

CARACTERIZACIÓN DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO CERCANO A LA BANDA DE 10 METROS EN MORELIA MICHOACÁN

Abraham Andrés Vélez Vieyra

Instituto Tecnológico Nacional de México campus Morelia/Departamento de Ingeniería Electrónica,
Avenida Tecnológico 1500, 58120 Morelia, Michoacán, México, I18121681@morelia.tecnm.mx

Resumen

El presente artículo tiene como objetivo caracterizar el espectro electromagnético cercano a la última banda de radiofrecuencias en HF (10 metros) en Morelia, Michoacán, México con el objetivo de buscar una posible causa del desuso de dicha banda dentro del espacio geográfico anteriormente señalado, la metodología incluye la revisión de diferentes fuentes bibliográficas relacionadas con el diseño de antenas capaces de funcionar como correctos receptores de dicha banda, además, se pretende implementar un sistema receptor de bajo costo y fácil implementación con el fin de poder analizar los datos captados por la antena antes mencionada. Se incluye además diagramas y modelos relacionados con el diseño de la antena, los componentes necesarios para el sistema de recepción y pruebas realizadas hasta el momento en el que se escribe este artículo.

Palabras-clave: Radio definido por software, Uso del espectro electromagnético, Banda de 10m HF

Área de Conocimiento: Ingeniería - Ingeniería Electrónica

Introducción

El espectro radioeléctrico es un recurso natural limitado y de alta demanda, fundamental en materia de telecomunicaciones inalámbricas (IFT 2016). Dentro del espectro radioeléctrico existen diversas bandas de frecuencia que van desde las frecuencias extremadamente bajas hasta los Tera Hertz (THz) o frecuencias extremadamente altas, en este caso, al tratarse del estudio de la banda cercana a los 10 metros, también llamada como la última banda de HF debido a que actualmente, en México dicha banda se encuentra en desuso.

La propagación simultánea de los campos eléctrico y magnético de una fuente de emisión en forma de ondas electromagnéticas se le denomina radiación electromagnética. Esta radiación puede ser natural o artificial. La región conocida como radio es la porción o subconjunto del espectro electromagnético de baja energía en donde generalmente se transmite información. Este subconjunto viene determinado por dos factores: las características de propagación de las ondas electromagnéticas a las diferentes frecuencias y los avances tecnológicos producidos por el ser humano formando en conjunto las radiocomunicaciones (ORDÓÑEZ 2020).

Con el fin de realizar este estudio se determinó que el objetivo a cumplir es el diseño e implementación de un sistema de recepción eficaz y de bajo costo que sea capaz de captar los datos transmitidos en dicha banda, específicamente, el trabajo a realizar es el diseño e implementación de una antena receptora, el estudio de componentes capaces de realizar tareas de radio definido por software y la puesta en marcha de todo el sistema en conjunto para comenzar a tomar lecturas del espectro electromagnético (Específicamente la última banda de HF).

Para las aplicaciones en el rango de HF, existen varios tipos de antenas. La mayoría de ellas son fáciles de construir y no se requiere de muchos recursos. Entre las más conocidas están: un simple alambre largo de longitud preferentemente mayor a una longitud de onda, dipolo horizontal o vertical, dipolo en V invertida, antenas similares al dipolo, pero con un brazo más largo que otro, monopolo, antes de múltiples dipolos para operación multibanda, arreglos log periódicos de dipolos, entre otras (GLO 1998).

Metodología

Como primer paso para comenzar con el estudio será necesario el diseño y modelado de una antena capaz de captar correctamente la última banda de HF (10 metros), la cual se tratará del primer componente del sistema de recepción, en donde los tipos de antena más ampliamente usados son los dipolos por su facilidad al momento de ser diseñados y construidos, es importante destacar que para que un dipolo funcione correctamente y trabaje satisfactoriamente con la banda que se desea captar hay que diseñar el dipolo de tal forma que presente una impedancia característica de 50Ω (SAMARANCH, 2016), con el objetivo de que el sistema de recepción completo se trate de un sistema resonante el cual tiene como característica que la impedancia de todo el sistema sea de 50Ω se debe tomar en cuenta otro valor llamado ROE (Relación de bandas estacionarias, se trata de un valor positivo sin dimensiones mayor o igual a 1) el cual está relacionado con la potencia reflejada, en otras palabras, cuando se tiene un valor alto de ROE la antena estará generando un alto nivel de ruido y afectará la impedancia característica de la propia antena, este valor varía en función de la banda de frecuencia que se desea observar, de las propias dimensiones de la antena, de las diferencias de impedancia entre los componentes y de la distancia entre la antena y el plano de tierra, se recomienda que el valor de ROE se encuentre entre 1 y 2 (CPW).

