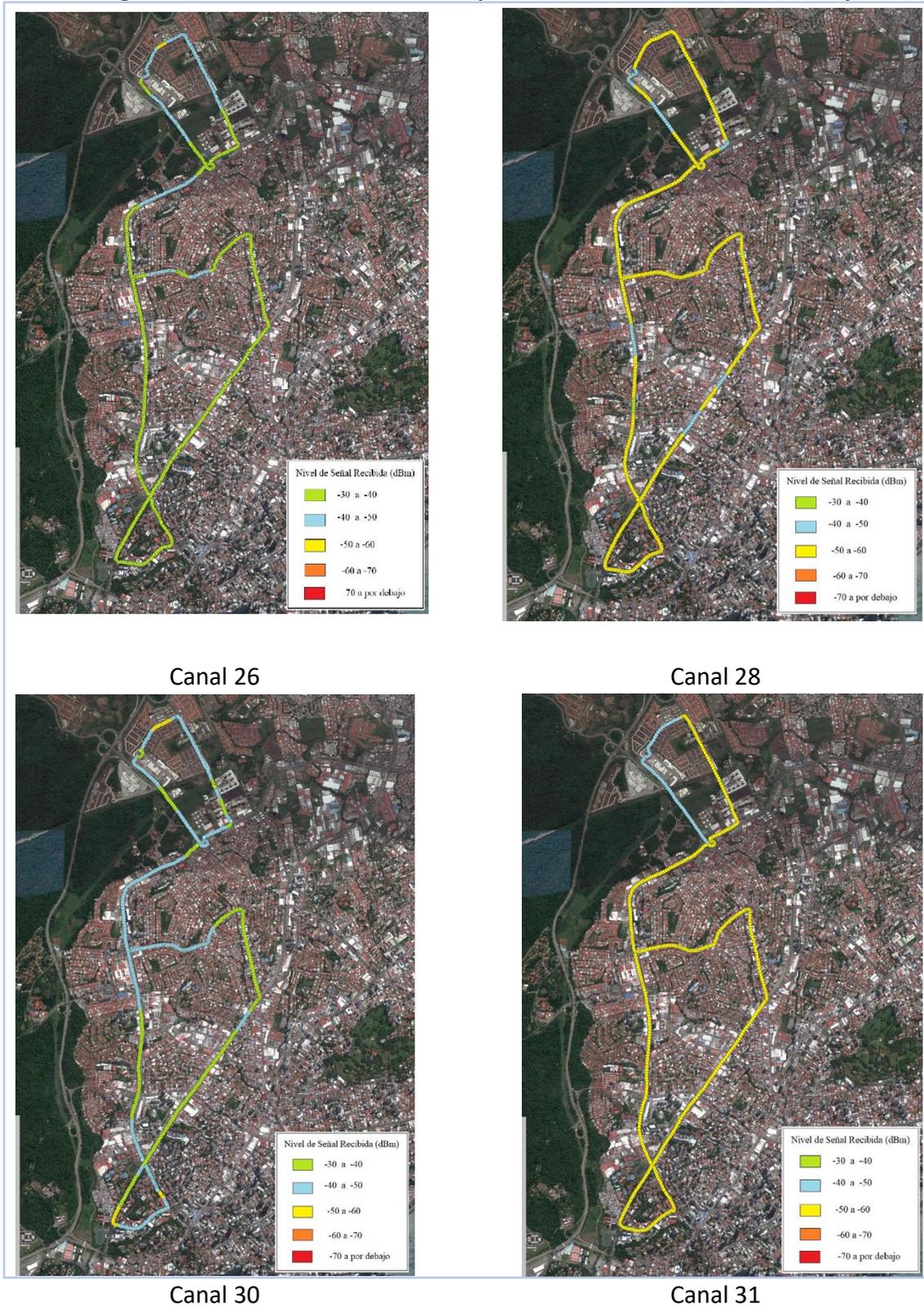
**Tabla 3: Niveles de medición de densidades de potencia**

Nivel de Señal Recibida (dBm)	
	-30 a -40
	-40 a -50
	-50 a -60
	-60 a -70
	-70 a por debajo

Fuente: Elaborada por los autores.

A continuación, se estudió el comportamiento de la densidad de potencia en 24 puntos seleccionados a lo largo del trayecto de las mediciones (ver tabla 4), estableciendo que el canal 42 constituye una mayor densidad de potencia durante el trayecto. La respectiva representación de las densidades de potencia de los 24 puntos se muestra en la figura 4.

