

Analysis of the principles of the superheterodyne receiver through practices, using the Emona Communications Card for NI ELVIS III

Análisis de los principios del receptor superheterodino mediante prácticas, utilizando la Tarjeta de Comunicaciones Emona para NI ELVIS III

Allison Dayana Quisilema Chico¹

¹ Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador

E-mail: aquisilemach@gmail.com

RESUMEN

El presente documento tiene como objetivo describir el principio de heterodinaje de comunicaciones RF; mediante la implementación de un receptor superheterodino a través de un software informático; fundamentado en los principios teóricos de heterodinaje. Se describiría el proceso de cómo convertir una señal de entrada en los sistemas de comunicaciones de RF; para obtener una denominada frecuencia intermedia o heterodina, es decir, se podrá observar todas las etapas; de un receptor superheterodino como es el amplificador de RF, mezclador, filtro de frecuencia intermedia, detector y amplificador de audio y altavoz porque son la base para los equipos de comunicaciones.

Los datos que se recolectarán para el desarrollo de esta investigación serán obtenidos a través de información necesaria proveniente de libros, artículos científicos, tesis y demás fuentes.

Los resultados demuestran como la señal del mensaje, es decir, la señal de entrada (de la Tarjeta EMONA) se convierte en una frecuencia intermedia mediante el proceso de heterodinaje que se realiza a través del hardware que tiene la Tarjeta EMONA tales como: multiplicadores, sumadores, entre otros y el software que posee el módulo NI ELVIS III.

Palabras clave — Heterodinaje, heterodina, Radio Frecuencia, Comunicación.

ABSTRACT

The purpose of this document is to describe the heterodyning principle of RF communications; by implementing a superheterodyne receiver through computer software; based on the theoretical principles of heterodyning. The process of how to convert an input signal into RF communication systems is described; to obtain an intermediate or heterodyned frequency, that is, all the stages can be observed; of a superheterodyne receiver such as the RF amplifier, mixer, intermediate frequency filter, detector and audio amplifier and speaker because they are the basis for communications equipment.

The data that will be collected for the development of this research will be necessary through the necessary information from books, scientific articles, theses and other sources.

The results demonstrate how the message signal, that is, the input signal (from the EMONA Card) is converted into an intermediate frequency through the heterodyning process that is carried out through the hardware that the EMONA Card has such as multipliers, I, adders, filters, among others and the software that has the NI ELVIS III module.

Key Words— Heterodyning, heterodyne, Radio frequency, Communication.

1. INTRODUCCIÓN

Heterodina significa mezclar dos señales o más, juntas en un dispositivo no lineal. Las etapas de un receptor superheterodino son: la de radiofrecuencia, la de mezclador o convertidor, la de frecuencia intermedia, la de detección de audio y la de amplificador de audio. Las características que tiene este proceso tales como la ganancia, la selectividad y la sensibilidad superan las configuraciones de otros receptores. A partir del superheterodino las radios funcionaban bien y eran mucho más chicas. Según Hernández (2000) el receptor superheterodino lleva a cabo casi toda la amplificación de la FI, utilizando una frecuencia fija, de esta manera se consiguen ajustes más exactos en los circuitos y se goza de todo lo que puede dar el elemento empleado.

Existen varios documentos con estudios e investigaciones ya realizados que contribuyen al desarrollo de la presente investigación, tal es el caso de, García (2005) se integran los circuitos de radiofrecuencia, tanto para FI como para RF, demoduladores, etc. Esto permite que se simplifiquen los sistemas receptores, ya que sólo hay que tener los circuitos integrados y conectar la circuitería externa (resistencias, condensadores, entre otros).

En otro trabajo está Reyes (2008), en donde señala el análisis de un sistema basado en una FPGA, que emplea interfaces adicionales como puertos PS2 y VGA. Este sistema cuenta con recursos de hardware muy buenos, pero para su funcionamiento solamente se lo puede manipular de forma presencial.

En la Revista Educación en Ingeniería (2013) se menciona acerca de un sistema remoto de aprendizaje utilizando el NI-ELVIS y la tarjeta Emona DATEX de uso comercial, con el cual los estudiantes pueden llevar a cabo experimentos en el área de comunicación analógica y digital. Este

conjunto de herramientas es bastante práctico y sofisticado.

