

MEDICIÓN DE LA INTENSIDAD DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA EN LA CIUDAD DE LA RIOJA

**Contrera, Sergio⁽¹⁾ – Orquera, Jorge⁽¹⁾ – Orquera, Mariano⁽¹⁾ – Rearte, Chahín Pedro⁽²⁾ –
Almonacid, Oscar⁽²⁾ – Conci, Jorge⁽²⁾**

(1) Graduados, Departamento Electrónica UTN-FRLR

(2) Cátedra Proyecto Final, Departamento Electrónica UTN-FRLR
e-mail: sergiocontrera10@gmail.com

Resumen: En la actualidad, la utilización del espectro radioeléctrico se ha vuelto cada vez más frecuente debido al aumento de los dispositivos móviles, las tecnologías de comunicación inalámbrica y la necesidad de conectividad en todo momento. Este crecimiento ha generado un mayor uso del espectro, lo que ha llevado a que se analice su situación actual y se evalúe la necesidad de realizar mediciones para conocer su estado. El documento aquí presentado se enmarca en la figura de un Proyecto de Investigación aplicada presentado ante la Secretaría de Ciencia y Tecnología de nuestra facultad como un Proyecto de Investigación desarrollado por los alumnos intervinientes y el cuerpo docente de la carrera de Ingeniería Electrónica. El trabajo se enfoca específicamente en el análisis del espectro radioeléctrico en la ciudad de La Rioja, Argentina, con el objetivo de entender cómo se está utilizando en esta zona geográfica y cómo está distribuido en diferentes frecuencias. Para lograr este objetivo, se realizaron mediciones en ocho puntos diferentes de la ciudad para evaluar la recepción y potencia de las señales en diferentes frecuencias. Con los datos recolectados, se construyó un gráfico de burbujas que permite visualizar la distribución del espectro en la ciudad. Además de conocer el estado actual del espectro radioeléctrico en la ciudad, es importante destacar la necesidad de garantizar que las señales de una banda no interfieran con otras, lo que se conoce como interferencia electromagnética. Esto se debe a que la interferencia puede causar una degradación en la calidad de la señal, lo que puede afectar negativamente la transmisión de datos y la comunicación en general. El estudio es de gran relevancia para la ciudad de La Rioja, ya que proporciona información valiosa sobre el estado actual del espectro radioeléctrico. Esto permitirá a las autoridades y empresas de telecomunicaciones tomar decisiones sobre la utilización de este recurso y garantizar una distribución eficiente y equitativa del mismo, evitando la interferencia entre las diferentes bandas y asegurando la calidad y estabilidad de las señales. Además, el estudio sienta las bases para futuras investigaciones en la materia, lo que contribuirá al desarrollo de tecnologías más eficientes y sostenibles en el futuro.

Palabras Claves: Espectro radioeléctrico, Frecuencia, Interferencia.

Introducción

La comunicación es la acción de intercambiar información entre un emisor y un receptor a través de un medio. En esta acción debe existir un mensaje, ser transmitido y ser receptado. Ese mensaje, para ser útil, debe estar codificado por el transmisor de manera tal que el receptor pueda decodificarlo y procesarlo.

El transmisor convierte la información original de la fuente a una forma más adecuada para la transmisión, el medio de transmisión proporciona una vía de conexión entre el transmisor y el receptor, convierte la información recibida a su forma original y la transfiere a su destino.

La comunicación puede establecerse de manera natural o artificial y, esta última, puede ser analógica o digital constituyendo un sistema electrónico de comunicación. En un sistema de comunicaciones analógico la energía electromagnética se transmite y recibe como señal variable continua, mientras que en un sistema digital la energía electromagnética se transmite y recibe en forma de niveles discretos.

El objetivo de este trabajo es comprender y evaluar la intensidad de la radiación electromagnética en diversas ubicaciones geográficas de la ciudad de La Rioja, en un amplio espectro de frecuencias. Se busca analizar cómo varía la exposición a esta radiación en entornos urbanos e identificar posibles patrones relacionados con la intensidad de la señal.