**Figura 3: Niveles de densidades de potencia de los canales 26, 28, 30 y 31**



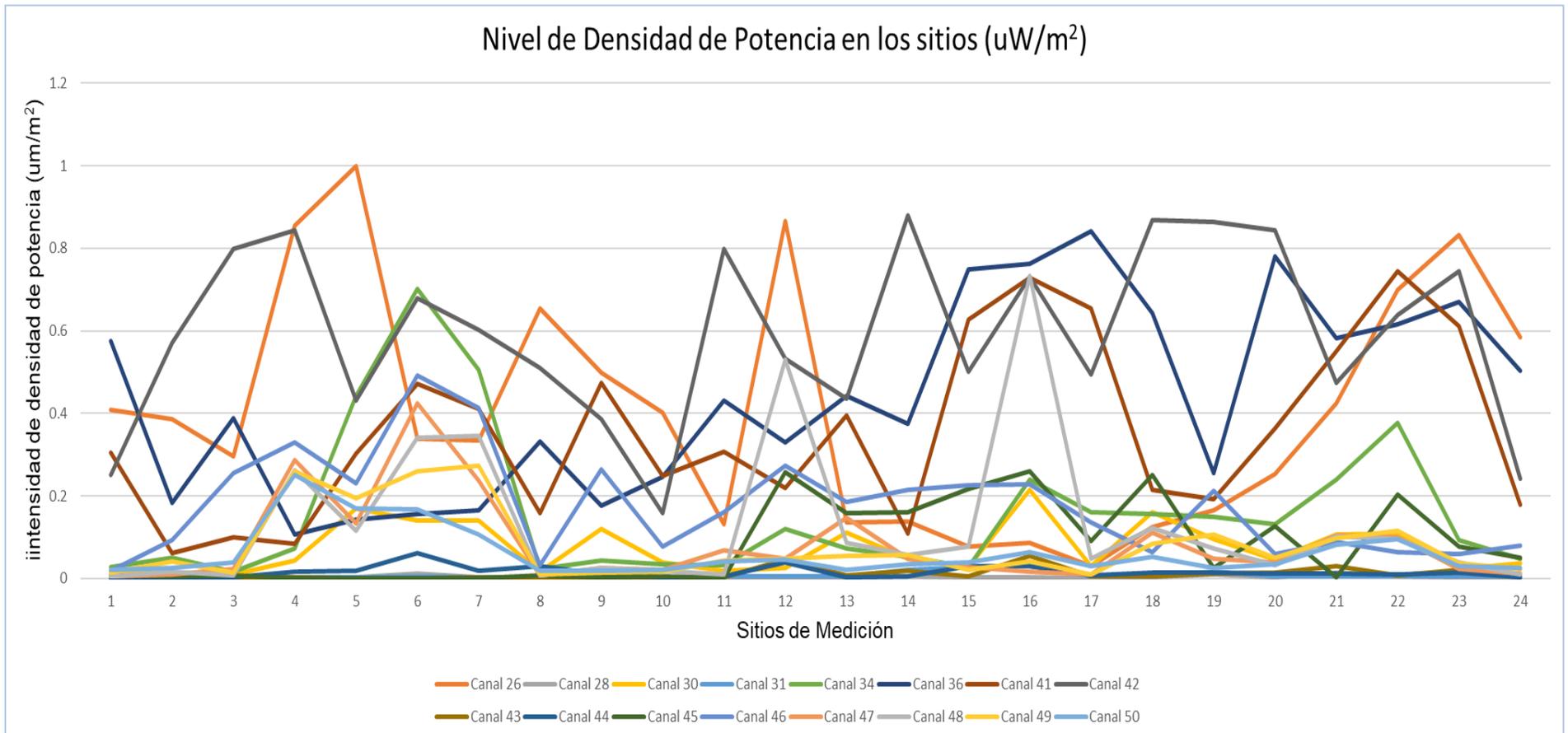
Fuente: Elaborada por los autores.