Hoy en día existen equipos de laboratorio tanto físicos como de simulación, diseñados para introducir y demostrar principios de sistemas de comunicaciones, entre ellos, la tarjeta de comunicaciones Emona DATEX y el módulo NI ELVIS III, desarrollados para la educación, los cuales ofrecen a los alumnos la oportunidad de emplear sistemas de comunicaciones que correspondan con los diagramas de bloques que se encuentran frecuentemente en los libros, tal es el caso del receptor superheterodino.

2. CONCEPTOS BÁSICOS

2.1 AM (Amplitud Modulada)

AM tiene la característica de cambiar la amplitud de una portadora de frecuencia relativamente alta de acuerdo con la amplitud de la señal que contiene la información. Las frecuencias que son lo suficientemente altas para radiarse de manera eficiente por una antena y propagarse por el espacio libre se llaman comúnmente radiofrecuencias o simplemente RF.

Actualmente, esta técnica se utiliza en muchas áreas de la comunicación como en radios portátiles de dos vías; radio de banda ciudadana, radio de aeronave VHF y en módems para computadoras.

AM comprende desde 535 a 1605 kHz. La radiodifusión comercial de tv se divide en tres bandas (dos de VHF y una de UHF).

2.2 FM (Frecuencia Modulada)

FM es un proceso que se basa en variar la frecuencia de la onda portadora de acuerdo con la intensidad de la onda de información.

Al igual que en la modulación de amplitud, la modulación de frecuencia también tiene un enfoque similar en el que una señal portadora es

modulada por la señal de entrada. Sin embargo, en el caso de FM, la amplitud de la señal modulada se mantiene o permanece constante.

El canal de frecuencia modulada tiene un ancho de banda de 200 kHz. Dicho ancho permite que los sonidos transmitidos (música y habla) tengan mayor fidelidad y calidad, y que sean más limpios y claros que en la amplitud modulada.

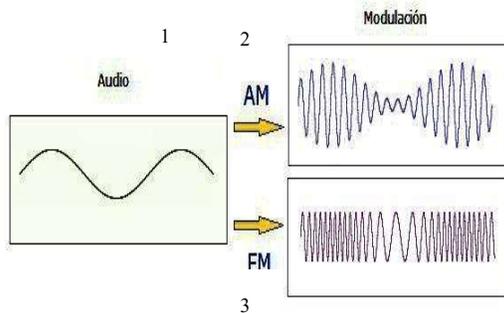


Figura 1: Modulación AM y FM.
Fuente: Portafolio Jorge Correa.

En la Figura 1 se puede observar de manera gráfica la modulación tanto de AM como de FM, es decir, una señal moduladora (la primera) puede transmitirse modulando una onda portadora en AM (la segunda) o FM (la tercera).

2.3 Heterodinación

Es el proceso en donde se genera nuevas frecuencias mediante la mezcla de dos o más señales en un dispositivo no lineal, obteniendo una frecuencia denominada heterodina.

2.4 Receptor superheterodino

El receptor superheterodino se encuentra en casi todos los receptores de radio y televisión, es un equipo en el que todas las frecuencias recibidas se convierten a una frecuencia más baja antes de la detección llamada frecuencia intermedia FI.

Este proceso se conoce como heterodinaje (mezcla) de ondas electromagnéticas (ondas de radiofrecuencia).

Este tiene la característica de utilizar frecuencia intermedia (FI), existe de simple conversión y doble

de conversión. Para superar el problema de la frecuencia imagen, es decir, las señales no deseadas, se desarrolló el superheterodino de doble conversión. La primera FI siempre es una frecuencia más alta y esto permite rechazar la frecuencia imagen, la segunda conversión proporciona una FI mucho más baja y esto permite una buena selectividad.

2.4.1 Diagrama de bloques

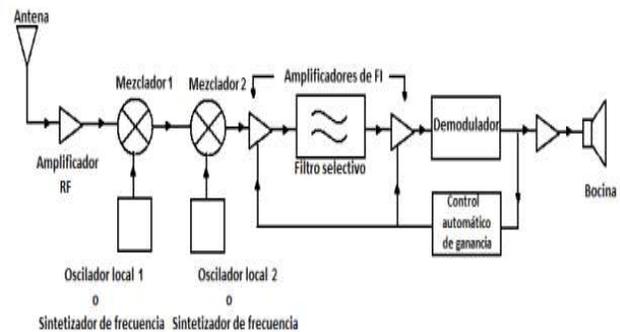


Figura 2: Diagrama de bloques de un receptor superheterodino de doble conversión.
Fuente: Apuntes de Receptores.