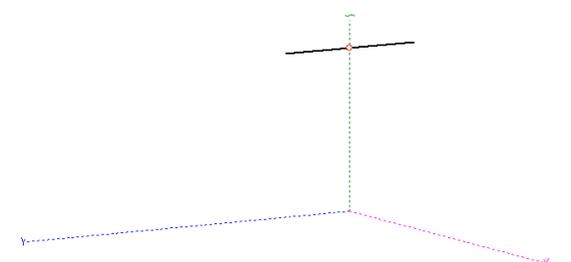
Las antenas capaces de funcionar para la banda de 10 metros más sencillas de diseñar se tratan de los dipolos, en donde solo se deben tomar en cuenta consideraciones básicas para su modelado, la teoría indica que un buen dipolo mide la mitad de la longitud de onda que se desea captar, además de que dicho dipolo deberá estar elevado del plano de tierras por lo menos la mitad de la longitud de onda, durante su diseño también es importante considerar el material conductor que se usará para los brazos del dipolo (RADIO CB, 2012).

Tomando lo anterior en cuenta, se utilizó el software MMANA-GAL_Basic, siendo de uso libre se trata de un software muy útil para el diseño de diferentes geometrías para antenas, para este artículo solo se presentan dos simulaciones a fin de ejemplificar las diferencias entre dos tipos de dipolo.

Dipolo horizontal.

De acuerdo con lo descrito anteriormente el dipolo horizontal para funcionar como receptor de la banda de 10 metros, consta de dos segmentos de cobre cada uno de un cuarto de onda, es decir, cada segmento medirá 2.5 metros logrando así una longitud total de 5 metros, cumpliendo con la característica de los dipolos para la banda HF de medir media onda de la banda a estudiar, además de que se estará ubicando a una altura de 5 metros con respecto al plano de tierras, en la figura 1 se presenta la vista geométrica de un dipolo horizontal.

Figura 1. Vista geométrica de un dipolo horizontal.

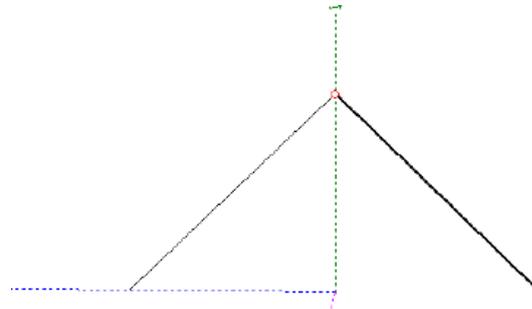


Fuente 1. MMANA-GAL_Basic.

Dipolo V invertida.

Al igual que en el dipolo horizontal en el dipolo de V invertida se utilizaron las medidas de 2.5 m en cada uno de los brazos para que en total se tuviera una extensión de 5 m lo cual es una longitud de media onda con respecto a la banda de 10 m, al no contar con aires que eleven la antena, la altura máxima de la antena se encuentra en los 1.751 m y el ángulo de apertura entre los brazos del dipolo es de 44.4° , el resultado de la vista geométrica se presenta en la figura 2.

Figura 2. Vista geométrica de un dipolo V invertida.

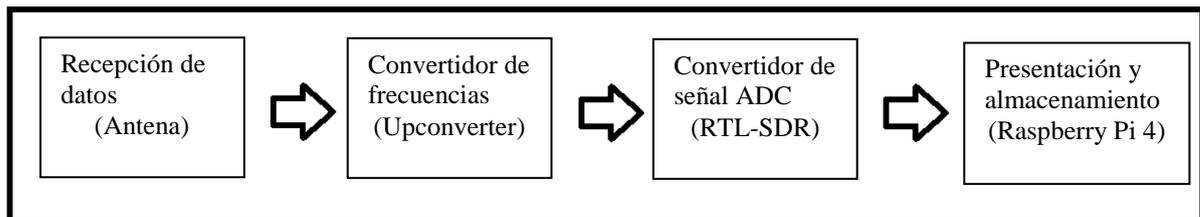


Fuente 2. MMANA-GAL_Basic.

Comparando los resultados de las simulaciones, con el dipolo horizontal se obtuvo una impedancia de 73.75Ω y un valor de ROE de 1.47, el valor de ROE se encuentra dentro de los rangos tolerables pero el de impedancia no, ya que lo ideal sería haber obtenido un valor más cercano a los 50Ω , por el contrario el dipolo de tipo V invertida dio mejores resultados con una impedancia de 50.098Ω y un valor de ROE de 1.08, por lo que la mejor opción para este estudio será la implementación del dipolo tipo V invertida.