**Tabla 4: Densidades de potencia en 24 puntos de medición**

Nivel de Señal ( $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )																		
Sitios	Latitud(N)	Longitud(O)	Canal 26	Canal 28	Canal 30	Canal 31	Canal 34	Canal 36	Canal 41	Canal 42	Canal 43	Canal 44	Canal 45	Canal 46	Canal 47	Canal 48	Canal 49	Canal 50
1	8°59' 3.27"	79°31'49.98"	0.4091	0.0022	0.0186	0.0042	0.0285	0.5742	0.3051	0.2501	0.0012	0.0004	0.0069	0.0175	0.0046	0.0039	0.0142	0.0214
2	8°58'53.99"	79°31'58.59"	0.3854	0.0018	0.0129	0.0033	0.0507	0.1839	0.0624	0.5702	0.0045	0.0005	0.0039	0.0939	0.0099	0.0158	0.0419	0.0258
3	8°58'55.38"	79°32'10.76"	0.2954	0.0022	0.0096	0.0037	0.0172	0.3889	0.1002	0.7985	0.0012	0.0018	0.0079	0.2549	0.0228	0.0065	0.0140	0.0383
4	8°59'12.34"	79°32'2.04"	0.8545	0.0021	0.0428	0.0031	0.0722	0.1074	0.0849	0.8423	0.0020	0.0172	0.0011	0.3304	0.2872	0.2609	0.2606	0.2509
5	8°59'26.91"	79°31'53.13"	0.9981	0.0021	0.1689	0.0031	0.4427	0.1420	0.3027	0.4306	0.0014	0.0190	0.0014	0.2306	0.1324	0.1152	0.1944	0.1691
6	9°00'2.80"	79°31'27.41"	0.3385	0.0125	0.1404	0.0060	0.7023	0.1556	0.4712	0.6786	0.0013	0.0621	0.0007	0.4912	0.4252	0.3418	0.2590	0.1674
7	9°00'21.52"	79°31'13.91"	0.3334	0.0025	0.1411	0.0035	0.5057	0.1657	0.4101	0.6016	0.0038	0.0186	0.0008	0.4125	0.2370	0.3454	0.2725	0.1057
8	9°00'42.75"	79°31'17.89"	0.6541	0.0030	0.0161	0.0029	0.0230	0.3328	0.1592	0.5096	0.0008	0.0302	0.0084	0.0330	0.0067	0.0079	0.0106	0.0178
9	9°00'51.42"	79°31'29.95"	0.4982	0.0029	0.1203	0.0028	0.0437	0.1765	0.4742	0.3868	0.0006	0.0104	0.0017	0.2637	0.0261	0.0252	0.0138	0.0193
10	9°00'43.01"	79°31'34.52"	0.4017	0.0022	0.0391	0.0026	0.0341	0.2469	0.2475	0.1572	0.0010	0.0022	0.0041	0.0781	0.0197	0.0180	0.0169	0.0214
11	9°00'40.40"	79°32'4.68"	0.1311	0.0027	0.0190	0.0052	0.0317	0.4300	0.3066	0.7987	0.0037	0.0045	0.0007	0.1611	0.0677	0.0087	0.0435	0.0416
12	9°01'7.46"	79°32'2.54"	0.8657	0.0037	0.0258	0.0049	0.1195	0.3293	0.2195	0.5325	0.0456	0.0395	0.2568	0.2742	0.0477	0.5296	0.0472	0.0456
13	9°01'20.47"	79°31'39.68"	0.1356	0.0018	0.1107	0.0042	0.0719	0.4431	0.3956	0.4358	0.0066	0.0032	0.1572	0.1844	0.1477	0.0863	0.0551	0.0219
14	9°01'27.54"	79°31'39.82"	0.1379	0.0046	0.0470	0.0207	0.0526	0.3748	0.1087	0.8804	0.0189	0.0058	0.1612	0.2138	0.0472	0.0575	0.0571	0.0341
15	9°01'44.51"	79°31'53.38"	0.0775	0.0028	0.0265	0.0265	0.0276	0.7492	0.6262	0.5007	0.0053	0.0308	0.2176	0.2268	0.0277	0.0775	0.0212	0.0396
16	9°01'54.59"	79°32'1.33"	0.0863	0.0022	0.2148	0.0298	0.2391	0.7624	0.7278	0.7314	0.0552	0.0287	0.2603	0.2292	0.0153	0.7339	0.0419	0.0634
17	9°02'12.25"	79°31'44.81"	0.0288	0.0016	0.0296	0.0043	0.1602	0.8407	0.6546	0.4945	0.0054	0.0067	0.0915	0.1368	0.0099	0.0470	0.0097	0.0293
18	9°01'48.63"	79°31'32.26"	0.1245	0.0023	0.1603	0.0080	0.1564	0.6438	0.2135	0.8679	0.0054	0.0148	0.2510	0.0634	0.1106	0.1213	0.0839	0.0519
19	9°01'29.92"	79°31'23.93"	0.1661	0.0104	0.0959	0.0162	0.1499	0.2562	0.1923	0.8645	0.0117	0.0137	0.0244	0.2123	0.0473	0.0725	0.1062	0.0258
20	9°00'29.09"	79°32'2.00"	0.2521	0.0034	0.0446	0.0053	0.1324	0.7798	0.3624	0.8423	0.0151	0.0109	0.1277	0.0595	0.0379	0.0330	0.0492	0.0348
21	9°00'29.09"	79°32'1.69.09"	0.4237	0.0137	0.1057	0.0057	0.2385	0.5823	0.5494	0.4733	0.0303	0.0107	0.0022	0.0891	0.1047	0.1022	0.0979	0.0815
22	8°59'44.86"	79°32'44.86"	0.6995	0.0056	0.1083	0.0050	0.3767	0.6167	0.7437	0.6384	0.0065	0.0098	0.2027	0.0625	0.1001	0.0962	0.1157	0.0957
23	8°59'31.80"	79°32'2.86"	0.8326	0.0024	0.0228	0.0049	0.0941	0.6702	0.6102	0.7447	0.0203	0.0135	0.0774	0.0595	0.0236	0.0398	0.0355	0.0295
24	8°59'21.57"	79°31'59.45"	0.5848	0.0024	0.0358	0.0044	0.0471	0.5023	0.1792	0.2427	0.0045	0.0028	0.0510	0.0786	0.0118	0.0086	0.0226	0.0261

Fuente: Elaborada por los autores.

**Figura 4: Comportamiento de las densidades de potencia de los Canales DVB-T en el trayecto**



Fuente: Elaborada por los autores.

Como se puede observar existe una influencia en los valores de medición, los mismos son determinados por el valor de la frecuencia, la ubicación de los sitios de transmisión y la potencia de los equipos de transmisión (ver tabla 5), al igual hay que considerar las alturas de las antenas (ver tabla 1).

**Tabla 5: Potencia de transmisión por cada canal digital**

Canal	Potencia máxima de equipo de transmisión (Watt)	Potencia Irradiada Isotrópica Efectiva (PIRE) (Watts)
26	10000	313699.6
28	2400	185481.8
30	1200	705232.6
31	6000	220816.37
34	10000	577922.7
36	2400	104466.3
41	4000	93978.5
42	1700	63692.2
	2000	102374.7
	2000	98443.7
43	2000	102374.7
	2000	98443.7
44	2000	102374.7
	2000	98443.7
45	6100	225903.3
46	6100	315713.5
47	2000	154318.6
48	1700	658314.7
49	6000	179975.3
50	6000	179975.3
51	250	10678

**Fuente:** Autoridad de los Servicios Públicos (ASEP).

Estos valores de densidades de potencia deben garantizar que en ciertas localizaciones de la ciudad de Panamá sean, totalmente, cubiertas, para lo cual se aplicará método estadístico. Para ello, se analizará la variación de la señal con base en las intensidades de campos eléctricos expresadas en dB $\mu$ V/m, tal análisis es para demostrar si las mediciones desarrollan una distribución gaussiana. Estos valores se han obtenido, experimentalmente.