Etapas:

Amplificador de RF: Es lo primero que se encuentra la señal de entrada al ingresar por la antena. Se trata de un circuito resonante para las frecuencias, puede incluir un atenuador para debilitar las señales fuertes.

Oscilador: Se trata de un circuito que genera frecuencias para ser mezcladas con la señal entrante. Donde se obtiene como resultado dos frecuencias una que es superior a la señal entrante y la segunda que es inferior a la señal entrante.

Mezclador: Están formados por elementos pasivos no lineales (por ejemplo, diodos) y su propósito es convertir RF a FI. Este no añade amplificación a la señal. El primer mezclador es el encargado de eliminar las frecuencias imágenes ya que es capaz de recibir frecuencias muy altas y con el segundo mezclador se obtiene la frecuencia intermedia

mucho más bajo capaz de diferenciarse con la frecuencia imagen.

Filtro de paso de banda: Este filtro permite el paso de frecuencias dentro de una banda de frecuencia y bloquea o atenúa el paso del resto.

Amplificador de FI (AM): La función es ampliar la señal FI denominada frecuencia única, obtenida a la salida del circuito mezclador o conversor.

Demodulador: Demodula la señal de frecuencia intermedia (es decir, recupera el espectro de la señal original) y el amplificador le da a la señal de salida la ganancia que necesita. En AM la portadora y la porción de la envoltura que lleva la información se trasladan del espectro de radiofrecuencia a la fuente original de información.

Receptor de doble conversión: Los receptores de doble conversión se caracterizan por efectuar dos mezclas a fin de obtener la señal de FI deseada. La conveniencia de realizar una doble conversión radica en la necesidad de utilizar un valor de FI alto, para con esto lograr rechazar en mayor grado a las señales de Frecuencia Imagen, sin necesidad de utilizar amplificadores de RF con circuitos sintonizados de alto Q. (Mendoza, 2004).

3. METODOLOGÍA

3.1 MATERIALES

Para realizar la presente investigación se adquirió varios módulos NI ELVIS III, el cual tiene instrumentos virtuales, en donde podemos encontrar dos elementos importantes que se utiliza en el proceso de heterodinaje: el osciloscopio y el generador de funciones; Tarjetas EMONA que posee varios bloques como: multiplicadores, sumadores, etc y varios cables de conexión tipo banana.

3.2 DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

3.2.1 MODELADO DE LA SEÑAL RF QUE SE

DESEA RECUPERAR.

En la presente investigación, se utiliza los bloques que se tiene disponible en la tarjeta EMONA para modular la señal de RF que se va a recuperar mediante la heterodinación. Es decir, se utiliza los 180kHz como la frecuencia de portadora del Generador de Funciones del módulo ELVIS III y como fuente de señal de información se utiliza una señal LF de 2,08kHz del generador de funciones de la tarjeta EMONA.

Para generar la señal de DSB-SC en Amplitud Modulada, se conectó el sistema como se muestra en la figura 3:

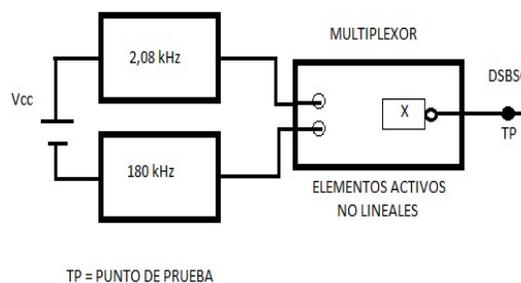


Figura 3: Diagrama Señal DSB-SC.
Fuente: Autor.

La señal de onda sinusoidal de 180kHz, que proviene del Canal 1 del bloque de Generador de funciones del ELVIS III, se genera en el software de National Instruments, en la pestaña Generación de funciones.

En la opción escogida anteriormente se debe configurar de la siguiente forma para obtener la onda sinusoidal de 180kHz.

Tabla 1

Configuración en el Generador de funciones.

Channel 1	Sine
Frequency	180 kHz
Amplitude	2 Vpp
DC Offset	0 V

Fuente: National Instruments.

Y la configuración del osciloscopio como muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2

Configuración en el osciloscopio.