Con ello se podrá proporcionar información valiosa sobre el nivel de radiación electromagnética en diferentes lugares, lo que puede tener implicaciones significativas para la salud pública y la toma de decisiones en beneficio de la sociedad. Además, se sugiere establecer la posibilidad de que la universidad ofrezca un servicio de medición de radiación electromagnética para la comunidad, que podría contribuir a la concienciación y la gestión responsable de esta tecnología.

En este contexto, se comparte una metodología detallada para realizar mediciones similares en otras ubicaciones, permitiendo que otros investigadores y la comunidad en general puedan replicar y ampliar este estudio. La publicación de la metodología busca promover la transparencia y la replicabilidad en la investigación científica relacionada con la radiación electromagnética.

También se ofrece la oportunidad de analizar la conformidad de las transmisiones comerciales con las normativas establecidas lo que puede revelar si algunas emisoras o sistemas de transmisión no cumplen con las regulaciones vigentes. Esto resalta la importancia del monitoreo y cumplimiento de las normas para garantizar la seguridad y la correcta distribución de un recurso limitado como lo es este espectro.

Desarrollo

Las comunicaciones electrónicas no han cambiado mucho desde sus inicios, pero si los métodos por los cuales se han implantado. Los circuitos integrados simplificaron su diseño permitiendo la miniaturización, mayor eficiencia y menores costos relacionados. La necesidad de comunicarse es cada vez mayor y esta necesidad ha estimulado al crecimiento de la industria de las comunicaciones electrónicas.

El espectro radioeléctrico, de frecuencia 30Hz a 300GHz, es una porción del espectro electromagnético que se aprovecha como medio de transmisión y recepción de información. Al estar limitado, y por ser un recurso que todos pueden usar, existen organismos que regulan su uso. En Argentina este ente es ENACOM.

En las comunicaciones analógicas la energía se transmite y recibe de forma analógica variando continuamente en el tiempo, mientras que en la transmisión digital no hay portadora analógica y la información, que originalmente puede ser digital o analógica, debe ser convertida a forma digital antes de ser transmitida.

Muchas veces no es práctico transmitir la información “tal cual es”, por lo tanto, se precisan de técnicas que hagan factible, segura y práctica la transmisión. Para ello se utiliza la modulación y demodulación. Modular es variar una o más propiedades de una onda periódica, llamada señal portadora, con otra señal, la modulante, que normalmente contiene la información a transmitir.

Existen diferentes formas de modulación tales como AM, FM, PM, ASK, FSK y PSK según la propiedad que se haga variar. Otra forma es la QAM en donde varían dos propiedades al mismo tiempo. La modulación se lleva a cabo en un transmisor mediante un circuito llamado modulador. La demodulación es el proceso inverso y reconvierte la señal modulada en la información original.

Hay dos razones por las cuales es útil modular: en primer lugar, hay casos en que es difícil irradiar señales de baja frecuencia en forma electromagnética y por otro lado, distintas señales de información pueden ocupar el mismo “espacio” y si se transmiten al mismo tiempo pueden interferir perjudicialmente entre sí.

El estudio de la propagación de ondas se realiza mediante la Serie de Fourier cuyas condiciones formales útiles fueron establecidas por Dirichlet. El cálculo y el estudio de la serie de Fourier se conoce como análisis armónico y es extremadamente útil para dividir una función periódica arbitraria en un conjunto de términos simples que se pueden conectar, resolver individualmente y luego recombinar para obtener la solución al problema original, o una aproximación a la precisión deseada o práctica.

La representación de la amplitud de los componentes versus la frecuencia se la conoce como representación espectral o de espectros, ya que espectro es un nombre alternativo de componente.

Materiales y Métodos

Para realizar este trabajo se realizaron ajustes de equipamientos y se diseñaron, midieron y utilizaron antenas de acuerdo con las bandas de frecuencias a sintonizar. Se seleccionó y adaptó el instrumental de medición para la toma de lecturas del campo electromagnético. Se midió la intensidad de señal recibida y piso de ruido en las geolocalizaciones determinadas y se diagramó un informe de ocupación del espectro en la ciudad de La Rioja.