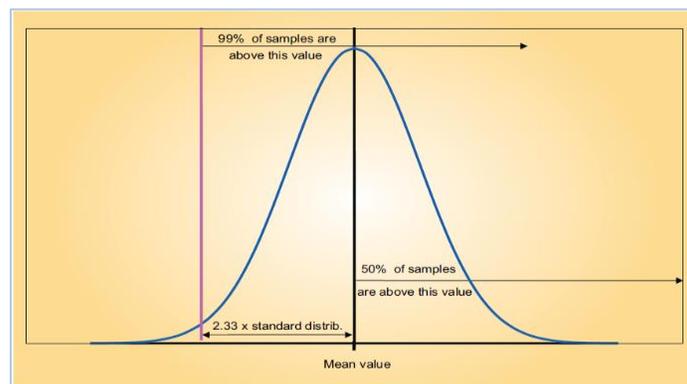
#### 4. Discusión

Al realizar estudio de cobertura para señales de RF, las estadísticas desempeñan un papel importante y la naturaleza estadística de los valores pronosticados no se puede ignorar. En el caso particular de la variación de la ubicación, se supone que las señales siguen una distribución log-normal y existen varios métodos disponibles para realizar sumas de tales señales de RF. Para describir el análisis propuesto estableceremos la explicación establecida en un artículo de planificación de cobertura de servicios móviles (Beeke, 2007).

Este artículo examina las predicciones de cobertura para señales de RF, en las cuales las estadísticas desempeñan un papel importante, al igual que la naturaleza de los valores predichos, los mismos no pueden ser ignorados. Como resultado de esto, se puede citar cualquier señal de predicción que tenga un valor medio y una varianza o desviación estándar asociada. Mediante el uso de estos valores, podemos determinar si debemos esperar o no, digamos, el 99% de las ubicaciones dentro de un cuadrado particular para recibir una cobertura aceptable. Generalmente, cuando se considera esta variación de ubicación, se considera que los valores siguen una distribución log-normal. Esto significa que el logaritmo del nivel de la señal sigue una distribución normal o gaussiana.

Para tenerlo más claro, consideramos el siguiente ejemplo simplificado, en conjunto con la figura 5. Esto implica que el área total bajo la curva corresponde a un 100% de cobertura, es decir, que variando la posición a partir del valor medio establecido por un factor multiplicado por la distribución o desviación estándar, podremos estimar el valor de la Emin requerida para un determinado porcentaje de cobertura.

**Figura 5: Distribución gaussiana-normal**



Fuente: [https://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev\\_312-beeke\\_lognorm.pdf](https://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev_312-beeke_lognorm.pdf).

Supongamos que una señal tiene un valor medio de 68 dB $\mu$ V/m y una desviación estándar de 5 dB. Ahora supongamos que necesitamos un nivel de señal de 60 dB $\mu$ V/m para que sea cubierta una determinada ubicación. Inicialmente, puede parecer que la cobertura se logra, sin embargo, debemos mirar esto con más cuidado. La señal real es de  $(68 \text{ dB}\mu\text{V/m} - 60 \text{ dB}\mu\text{V/m}) = 8 \text{ dB}$ , por encima del nivel requerido.

Ahora, para algunos servicios, en particular los de servicios móviles, podemos decidir que la cobertura es aceptable solo si se obtiene, por ejemplo, que el 99% de las ubicaciones están cubiertas.

Aquí es donde se requiere el conocimiento de la distribución estadística particular. En general, el 50% de las muestras debe tener un valor mayor que la media y 50% por debajo de la media.

Sin embargo, si estamos interesados en porcentajes distintos al 50%, entonces necesitamos saber la relación entre eso y la desviación estándar. Para la distribución gaussiana, el 99% de las muestras debe tener un valor de  $(\text{media}) - (2,33 \times \text{desviación estándar})$ . Por lo tanto, en nuestro caso, el 99% de las ubicaciones tendrá una intensidad de campo de  $68 - 2.33 \times 5 = 56.4 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ . Dado que este es inferior a los 60 dB dB $\mu$ V/m requeridos, podemos decir, que no se logrará una cobertura aceptable, es decir el 99%.

Veamos también qué porcentaje de ubicaciones debe estar por encima del nivel requerido de 60 dB $\mu$ V/m. Con una desviación estándar de 5 dB, entonces una diferencia de 8 dB es  $8/5 = 1.6 \times$  desviación estándar por encima de la media. Al observar la función de probabilidad acumulada inversa para la distribución gaussiana, encontramos que esto representa un poco menos del 95%: es decir, se puede esperar que el 95% de las ubicaciones tenga valores mayores que la media (1.6 veces de la desviación estándar).