Channel Voltage Range	1 V/div
Horizontal Timebase	500 us/div
Trigger	Tipo: borde analógico, Fuente: entrada del canal 1, Ascendente (Type: Analog edge, Source: Channel 1 input, Rising)
Probe Attenuation	1x

Fuente: National Instruments.

El rango de frecuencia de la ventana FFT se debe definir de 0 Hz a 200 KHz ya que la señal de RF está alrededor de 180 KHz.

Con las conexiones de la *Figura 3* se logra obtener la señal de doble banda lateral con portadora suprimida (DSBSC), modulada con la señal del mensaje de 2,08 kHz. La señal de salida se compone de dos bandas laterales, una banda lateral superior (USB, Upper Side Band), definida como; Frecuencia portadora (Fp) más Frecuencia de información (Fm), USB= 180kHz + 2,08kHz = 182,08kHz y una banda lateral Inferior (LSB, Lower Side Band), Frecuencia portadora (Fp) menos Frecuencia de información (Fm), USB= 180kHz – 2,08kHz = 177,92 kHz. Como parte del bloque Multiplicador debe estar el filtro para suprimir la portadora, para obtener a la salida exclusivamente las dos bandas laterales, obteniéndose una modulación de Doble Banda Lateral con Portadora Suprimida (DSBSC). Al realizar este procedimiento se escoge no mandar la portadora para reducir el uso de potencia a costa de mayor en donde se recupera la portadora a partir de la banda lateral.

El diagrama de bloques presentado anteriormente, representa a la circuitería necesaria para cumplir la función de Transmisor (Tx), con una señal de frecuencia de modulación de 2,08 kHz que es parte del ancho de banda de audio (de 20Hz a 20kHz), esta señal ingresa al multiplicador, mezclándose con la señal de portadora de RF (180 kHz).

En la figura 4, se observa el osciloscopio en el canal 1, la señal del mensaje de 2,08 KHz y en el canal 2 la señal modulada de DSBSC.

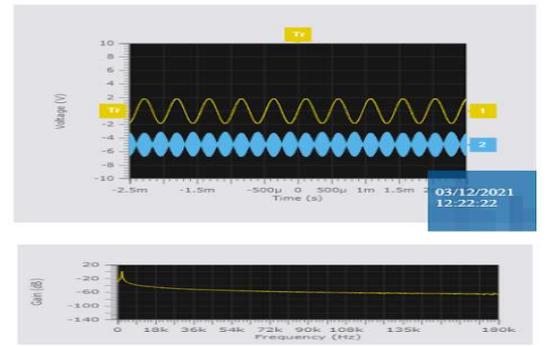


Figura 4: Señal de mensaje y DSB-SC
Fuente: Autor

Se puede observar de manera gráfica las señales del mensaje (onda de color amarillo) que representa los 2, 08 KHz y la señal de DSBSC (onda de color celeste) que son los 180 KHz.

Tabla 3
Señal de mensaje y señal DSBSC

Channel Measurements Data				
Channel Name	VPP	RMS	Frequency	Period
Ch 1	3.721 V	1.289 V	2.086 kHz	479.4 μs
Ch 2	3.726 V	8.99 mV	180 kHz	5.556 μs

Fuente: Autor

3.2.2 CONVERSIÓN DE LA SEÑAL DE RF A FI

En La Tarjeta Emona, como parte del Receptor (figura 5), ingresan al multiplicador (mezclador), dos señales, la primera de 180 kHz modulada en AM en doble banda lateral con portadora suprimida (DSBSC) y la segunda una señal de 80 kHz del oscilador local de la tarjeta (OL). En el mezclador, que tiene una condición de dispositivo activo con respuesta no lineal, se producen un infinito número de señales con frecuencias determinadas con la fórmula; $mF_{180kHz} \pm nF_{80kHz}$ siendo n y m, números enteros par e impar. Mediante el BPF (filtro pasa banda) centrado a una frecuencia de 100kHz, se recupera la primera señal de frecuencia intermedia (FI) de 100 kHz cuando $m=1$ y $n=1$; por tanto, se obtiene $F_{180kHz} - F_{80kHz}$.

Este proceso se denomina el principio de heterodinaje, cuando se varía la frecuencia

modulada de entrada también se varía la frecuencia del oscilador local, manteniendo siempre constante la diferencia de $F_{\text{modulada}} - F_{\text{OL}} = F_{\text{I}}$. La señal obtenida es de menor valor, pero con las mismas características de modulación que la señal original generada en el transmisor.

