

Universidad de las Américas Puebla

Decanato de Ingeniería

Departamento de Computación, Electrónica y Mecatrónica

Laboratorio de Sistemas de Telecomunicaciones

Práctica 2

Espectros magnéticos y analizador de espectros

Integrantes:

Carlos Andrés Reyes Evangelista

157068

Erick Siordia Nagaya

157504

UDLAP®

Práctica 2: Espectro Electromagnético y Analizador de Espectros

Tabla de contenidos

- [Resumen](#)
- [Desarrollo de la Práctica](#)
 - [Rangos de frecuencia del espectro electromagnético más usados en telecomunicaciones](#)
 - [VLF: Very Low Frequency \(3 - 30 KHz\)](#)
 - [LF: Low Frequency \(30 - 300 KHz\)](#)
 - [MF: Medium Frequency \(300 a 3000 KHz\)](#)
 - [HF: High Frequency \(3 - 30 MHz\)](#)
 - [VHF: Very High Frequency \(30 - 300 MHz\)](#)
 - [UHF: Ultra High Frequency \(300 - 3000 MHz\)](#)
 - [SHF: Super High Frequency \(3 - 30 GHz\)](#)
 - [EHF: Extremely High Frequency \(30 - 300 GHz\)](#)
 - [Uso del generador de señales y osciloscopio](#)
 - [Uso de analizador de espectros de alta frecuencia](#)
- [Conclusión](#)
- [Referencias](#)

Resumen

El presente reporte pretende fungir como un epitoma para la práctica realizada sobre visualización y representación de señales y espectros electromagnéticos. Durante esta práctica se utilizó un generador de funciones para crear y transmitir señales electromagnéticas de dimensiones controladas para, consecuentemente, ser visualizadas mediante representaciones matemáticas a través de un osciloscopio de doble canal. Una vez la transmisión y visualización fue completada con éxito mediante la conexión de ambos aparatos con un conector BCD, fueron aplicadas una serie de transformaciones para obtener representaciones más fidedignas con respecto a lo que se esperaba obtener de ellas.

Además, se incluye una concisa descripción las bandas de frecuencia que componen el espectro electromagnético y las aplicaciones en que cada una de ellas es utilizada en tecnologías contemporáneas.

Desarrollo de la Práctica

Rangos de frecuencia del espectro electromagnético más usados en telecomunicaciones

El espectro electromagnético hace referencia al rango de frecuencias de ondas electromagnéticas. Este espectro es usado para diferentes fines, pero una de sus aplicaciones más importantes es en el área de comunicaciones. Es la **UIT** (Unión Internacional de Telecomunicaciones) el organismo responsable de regular la conectividad de las redes de comunicaciones y de elaborar normas para garantizar el funcionamiento de las diversas tecnologías de telecomunicación a nivel internacional. En México, el organismo encargado de regular, promover y reglamentar el uso del espectro electromagnético y radioeléctrico es el **IFT** (Instituto Federal de Telecomunicaciones).

Según la UIT, el espectro electromagnético se subdivide en 9 bandas de frecuencia. La distribución de los diferentes rangos de frecuencias en México está definido por el **CNAF** (Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias).

A depender de los requerimientos de cada tipo de transmisión, se designa alguna de las nueve bandas para su utilización. Entre algunos de los más importantes y populares tipos de transmisiones se encuentran:

- Frecuencias de transmisión en AM
- Frecuencias de transmisión en FM
- Frecuencias de transmisión de TV
- Frecuencias de transmisión satelital
- Frecuencias de transmisión de aparatos domésticos
- Frecuencias de transmisión de telefonía celular
- Frecuencias de transmisión de otros sistemas de comunicación

A continuación, es presentada una breve descripción de cada una de las bandas de frecuencia designadas por el CNAF.

VLF: Very Low Frequency (3 - 30 KHz)

LF: Low Frequency (30 - 300 KHz)

MF: Medium Frequency (300 - 3000 KHz)

- Las transmisiones de radiodifusión por Amplitud Modulada (AM) en México se encuentran en este rango. Su rango es de 535 a 1605 KHz. Las frecuencias portadoras van desde los 540 a 1600 KHz. Con este rango se pueden asignar máximo 106 bandas posibles de 10 KHz cada una.