El ejemplo anterior muestra por qué es tan importante obtener un valor preciso para la desviación estándar, así como la media. Este es el caso, particularmente, cuando estamos interesados en las colas de la distribución, por ejemplo, por encima del 90% o por debajo del 10%. La sobrestimación de la desviación estándar resultará en que las predicciones estén fuera de los valores reales y la red resultante será más costosa de lo que debería ser. Por el contrario, subestimar la desviación estándar puede resultar en que se establezcan

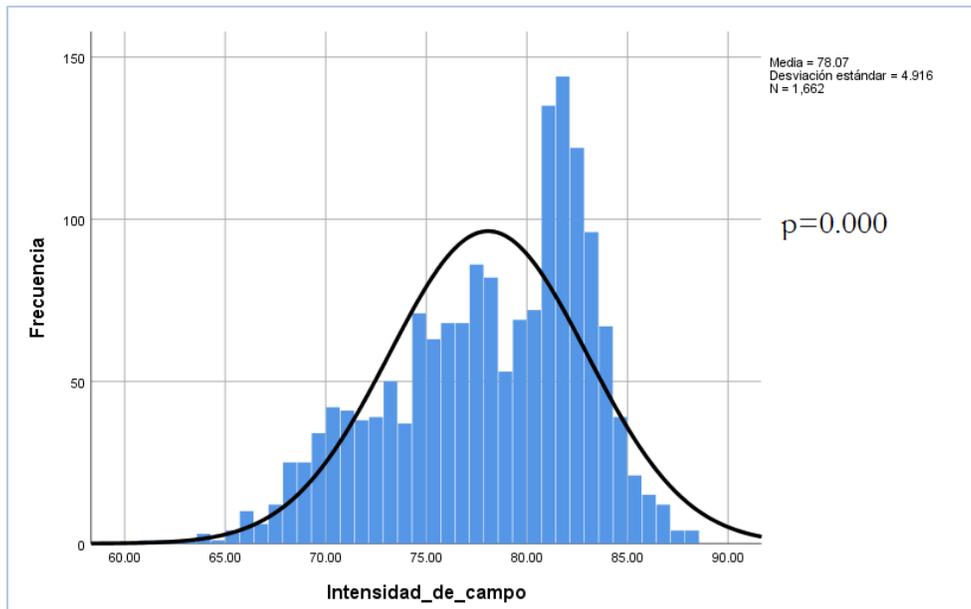
muy pocos sitios y en una red que no funcione, adecuadamente. La suma de señales es de particular importancia en una red de frecuencia única (SFN) donde es necesario sumar las señales deseadas, sumar las señales interferentes y también tomar en cuenta la intensidad de campo mínima requerida para superar el ruido del sistema.

La distribución estadística de estas medidas, expresadas en dB $\mu$ V, nos deben determinar los niveles de respuesta de una campana de Gauss, con un valor de la media (superado en el 50% de las localizaciones o emplazamientos) y una desviación típica. Al igual, nos debe determinar los valores mínimos de las intensidades de los campos que puedan superar el 70% o en el 95% de las localizaciones dentro de la ruta de medición. Para estos casos nos debe interesar el valor de la media con base en la intensidad de campo, en el límite de la zona de cobertura, dado que este valor será el dato de entrada para los estudios de propagación. (Rábanos et al., 2013)

El comportamiento de las intensidades de los campos eléctricos en la que se representa la función de densidad de probabilidad de las intensidades de campo, para diferentes valores de la media de las intensidades de campo eléctrico E. En el primer caso, el valor de la media de E coincide con el valor mínimo de la intensidad del campo eléctrico  $E_{min}$ , con lo que solo se dará servicio al 50% de las localizaciones dentro del “área pequeña”. Para dar cobertura a un porcentaje mayor, el valor de la media debe ser superior al mínimo, en una diferencia que se denomina margen. Aplicando la distribución de Gauss se obtiene que el margen para el 70% de las localizaciones debe ser de 0,52 veces la desviación estándar  $\sigma$ , mientras que para cubrir el 95% el margen es 1,64 veces  $\sigma$ . El valor de la media de la intensidad del campo eléctrico E debe ser superior al valor mínimo en dichas cantidades si se desea que el 70% o el 95% de las localizaciones estén cubiertas.

Para la realización del análisis estadístico se utilizará el software IBM SPSS Statistics donde los datos serán las intensidades de los campos eléctricos medidas en dBuV/m. Se realizaron las pruebas de distribución normal de Kolmogorov-Smirnov y otros estudios estadísticos. Los resultados de estos se muestran en la tabla 5. Las distribuciones normales de las muestras para cada recorrido de cada canal lo representamos en la figura 6 (canal 26).

**Figura 6: Distribución normal de las intensidades de campos del canal 26**



Fuente: Elaborada por IBM SPSS.

Solo dos canales de televisión digital desarrollan valores de  $p > 0.05$ , estos canales digitales son el canal 36 y 42 con valores de  $p = 0.200$  y  $0.116$ , respectivamente, lo cual significa que los datos se distribuyen de manera normal y de forma simétrica.