Ahora, hablando sobre los demás componentes del sistema de recepción, en la figura 3 se muestra un diagrama a bloques en donde se presenta a grandes rasgos la metodología aplicada del sistema ya en funcionamiento.

Figura 3. Diagrama a bloques del sistema de recepción.



Fuente 3. Diagrama hecho por el autor

El sistema de recepción completo está conformado por una antena dipolo del tipo V invertida la cual se encarga de la recepción de los datos, el siguiente paso es encontrar una manera de convertir los datos analógicos en digitales para poder almacenarlos y estudiarlos, el componente que se encargara de almacenar y analizar dicha información se trata de una Raspberry Pi 4 la cual cuenta con la capacidad de procesamiento necesario para llevar a cabo esta tarea, el problema con este componente es su incapacidad de manejar datos analógicos, además de que no cuenta con la interfaz de conexión adecuada (coaxial) para conectarla directamente con la antena, es aquí donde entre en juego lo que podría ser el componente principal del sistema de recepción, un elemento llamado RTL-SDR, el cual se trata de un dispositivo pensado para ser usado en sistemas de radio definidos por software teniendo la capacidad de recibir datos analógicos provenientes de antenas convirtiéndolos en datos digitales que pueden ser interpretados por sistemas computacionales convencionales tratándose en esencia de un ADC con la particularidad de que se puede controlar la frecuencia que se desea analizar, su única desventaja es que trabaja a partir de frecuencias de entrada superiores a los 50 MHz (dependiendo del modelo), por lo que será necesaria la inclusión de un componente extra, un Upconverter su aplicación este proyecto es relativamente sencilla, su único trabajo es elevar la frecuencia de los datos proveniente de la antena que es de 29.7 MHz a una frecuencia que sea capaz de ser manejada por el RTL-SDR, el Upconverter es perfecto ya que permite sumar 125 MHz a la señal de entrada haciendo una conversión desde la banda HF (que es la

que se pretende caracterizar) a la banda VHF (la cual es la banda a partir de la cual el RTL-SDR funciona correctamente).

De esta forma, haciendo uso de los componentes antes mencionados se consigue implementar un sistema receptor para la última banda de HF con un costo relativamente bajo, pero siendo capaz de analizar con una buena calidad los datos obtenidos.

Área de estudio

La antena y todo el sistema de recepción se encuentra instalado en un terreno dentro de las inmediaciones de la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) campus Morelia, con el objetivo de caracterizar el espectro electromagnético cercano a la banda de 10 metros en Morelia, Michoacán, México.

Resultados

Hasta el momento en el cual se está escribiendo este artículo (14 de agosto de 2024) se han conseguido varios resultados, primeramente, basándose en todas las simulaciones de las antenas que se realizaron en la teoría sobre los componentes del sistema de recepción se realizó una petición formal dentro de la ENES Morelia, con el fin de solicitar un espacio dentro de las inmediaciones en donde fuera posible la instalación de la antena y del sistema de recepción, ya que, el espacio requerido solo para la antena se trata de un rectángulo de 5 metros por 12 metros, después de esperar por la respuesta de la dirección de la institución, fue autorizado el uso de un espacio mucho mayor al solicitado siendo un terreno de aproximadamente 15 metros por 15 metros.

Una vez que se autorizó el espacio se comenzó con la instalación de la antena, en la figura 4 se puede apreciar la antena instalada en el espacio otorgado.

Figura 4. Antena dipolo V invertida.



Fuente 4. Foto tomada por el autor

Figura 5. Sistema de recepción

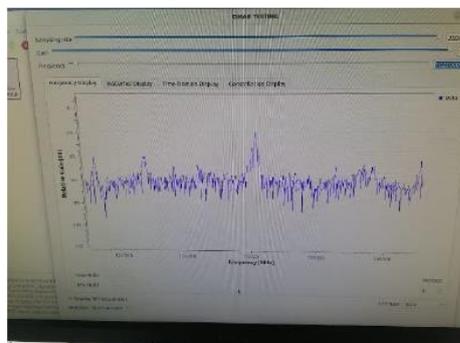


Fuente 5. Foto tomada por el autor.