HF: High Frequency (3 - 30 MHz)

VHF: Very High Frequency (30 - 300 MHz)

- Las transmisiones de radiodifusión de Frecuencia Modulada (FM) en México se sitúan en este rango, ya que su espectro va desde los 88 a 108 MHz. Con este rango, se pueden asignar máximo 100 estaciones, donde cada una cuenta con un rango de 200 KHz. Es gracias al rango de 200 KHz que las estaciones FM son capaces de transmitir señales en estéreo en alta fidelidad.
- Para las transmisiones de televisión en México existen diferentes rangos de frecuencias para los distintos canales. Algunos canales son transmitidos en el rango de VHF, y otros en UHF. Cada canal cuenta con un ancho de 6 MHz:
 - De 54 a 88 MHz
 - Canal 2, 3, 4, 5, 6.
 - De 174 a 216 MHz
 - Canal 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13.
- Los satélites meteorológicos usados para la transmisión de datos e imágenes de baja calidad usan el rango de 136 a 138 MHz.
- Algunos servicios de localización GPS utilizan satélites que trabajan en el rango de 149.95 a 150.05 MHz.
- Las comunicaciones satelitales de uso militar emplean uso del rango de 240 a 270 MHz.

UHF: Ultra High Frequency (300 - 3000 MHz)

- Al igual que los canales de TV transmitidos en el rango VHF, cada canal de TV en México cuenta con un ancho de 6 MHz:
 - De 470 a 608 MHz
 - Canal 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36.
- Algunos sistemas de posicionamiento GPS rusos, europeos y chinos ocupan el rango de 1.2 a 1.8 GHz.
- Satélites meteorológicos de alta resolución utilizan un rango de 1.67 a 1.71 GHz.
- En México, diferentes tecnologías son usadas para la implementación de los sistemas de telefonía celular GSM (2G), GPRS (2.5G), EDGE (2.75G), UMTS (3G), HSDPA (3.5G), HSUPA (3.75G), HSPA+ (3.9G) y LTE (4G). Existen diferentes rangos de frecuencias usados para estas tecnologías:
 - Banda de 800 MHz:
 - 814 - 849 MHz
 - 859 - 894 MHz
 - Banda PCS (Personal Communication System):

Esta banda es usada en Canadá, México y Estados Unidos para los servicios de telefonía móvil digital que operan en las frecuencias de 1800 o 1900 MHz. Los sistemas que operan en esta banda usan técnicas como CDMA (Code Division Multiplexing), GSM (2G) y D-AMPS.

 - 1850 - 1910 MHz
 - 1930 - 1990 MHz
 - Banda AWS (Advanced Wireless Services):

Esta banda opera entre los 1695 a 2200 MHz, y se caracteriza por permitir la implementación de tecnologías como HSPA (High Speed Packet Access) o 3G y LTE (Long Term Evolution) o 4G.

 - 1710 - 1780 MHz
 - 2110 - 2180 MHz
- Los mayores proveedores de este servicio en el país son Telcel, AT&T y Movistar. A continuación se muestran las frecuencias en las que cada una opera:
 - Telcel: Para 3G ocupa 2 bandas, 1900 MHz y 850 Mhz. Para 4G ocupan las frecuencias 1700 MHz y 2100 MHz.
 - AT&T: 1900, 850 y 1700 - 2100 MHz para 3G. Ocupan también de 1700 a 2100 MHz para la transmisión de datos 4G.
 - Movistar: Ocupan las frecuencias 1900 y 850 MHz para 3G, y 1900 MHz para 4G.
- De acuerdo con la **OMS** (Organización Mundial de la Salud), los hornos de microondas operan en frecuencias de alrededor de los 2450 MHz.

SHF: Super High Frequency (3 - 30 GHz)

- Muchos servicios de televisión satelital ocupan un rango de 3.4 a 4.2 GHz.
- La comunicación entre algunos satélites se realiza en este rango de frecuencias (entre 25.25 y 25.5 GHz)

EHF: Extremely High Frequency (30 - 300 GHz)

- Este rango de frecuencias es usado para varias aplicaciones, entre ellas la exploración de la tierra por satélite, investigación espacial, radioastronomía, radiolocalización y radionavegación.

Uso del generador de señales y osciloscopio

Para observar el comportamiento de las señales electromagnéticas, se usó un generador de funciones *Wave Station 2012*. Este generador produce señales de frecuencias de hasta 10 MHz. Entre las características que se observaron se encuentran la configuración y personalización de la frecuencia, amplitud, fase y forma de la señal generada.