**Tabla 6: Información Estadística de las Mediciones realizadas por Canal TDT**

Canal de TDT	Número de Muestras	Media (dB $\mu$ V/m)	Desviación estándar, $\sigma$ (dB)	Sig. Asintótica	Error estándar de la media	Valor Mínimo (dB $\mu$ V/m)	Valor Máximo (dB $\mu$ V/m)
26	1662	78.0745	4.9160	0.000	0.12058	61.34	88.21
28	1380	60.0102	3.1022	0.000	0.08351	54.68	88.22
30	1230	71.4797	4.6423	0.000	0.13239	63.16	86.31
31	1332	62.5742	2.4897	0.000	0.06822	56.01	77.38
34	1314	74.5402	5.1271	0.000	0.14143	60.88	88.22
36	1212	81.1158	3.1899	0.200	0.09163	70.82	88.76
41	1398	78.6114	3.5362	0.000	0.09458	69.07	87.99
42	1492	82.6363	2.6629	0.116	0.06901	75.00	88.44
43	1398	59.9646	6.7337	0.000	0.18012	48.53	77.96
44	1284	61.4905	7.1103	0.000	0.19842	47.82	77.89
45	1318	68.8573	9.5660	0.000	0.26350	51.35	81.48
46	1320	76.1967	4.2872	0.000	0.11801	63.58	85.77
47	1158	70.9107	5.6345	0.000	0.16562	59.60	86.36
48	1374	70.7062	5.0546	0.000	0.13634	61.07	83.54
49	1194	71.5009	4.2897	0.000	0.12414	62.35	82.05
50	1278	71.5878	3.3839	0.000	0.09466	64.43	81.36

Fuente: Elaborada por los autores.

#### 4.1 Nivel mínimo de intensidad de campo eléctrico para DVB-T

En ninguna regulación de la ASEP aparece el valor establecido para el nivel de referencia de la intensidad de campo mínimo aceptable para asegurar una calidad de servicio de 95% para el formato de DVB-T, la existente es una recomendación establecida para la televisión analógica lo cual no podemos utilizar. Este valor nos determinará el nivel de cobertura de las señales de televisión digital, como no hay una referencia estimaremos estos niveles de campo eléctrico por medio de análisis de la intensidad de campo mínima requerida, para ello, haremos uso de la recomendación de planificación de redes de DVB-T conocida como EBU TECH 3348 (EBU, 2014), definida para DVB-T y el resto de los parámetros necesarios, para el cálculo de la intensidad de campo. Para determinar este parámetro requerimos del valor de CNR mínima (relación Carrier-to-noise), la relación portadora/ruido, a menudo escrita como CNR o C/N, es una medida de la intensidad de portadora recibida en relación con la intensidad del ruido recibido. Las relaciones C/N altas proporcionan una mejor calidad de recepción y, en general, una recepción más precisa y confiable, para ello, es importante establecer los diferentes esquemas de demodulaciones digitales aplicados en un canal Rayleigh, para eso estimaremos el nivel potencia de ruido  $P_n$ , mediante la siguiente ecuación 2:

$$P_n = NF + 10 \log_{10}[KT_oB] \quad \text{ec. 2}$$

Donde:

$P_n$ =potencia de ruido intrínseco del receptor (dBW)

NF = factor de ruido del receptor que utilizaremos de 7 dB de acuerdo con la recomendación EBU TECH 3348 para receptores de DVB-T.

K= constante de Boltzman ( $1.3806504 \times 10^{-23}$ Js/K)

$T_o$ = temperatura absoluta (290K)

B= ancho de banda de 6 MHz del canal digital.

C/N= es valor de S/N (señal a ruido) de radiofrecuencia a la entrada del receptor que necesita el sistema, es la relación portadora a ruido establecido para cada modo de transmisión del canal de Rayleigh, en este caso lo estimaremos para un modo de transmisión de 64QAM y 7/8, este nos proporciona un valor de 30.3dB.

Ahora se debe calcular la intensidad mínima de campo eléctrico  $E_{min}$ , pero primero se deben establecer la densidad de flujo de potencia mínima en la recepción ( $\phi_{min}$ ).

Densidad de flujo de potencia mínima en la recepción ( $\phi_{min}$ ) expresada en dBW/m<sup>2</sup>.

$$\phi_{min} = P_{smin} - A_a + L_f$$

$$A_a = G_a + 10 \log_{10} (1,64 * (\lambda^2 / (4 * \pi))) \quad \text{ec.4}$$

Donde:

$A_a$  = Apertura efectiva de la antena; en donde está estipulado la ganancia de la antena de acuerdo con la recomendación se establece un valor de 11 dBd para un dipolo de media onda, en nuestro caso utilizamos una antena dipolo de media onda cruzada, este nos proporciona una ganancia de 5.29dBd.

$L_f$  = Pérdidas del alimentador en la antena (dB), este valor es de 0dB.

$G_a$  = Ganancia de antena relativa al dipolo de media onda (dBd), en este caso 5.29dBd.

$\lambda$  = Longitud de onda de la señal (m).

$$E_{min} = \phi_{min} + 120 + 10 \log(120\pi) \quad \text{ec.5}$$

$$E_{med} = E_{min} + P_{mnn} + Cl + L_h \quad \text{ec.6}$$

$$Cl = \mu * \sigma_t \quad \text{ec.7}$$

$$\sigma_t = \sqrt{\sigma_b^2 + \sigma_m^2} \quad \text{ec.8}$$

Donde:

$E_{min}$  = Mínima intensidad de campo equivalente en emplazamiento de recepción (dB $\mu$ V/m).

$E_{med}$  = Mínimo valor medio de la intensidad de campo equivalente, valor de planificación (dB $\mu$ V/m).

$P_{mnn}$  = margen de ruido artificial (los valores medianos de la potencia de ruido artificial aparecen en la recomendación UIT-R P.372-10).

$Cl$  = factor de corrección de ubicación (dB).

$\mu$  = Factor de distribución que toma el valor 0.52 para el 70%, 1.28 para el 90%, 1.64 para el 95% y 2.33 para el 99%.