En la figura 5 se presenta el sistema de recepción anteriormente descrito, en donde el primer componente conectado en serie con la antena es el Upconverter el cual aumenta la frecuencia de entrada para que a la salida tenga la frecuencia adecuada para que el RTL-SDR pueda trabajar correctamente haciendo su función de ADC y por último estando conectado a una Raspberry Pi 4, ese es el sistema de recepción básico, además se aprecia un switch el cual conecta a través de una red local a la Raspberry con una laptop con el único fin de visualizar de manera gráfica los datos obtenidos.

Por último en la figura 6 se presenta una captura de los datos obtenidos en tiempo real siendo graficados en la laptop, entendiéndose así que el sistema de adquisición de datos está funcionando, el siguiente paso es la comparación de la señal obtenida con una señal de referencia la cual se trata de un sistema internacional de balizas de HF (Este paso se encuentra en desarrollo actualmente).

Figura 6. Datos obtenidos en tiempo real con el sistema de recepción.



Fuente 6. GNU RADIO.

Hasta el momento estos son los datos obtenidos, aun se necesita hacer la comparación entre los datos que actualmente se están captando y la señal de referencia, cabe destacar que las herramientas de radio definido por software han sido de gran ayuda para llevar a cabo este estudio, ya que los datos recibidos presentan una cierta discrepancia con las señales de referencia existentes (Era lo esperado) comprobando así que la banda de HF de 10 metros no podría ser usada debido a las fallas de transmisión.

Discusión

Sabiendo que todo el sistema de recepción planteado teóricamente esta ya funcionando en la práctica, el siguiente paso será hacer una comparación más profunda entre los datos obtenidos y la señal de referencia, es aquí en donde se pueden plantear ciertas dudas.

¿Será acaso que la infraestructura en México no es la adecuada para usar la banda de los 10 metros? No creo que ese sea el motivo ya que los elementos necesarios para trabajar con dicha banda son de fácil acceso y son relativamente económicos muy probablemente el problema se encuentre en la ionosfera, pero esto se confirmará o se descartará en las próximas semanas según el estudio y las observaciones continúen.

Otra buena pregunta podría ser ¿Las nuevas tecnologías podrían resolver este problema en México? La respuesta puede que no sea muy clara, si el problema es algo intrínseco del medio ambiente, entonces encontrar una solución tal vez no sea sencilla, dependería de muchos factores que pueden o no estar relacionados con las técnicas usadas en la actualidad.

Conclusión

El trabajo anteriormente descrito se trata del proceso de desarrollo de un instrumento que funja como sistema de recepción capaz de captar las ondas del espectro electromagnético contenidas en la última banda de HF (10 metros) con el fin de caracterizar dicho espectro, si bien, hasta ahora para ser que el sistema funciona adecuadamente, aún falta por determinar cuál es el problema de dicha banda en México y aunque el IFT defina este recurso como un elemento de suma importancia, el gobierno actual no está haciendo nada para tratar de recuperar el uso en esta banda, es por eso que se considera que son de necesidad este tipo de proyectos con el fin de ayudar a la sociedad.

Referências

COLABORADORES DE LOS PROYECTOS WIKIMEDIA. Razón de onda estacionaria - Wikipedia, la enciclopedia libre. 2 dez. 2006. Disponível em: https://es.wikipedia.org/wiki/Razón_de_onda_estacionaria. Acesso em: 14 ago. 2024.

GALO GERMÁN, Rivera Montesdeoca. Acoplador automático de impedancias para una antena en el rango de HF. 16 dez. 1998. Disponível em: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10694>. Acesso em: 14 ago. 2024.

INSTITUTO FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES. **Espectro Radioeléctrico**. 6 mar. 2016. Disponível em: <https://www.ift.org.mx/espectro-radioelectrico>. Acesso em: 14 ago. 2024.

ORDÓÑEZ, Javier Luque. Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico. 2020. Disponível em: https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/062017.pdf.

RADIO CB, LA BANDA CIUDADANA. Antena dipolo horizontal y en V invertida. 22 jul. 2012. Disponível em: <https://www.cb27.com/tecnica/antena-v-invertida>. Acesso em: 14 ago. 2024.

SAMARANCH, Joan Carles. Taller de construcción de antenas: el dipolo. Disponível em: <https://www.fediea.org/digiclub/dipolos.html>. Acesso em: 14 ago. 2024.

Agradecimientos

El presente trabajo fue realizado con la ayuda de mi asesor el doctor Victor Hugo De La Luz Rodriguez el cual me ha brindado su apoyo para el entendimiento de los diferentes temas necesarios para la elaboración de este trabajo, además también se les agradece a los directivos de la ENES por brindar un espacio dentro de las inmediaciones de la institución.