Lo primero que se realizó fue generar una señal sinusoidal con frecuencia de 2 KHz y con amplitud de 2 Vpp que después sería desplazada para realizar pruebas.

Para observar la señal generada se hizo uso de un osciloscopio de doble canal marca *Tektronix* modelo TDS202B. Este instrumento permite analizar señales de hasta 60 MHz que recibe por medio de un cable coaxial de tipo BNC con candado. La señal recibida puede ser observada en diferentes modos de visualización como en el dominio del tiempo o el dominio de las frecuencias gracias al empleo de la transformada de Fourier (Fast Fourier Transform). Igualmente permite desplazarse en los diferentes ejes (amplitud, frecuencia o tiempo según la representación elegida) con ayuda de un cursor para poder analizar con mayor precisión las diferentes magnitudes de la señal.

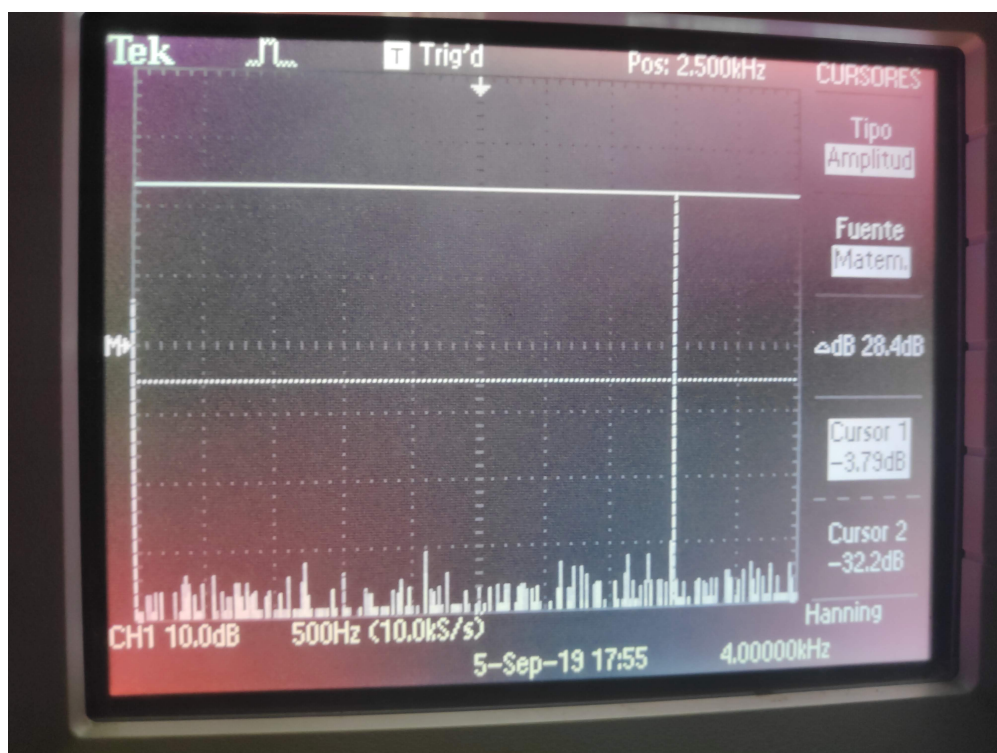


Figura1. Representación Amplitud-Frecuencia de una señal de 4 KHz y 2 Vpp

En la *Figura 1* se puede notar la señal recibida en la pantalla del osciloscopio. En esta, la señal es visualizada en dominio de frecuencia. También es posible apreciarse que la señal recibida es de 4 KHz ya que cada cuadrante en el eje X representa 500 Hz. Además, cabe mencionar que la señal proveniente del generador de funciones resalta sobre el ruido debido a su mayor potencia, lo cual le otorga una mayor amplitud en la representación.

Gracias al osciloscopio, fue posible observar los diferentes armónicos que las diferentes formas de señal tienen. Por ejemplo, en las siguientes imágenes se puede notar que hay un mayor número de armónicos en una señal rectangular (*Figura 2*) que en una triangular (*Figura 3*):