$\sigma_t$  = Desviación típica total (dB).

$\sigma_m$  = Desviación típica a macroescala (5.5dB), según recomendación UIT-R BT-1368-13.

$\sigma_b$ =Desviación típica de las pérdidas del edificio(dB), como el estudio se realizó para exteriores este valor es de 0dB.

$L_h$ = Pérdidas provocadas por el cable coaxial y los conectores, para la banda de frecuencia de 500MHz esta pérdida es de 0.9dB y la banda de 600MHz es de 1.4dB.

El resultado de las intensidades de los campos eléctricos teóricos  $E_{min}$  y  $E_{med}$  lo observamos en la tabla 7:

**Tabla 7: Valores teóricos de las intensidades de campo de acuerdo con el tipo de constelación y canal a ruido**

Constelación	Tasa de codificación	C/N Canal Rayleigh	Banda de 500MHz		Banda de 600MHz	
			$E_{min}$ Para recepción fija 70% (dB $\mu$ V/m)	$E_{med}$ Para recepción fija de 95% (dB $\mu$ V/m)	$E_{min}$ Para recepción fija 70% (dB $\mu$ V/m)	$E_{med}$ Para recepción fija de 95% (dB $\mu$ V/m)
64-QAM	7/8	30.31	55.21	67.17	56.79	69.25

Fuente: Elaborada por los autores.

Dentro de las especificaciones de los receptores que proporciona la Autoridad de los Servicios Públicos de Panamá, para la venta al consumidor, el mismo establece que debe operar bajo un modo de recepción de 64QAM y una tasa de codificación de 7/8, por lo tanto, utilizando como referencia el cuadro 6 los valores de la  $E_{media}$ , para la banda de 500MHz y 600MHz, para una cobertura de 95% será de 67.17dB $\mu$ V/m y 69.25dB $\mu$ V/m, respectivamente. Para establecer el margen de cobertura de 70%, para la banda de 500MHz el  $E_{min}$ =55.21 dB $\mu$ V/m con  $E_{med}$ =61.51 dB $\mu$ V/m, para la banda de 600MHz sería de  $E_{min}$ =56.79 dB $\mu$ V/m y  $E_{med}$ =63.09 dB $\mu$ V/m.

El significado de estos valores establece que para la banda de frecuencia de 500MHz, si el valor medio de la intensidad de campo eléctrico  $E$  medido, supera el valor teórico de  $E_{med}$ =67,17dB $\mu$ V/m, entonces al menos en el 95% de las localizaciones se supera el campo mínimo de  $E_{min}$ =55.21 dB $\mu$ V/m, esto lo verificamos con cada canal para establecer el nivel de cobertura si se cumple. Este procedimiento lo repetimos para la banda de 600MHz.

La tabla 8 nos muestra los porcentajes de cobertura de cada canal digital considerando el valor medio de la intensidad de campo medido y la intensidad de campo medio teórico.

**Tabla 8: Estimación de los valores mínimos de intensidades de campos eléctricos para lograr una cobertura de 50%, 70% y 95% en los sitios de medición**

Canal Digital	Emedio dB $\mu$ V/m Medidos	Emedio para 95% dB $\mu$ V/m Teórico	Emedio para 70% dB $\mu$ V/m Teórico	Porcentaje de cobertura	Aplicación al servicio
26	78.07	67.17	61.51	95%	Fijo Móvil
28	60.01	67.17	61.51	50%	Fijo No cumple Con movilidad
30	71.42	67.17	61.51	95%	Fijo Móvil
31	62.27	67.17	61.51	70%	Fijo Móvil
34	74.54	67.17	61.51	95%	Fijo Móvil
36	81.11	69.25	63.09	95%	Fijo Móvil
41	78.61	69.25	63.09	95%	Fijo Móvil
42	82.63	69.25	63.09	95%	Fijo Móvil
43	59.96	69.25	63.09	50%	Fijo No cumple con movilidad
44	61.49	69.25	63.09	50%	Fijo No cumple con movilidad
45	68.85	69.25	63.09	70%	Fijo Móvil
46	76.19	69.25	63.09	95%	Fijo Móvil
47	70.91	69.25	63.09	95%	Fijo Móvil
48	70.70	69.25	63.09	95%	Fijo Móvil
49	71.50	69.25	63.09	95%	Fijo Móvil
50	71.58	69.25	63.09	95%	Fijo Móvil

Fuente: Elaborada por los autores.

La tabla 9 nos brinda los porcentajes de cobertura del 95%, 70% y 50%, para las estimaciones de los diferentes canales del estudio realizado.

**Tabla 9: Porcentajes de cobertura de los canales digitales**

Cobertura de locaciones	Número de Canales Digitales	Porcentaje (%)
95%	11	68.75
70%	2	12.50
50%	3	18.75
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaborada por los autores.

De los datos resultantes nos confirma que el 68.75% de los canales nos aseguran una cobertura del 95% (11 canales), para la recepción de señales de televisión digital en el formato de DVB-T en el corregimiento de Bethania y permitiendo también la recepción de señales con equipos receptores que están en movimiento. Cobertura que se ha definido en los emplazamientos o ubicaciones de estudio.