Instrumental para el análisis espectral:

Las características de las señales que son difíciles de apreciar en el dominio del tiempo, en el dominio de la frecuencia se vuelven visibles y relevantes. Cuando se desea visualizar el contenido espectral de las señales se disponen de varias opciones de equipos: analizadores de espectro, analizadores de Fourier, analizadores vectoriales y osciloscopios digitalizadores.

El Analizador de espectro permite, por ej., distinguir las espurias de la señal de interés. La forma más común es mostrar en una pantalla la amplitud en el eje vertical (logarítmico) y la frecuencia en el horizontal (lineal), lo que posibilita visualizar señales con grandes diferencias de amplitud, escala que está dada en decibeles.

Por otro lado, es importante la selección y/o diseño de las antenas empleadas para recibir las diferentes señales (figura 1).



Figura 1: Esquema de antenas TX y RX

En algunas mediciones se emplearon antenas ya diseñadas con la posibilidad de modificar sus longitudes para diferentes señales y se empleó la antena discono diseñada en la Práctica Profesional Supervisada del alumno Mariano Orquera.

En la imagen 1, se muestran los puntos en donde se realizaron las mediciones.



Imagen 1: Puntos de mediciones en la ciudad de La Rioja

Para las mediciones de FM se usó un analizador de espectro Instek GSP-827 con un ancho de banda de 2.7GHz, detección de amplitud máxima de la señal y posibilidad de congelar la imagen. Con los resultados se confeccionó una tabla con la imagen del espectro analizado por localización y las observaciones correspondientes.

Las mediciones de señales de TV analógica se realizaron para las 2 emisoras en la banda de VHF, Canal 9 de La Rioja entre 186MHz y 192MHz, y canal 13 entre 210MHz y 216MHz.

Se usaron dispositivos de radio SDR (Radio Definida por Software) para recibir, decodificar, procesar y transmitir señales de radio, desde muy bajas frecuencias (VLF) hasta frecuencias de microondas.

Los dispositivos SDR pueden medir el espectro radioeléctrico permitiendo analizar el espectro de frecuencias en tiempo real y detectar interferencias y otras anomalías. Esto es especialmente útil en aplicaciones de comunicaciones inalámbricas, donde las interferencias pueden causar problemas graves en la calidad de la señal y la fiabilidad de la comunicación. También aplican para monitorizar banda ancha y la identificación de señales de radio desconocidas o no autorizadas. Así, los SDR pueden analizar las características de la señal y determinar su origen y propósito.

El dispositivo SDR adquirido presenta las siguientes características: • Banda Aérea; • Recibir tráfico aéreo estilo radar; • Recibir FM comercial; • Recepcionar Satélites; •

Recibir imágenes de satélites NOAA; • Escuchar servicios de emergencia; • Recibe AM-FM-LSB-CW-RAW

Todas las mediciones realizadas con este dispositivo fueron realizadas en la intersección de calles Rivadavia y Güemes en inmediaciones de la emisora de radio comercial POWER HIT FM que transmite su señal en la frecuencia central 90.3MHz.

Resultados

En todas las ubicaciones la portadora de video y de audio presentan buena calidad.

Con el Analizador de Espectro en Televisión Digital Terrestre se tiene buena potencia recibida en todos los puntos de medición: de 515MHz a 533MHz (aprox.); de 533MHz a 545MHz (aprox.) y de 557MHz a 563MHz (aprox.). Los canales para los que se encontró señal transmitida en el momento de las mediciones fueron los canales: 21, 22, 23, 25, 28 y 29.

Al igual que en el caso de la Televisión Digital, la Telefonía Celular también presentaba buena señal en todas las locaciones debido a la gran densidad de antenas distribuidas en todo el territorio de la ciudad.