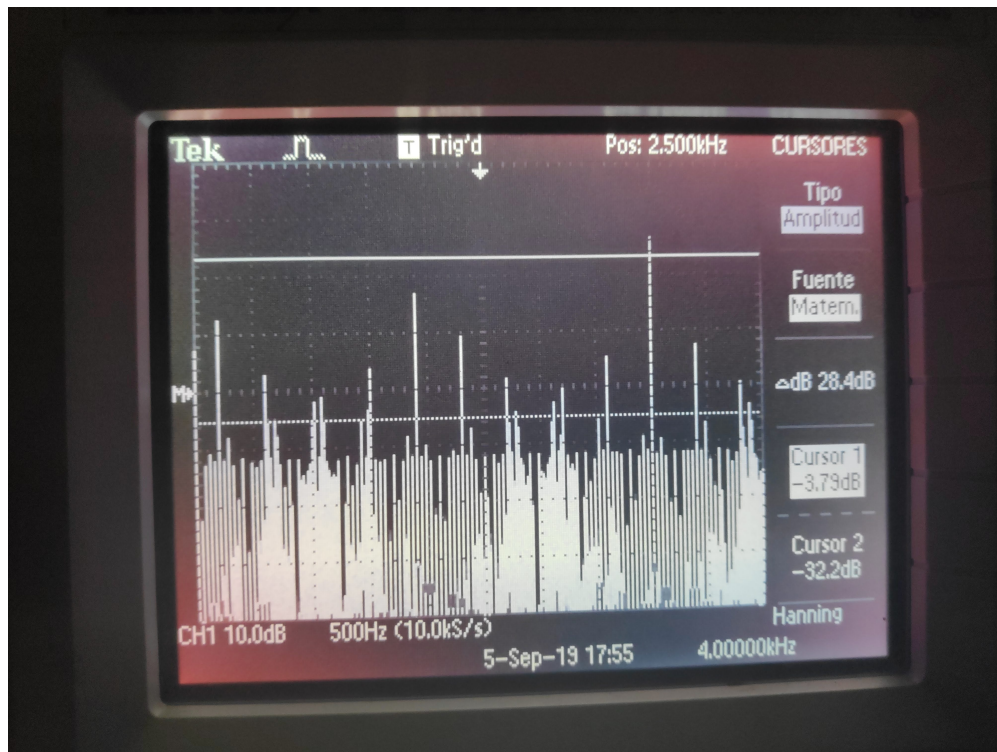


Figura 2. Señal rectangular mostrada en el osciloscopio

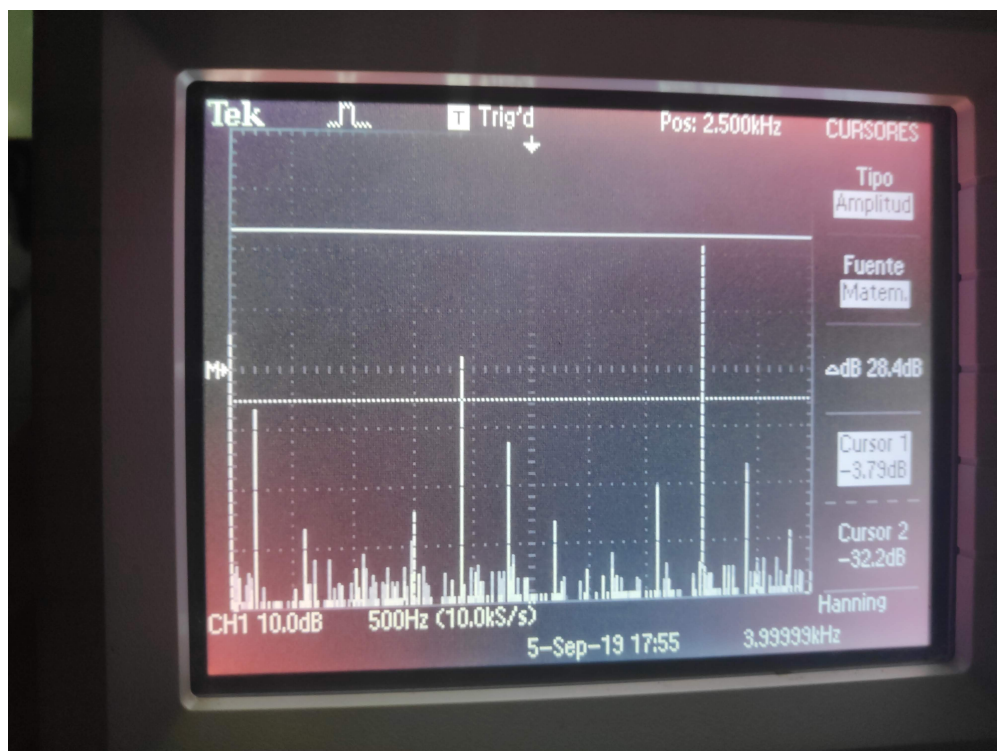


Figura 3. Señal triangular mostrada en el osciloscopio

Uso de analizador de espectros de alta frecuencia

Para esta parte de la práctica, se usó un analizador de espectros CXA 9000A. Éste analizador nos permite analizar señales con frecuencias de 9 KHz a 3 GHz. Éste también permite ajustar un *SPAN* o un rango de frecuencias en las que se desea centrar el análisis. El *SPAN* es configurado estableciendo una frecuencia como límite inferior, una para el centro y una para el límite superior.