## 5. Conclusiones

- Con el desarrollo de la unidad capturadora de RF para la medición de las intensidades del campo eléctrico, y de sus respectivas densidades de potencia, se ha demostrado ser un recurso de suma utilidad para estimar la cobertura de las señales de los canales de televisión digital en el formato DVB-T y, en la medición de las intensidades de campo en cualquier punto geográfico.
- De los datos resultantes nos confirma que el 68.75% de los canales nos aseguran una cobertura del 95% (11 canales), para la recepción de señales de televisión digital en el formato de DVB-T en el corregimiento de Bethania y Bella Vista. Para los canales de televisión digital que su porcentaje se encuentran dentro del 70% de la cobertura se debió a su rango de distancia muy prolongado, es decir, están transmitiendo en ubicaciones muy distantes y, que las alturas de sus antenas son muy bajas, desarrollando densidades de potencia muy bajas en el área de estudio.
- Los resultados indican que es importante validar todos los datos medidos utilizando herramientas predictivas basados en modelos de propagación de señales de RF para la estimación de las intensidades de los campos eléctricos desarrollados por los sitios de transmisión, ya que, consideran las alturas del terreno en el trayecto en la cuales se

propagan las señales de RF, para lo cual se validó mediante un software predictivo basado en la recomendación REC- UIT-1546 sugerido por la ASEP, en este caso fue el software XIRIO ONLINE, en las cuales se simuló las condiciones reales de acuerdo a los parámetros de transmisión publicados por la página WEB de la ASEP.

- Es importante destacar que esta metodología de medición se puede aplicar a otros sectores de la República de Panamá. Dado los resultados del estudio es de gran importancia para la entidad reguladora (ASEP), y las televisoras para que establezcan los procedimientos y puedan mejorar la cobertura de alguna zona y beneficiar a los usuarios finales que son los televidentes.
- Hay que mencionar que a pesar de que el canal 51 tiene permiso de operación y está registrado en la base de datos de la ASEP no se detectó ningún tipo de transmisión por parte del canal en mención.

### **Referencias bibliográficas**

- ASEP (2009). Autoridad de los Servicios Públicos. *Adopción de la Norma DVB-T en la República de Panamá*. Recuperado de: [https://www.asep.gob.pa/wp-content/uploads/tdt/normativas/ejecutivo\\_96.pdf](https://www.asep.gob.pa/wp-content/uploads/tdt/normativas/ejecutivo_96.pdf)
- Beeke, K. (2007). Spectrum Planning-Analysis of methods for the summation of Log-normal distributions. *EBU Technical Review*. 1-9. *EBU Technical Review*, 1 (7), 1-9.
- Berjon-Eriz G., Eizmendi I., Vélez M.M., Prieto G., Montalban J., Arrinda A., De la Vega, D. (2011). *Performance evaluation procedure for mobile DVB-T2 reception in urban environments*. 2011 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB).
- DVB (2017). *Estándar de Transmisión de Televisión Digital y sus actualizaciones*. Recuperado de: <https://www.dvb.org/standards/dvb-t2>.
- EBU (2014). European Broadcasting Union. EBU TECH 3348. *Frequency and network planning aspects of DVB-T2*. Recuperado de: <https://tech.ebu.ch/docs/tech/tech3348.pdf>

Gandia, J., Sánchez, J. Gómez-Barquero, D., Cardona, N. (2011). Modelos de propagación radio para redes de TDT móvil en la banda UHF. *Rev. S&T*, 9 (18), 9-27.

Pidanic, J., Juryca, K. (2017). *Analysis of DVB-T2 Signal for Exploitation by Passive Coherent Location System*. 27th International Conference Radioelektronika (RADIOELEKTRONIKA).

Rábanos, J.M., Riera, J. Mendo, I. (2013). *Transmisión por Radio*. Séptima Edición, España: Editorial Universitaria Ramón Areces.

Stukavec, R., Kratochvíl, T. (2010). Simulation and Measurement of the Transmission Distortions of the Digital Television DVB-T/H. *Rev. Radioengineering*, 19 (9), 429-436.

UIT. (2011). *Mediciones de intensidad de campo a lo largo de una ruta con registros de las coordenadas geográficas*. Recuperado de:

[https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1708-1-201109-I!!PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1708-1-201109-I!!PDF-S.pdf)

UIT. (2011). *Manual de Comprobación Técnica del Espectro*. Unión Internacional de Telecomunicaciones. Oficina de Radiocomunicaciones. Recuperado de:

[https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-r/opb/hdb/R-HDB-23-2011-PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/hdb/R-HDB-23-2011-PDF-S.pdf)

UIT. (2009). *Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3 000 MHz*. Recuperado de:

[https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1546-4-200910-S!!PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1546-4-200910-S!!PDF-S.pdf)

UIT. (2009). *Ruido radioeléctrico. Serie P. Propagación de las ondas radioeléctricas*. Unión Internacional de Telecomunicaciones. Recuperado de:

[https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.372-13-201609-I!!PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.372-13-201609-I!!PDF-S.pdf)

UIT. (2014). *Mediciones de la cobertura de la DVB-T y verificación de los criterios de Planificación*. Recuperado de:

[https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1875-2-201408-I!!PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1875-2-201408-I!!PDF-S.pdf)

UIT. (2017). *Criterios para la planificación, incluidas las relaciones de protección, de los servicios de televisión digital terrenal en las bandas de ondas métricas/decimétricas*.

Unión Internacional de Telecomunicaciones. Recuperado de:

<https://www.itu.int/rec/R-REC-BT.1368-13-201706-I/es>