En las siguientes figuras (2 a 9) se muestran algunos de los resultados obtenidos:



Figura 2: Señal con buena modulación

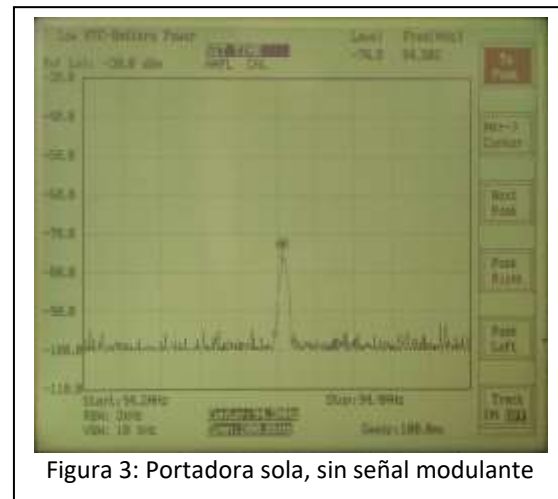


Figura 3: Portadora sola, sin señal modulante

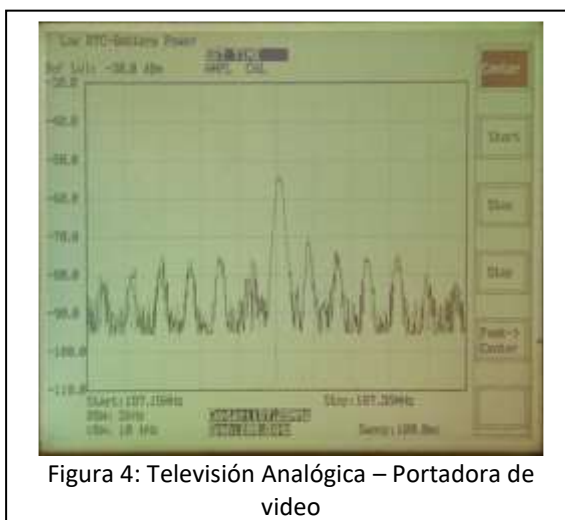


Figura 4: Televisión Analógica – Portadora de video

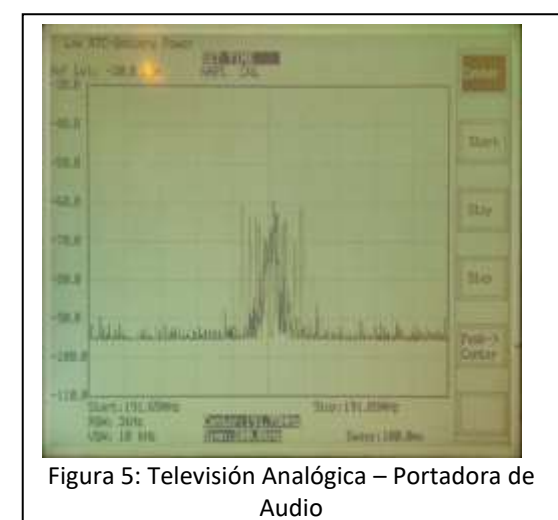


Figura 5: Televisión Analógica – Portadora de Audio

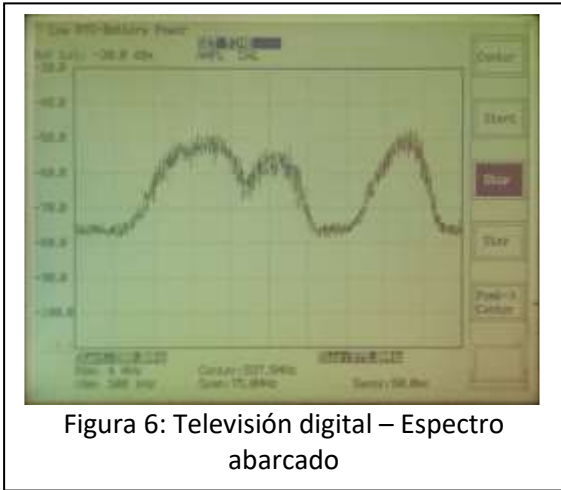


Figura 6: Televisión digital – Espectro abarcado

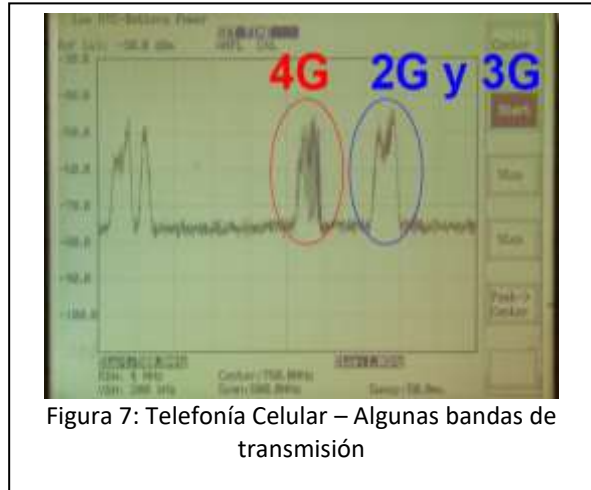


Figura 7: Telefonía Celular – Algunas bandas de transmisión

	<p>Pico: -54.1 dBFS Buena potencia</p>
	<p>Pico: -43.9 dBFS Buena potencia Sin modulación</p>
	<p>Pico: -46.9 dBFS Buena potencia</p>

Figura 8: Imágenes de algunas mediciones con SDR

Captura de pantalla portadora 88.3MHz

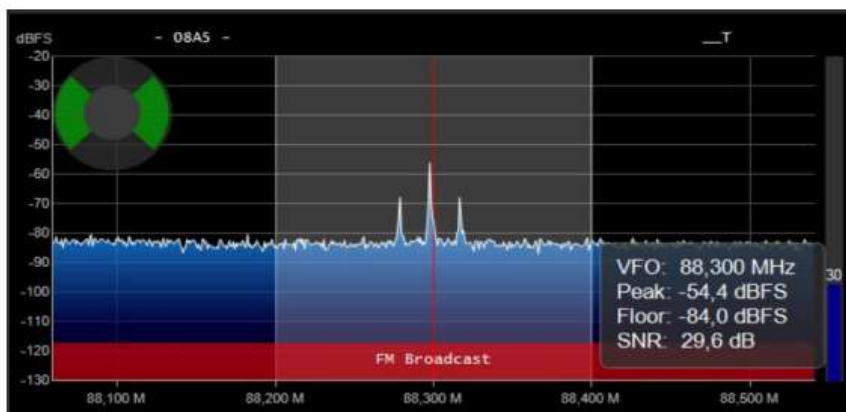


Figura 9: Medición con analizador de espectro

Conclusiones:

Las señales de FM presentan buena modulación, una potencia transmitida aceptable y ocupación del ancho de banda entre el 25% y el 100%. Hay frecuencias que no fueron analizadas ya que en las mismas no se detectó señal alguna, pudiendo tratarse de que en esa frecuencia central no se estaba transmitiendo en ese momento o no existe emisora asignada a dicha frecuencia. Muchas transmisoras si tienen asignadas frecuencias de transmisión, pero su nivel de potencia es tan bajo, que no se pudo distinguir del ruido y, por lo tanto, no aportan información de relevancia al análisis. Las causas de ese resultado se atribuyen a la distancia del lugar donde se realizaron las mediciones con respecto a la planta transmisora, debido a que la gran mayoría de éstas se ubican en el centro de la ciudad.

Las señales que se distinguen del ruido lo hacen con una potencia comprendida entre -65dBm y -80dBm. En su mayoría, las emisoras de FM respetan el ancho de banda asignado de 200KHz, en donde la ocupación de este es entre un 45% y un 100%. Existen casos específicos de emisoras, donde la señal modulada en frecuencia ocupa entre 20% y 65% del ancho de banda asignado; en cambio, en otras emisoras las señales exceden el canal asignado, invadiendo los canales adyacentes. Este último caso, se produce debido a que la transmisión se realiza con una potencia muy elevada. En cuanto al analizador de espectro, se puede mencionar que debido a la naturaleza constructiva (conversión A/D), la forma de onda no es una campana de Gauss perfecta como se esperaría de la teoría, sino que presenta pequeñas desviaciones; es un detalle importante a tener en cuenta para no caer en falsas conclusiones. La resolución de ancho de banda, RBW, utilizada fue de 3kHz, para todas las mediciones. La alta resolución nos permitió discernir con detalle la modulación de las señales. Para todas las mediciones el nivel de referencia en amplitud fue de -30dBm, con la escala en 1dB. Esa configuración fue considerada adecuada para los propósitos de nuestras mediciones lo que ofrece valores más exactos.