Figura 4. Representación de una llamada telefónica en un analizador de espectros de alta frecuencia

En la imagen se muestra una señal en la pantalla del analizador de espectros de alta frecuencia. En ésta, el eje horizontal representa un rango de frecuencias, y el eje vertical la amplitud. Esta señal pertenece a la detectada con una antena conectada al analizador, y un teléfono celular realizando una llamada al lado de esa antena. Se puede observar que existe un pico cercano a la frecuencia 1.896 GHz, que es equivalente a 1896 MHz. Gracias a la investigación realizada en la primera parte de este trabajo, se puede saber que la frecuencia detectada pertenece a la banda PCS (Personal Communication System), usada para la transmisión de datos a baja velocidad como en llamadas telefónicas.

Conclusión

El conocimiento que respecta al espectro electromagnético y las bandas de frecuencias que lo conforman no se reduce a una serie de aprendizajes aislados, sino que implica y requiere una conciencia general de todo el campo que concierne a este tema, entre ello, se distinguen las tan diversas aplicaciones que cada banda constituye y las implicaciones que conlleva la decisión de qué banda utilizar para cada una de ellas.

Además de esta iluminación teórica que ahonda la misma razón por la cual todos los sistemas de telecomunicación fueron creados para empezar, también se obtuvo el conocimiento general de que los conocimientos plenamente teóricos que han sido germinados a lo largo de la carrera tienen un significado más allá de las ecuaciones matemáticas abordadas en los salones de clase. Esto ha sido logrado gracias a la obtención del conocimiento necesario para visualizar y comprender una representación gráfica de un concepto tan abstracto como lo es las señales electromagnéticas.

Después de esta práctica, es más fácil entender que estas señales se encuentran en nuestra presencia constantemente, en un intervalo de frecuencias fuera de nuestro campo de visión, pero tan habitualmente como los colores que observamos.

Referencias

- Instituto Federal de Telecomunicaciones. (2019). *Sabías qué la Telefonía Móvil....* [online] Available at: <http://www.ift.org.mx/usuarios-telefonía-movil/sabias-que-la-telefonía-movil> [Accessed 11 Sep. 2019].
- Whistleout.com.mx. (2019). *Frecuencias en las que operan las compañías de celular en México.* [online] Available at: <https://www.whistleout.com.mx/CellPhones/Guides/telefonía-celular-mexico> [Accessed 11 Sep. 2019].
- Duarte Muñoz, C. (2019). *Frecuencias de comunicación satelital.* [online] Hacia el espacio. Available at: <http://haciaelespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=209> [Accessed 11 Sep. 2019].
- Hyperphysics (2019). *Radio Broadcast Signals.* [online] Available at: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Audio/radio.html> [Accessed 11 Sep. 2019].
- Insituto Federal de Telecomunicaciones (2019). *Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias.* [online] Available at: <http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/cuadronacionaldeatribuciondefrecuenciasa.pdf>
- ITU. (2019). *Sobre la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).* [online] Available at: <https://www.itu.int/es/about/Pages/default.aspx> [Accessed 11 Sep. 2019].
- Ift.org.mx. (2019). *Filosofía.* [online] Available at: <http://www.ift.org.mx/conocenos/filosofia> [Accessed 11 Sep. 2019].
- Diario de un Radioaficionado. (2019). *Frecuencias de los Canales de Television en México (VHF y UHF).* [online] Available at: <https://radioaficionado.wordpress.com/2008/07/21/frecuencias-de-los-canales-de-television-en-mexico-vhf-y-uhf/> [Accessed 11 Sep. 2019].
- Organización Mundial de la Salud. (2005). Campos electromagnéticos & salud pública:Hornos microondas. [online] Available at: https://www.who.int/peh-emf/publications/facts/info_microwaves/es/ [Accessed 11 Sep. 2019].