Locaciones:

- YPF 2 de abril: se destaca la frecuencia de 93.5MHz, la cual tiene una señal que invade a los canales adyacentes.
- Estrecho San Carlos esquina Las Virreinas: • 90.9Mhz invade los canales adyacentes, teniendo a su vez una potencia muy alta, del orden de los -60dB. • 94.3MHz es una transmisión con portadora de aproximadamente -65dB y con modulación de un solo tono. • 95.1MHz invade los canales adyacentes. • 96.1MHz señal con una modulación excesiva y una potencia cercana a los -60dB • 100.3MHz modulación de un solo tono. • 107.3MHz señal con una modulación excesiva y una potencia cercana a los -60dB que invade los canales adyacentes.
- Ruta 38 Y 25: • 100.3MHz modulación de un solo tono; • 106.9 MHz señal con una modulación excesiva y una potencia cercana a los -60dB que invade el canal adyacente izquierdo.
- Pedro Bazán 415: • 91.3 MHz señal con una gran potencia y amplitud excesiva; • 91.9 MHz portadora sin modulación; • 97.3 MHz modulación de un solo tono.
- Padercitas: • 89.1 MHz señal interferente en el canal, de amplitud constante y sin modulación.

- Diarco: • 96.9 MHz señal con una gran potencia, invadiendo los canales adyacentes.
- Autodromo: • 90.9 MHz, 96.1 Mhz; 98.3 MHz; 99.5 MHz; 101.1 MHz; 101.5 MHz; 104.7 MHz y 107.3 MHz señales con una gran potencia invadiendo los canales adyacentes
- Aeropuerto: • 94.3 MHz portadora sin modulación.

En cuanto a las mediciones de Tv analógica digital y celulares, se visualizan en las mediciones las diferentes señales en el espectro de VHF y UHF son perfectamente sintonizadas e identificadas en sus correspondientes frecuencias y anchos de bandas asignados.

La investigación se concluye con éxito y se deposita en el RIA de la Biblioteca de la UTN para su consulta abierta a la comunidad que así lo requiera.

Bibliografía

Bolton W.; Mediciones y Pruebas Eléctricas y Electrónicas; Marcombo 2006

Ditel Manuales de Transmisores de FM y TV Ditel 2010.

Floyd T. (2008). Dispositivos Electrónicos. Octava Edición. México. Editorial Pearson Educación.

Frenzel L. Electrónica Aplicada a los Sistemas de las Comunicaciones; ISBN 970-15-0854-8; Alfaomega; 2003

Grazzini H. (2003). Mediciones electrónicas. Córdoba. Editorial Universitas.

Malvino A. Bate D. (2010). Principio de la Electrónica. Séptima Edición. México. Editorial Mc.Graw Hill.

Pallás Areny R. (2007). Instrumentos Electrónicos Básicos. Editorial Alfaomega.

Schilling D. Belove C. (1993). Circuitos Electrónicos Discretos e Integrados. Tercera Edición. México. Editorial Mc Graw Hill.

Sierra Pérez M. Garrocha Iragüen B. Fernández Jambrina J. Sierra Castañer M. (2003). Electrónica Aplicada a los Sistemas de las Comunicaciones. Madrid. Editorial Prentice-Hall.

T Néstor O. Pisciotta, Carlos G. Liendo, Roberto C. Lauro; Transmisión de Tv Digital Terrestre en la Norma ISDB-Tb; ISBN 978-987-1954-08-7; CENGAGE Learning; 2013.

Tomasi Wayner; Sistemas de Comunicaciones Electronicas (4º Edición) ISBN 970-26-0316-1; Prentice-Hall; 2003.