Para realizar este proceso se procedió a conectar como en el siguiente diagrama de bloques:

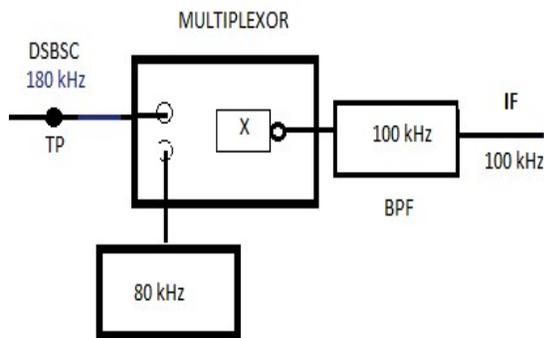


Figura 5: Diagrama de bloques Receptor
Fuente: Autor

Este bloque (Figura 5) representa la parte del Receptor (Rx), donde se obtiene la primera señal de conversión de FI parte del proceso de heterodinaje.

La configuración en el software de National Instruments es la siguiente:

Tabla 4

Configuración en el software.

Channel 1	Sine
Frequency	80 kHz
Amplitude	2 Vpp
DC Offset	0 V

Fuente: National Instruments

En la Figura 6, se observa la señal de frecuencia intermedia recuperada por el primer filtro pasa banda de 100kHz, modulada en doble banda lateral con portadora suprimida, a través del osciloscopio de módulo ELVIS III, con sus especificaciones.

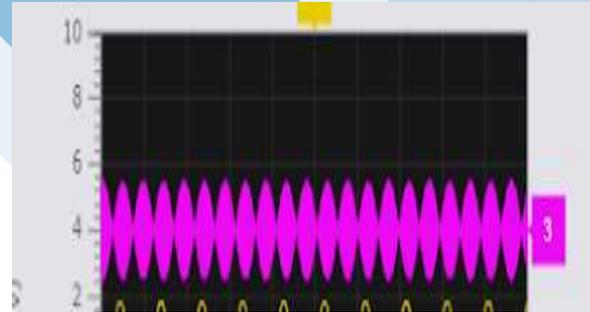


Figura 6: 100kHz modulada
Fuente: Autor

Tabla 5

Datos de la FI recuperada por el primer filtro.

Channel Measurements Data				
Channel Name	VPP	RMS	Frequency	Period
Ch 3	1.565V	375.1 mV	99.52 kHz	10.05 μ s

Fuente: Autor

3.2.3 CONVERSIÓN DE LA SEÑAL DE FI A LA DE BANDA BASE

Para realizar este proceso se debe seguir el siguiente diagrama (Figura 7):

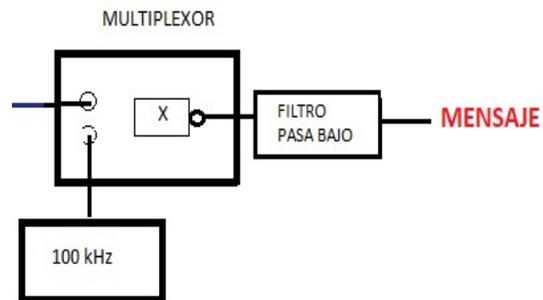


Figura 7: Señal de FI a la banda base

Fuente: Autor

A continuación, se conecta la segunda conversión de FI, que en realidad lo que se obtiene es la señal de información. Para el efecto, la señal de 100 kHz de FI obtenida en la primera etapa, ingresa a un segundo multiplicador (mezclador); en realidad esta señal tiene las dos frecuencias de las bandas, la inferior, de un valor en frecuencia de 97,92 kHz y la superior, de un valor en frecuencia de 102,08 kHz. En la segunda entrada del multiplicador

(mezclador) se ingresa la señal de frecuencia de 100 kHz generada por el Master Signal (oscilador local) de la tarjeta EMONA. De igual forma, se producen un infinito número de señales, siendo una de ellas la que tiene la frecuencia que es resultado de la diferencia: $F_{102,08\text{kHz}} - F_{100\text{kHz}}$ es decir $102,08 \text{ kHz} - 100 \text{ kHz} = 2,08 \text{ kHz}$. Se recupera esta señal con un filtro pasa bajos, con una frecuencia de operación de 2,08 kHz.

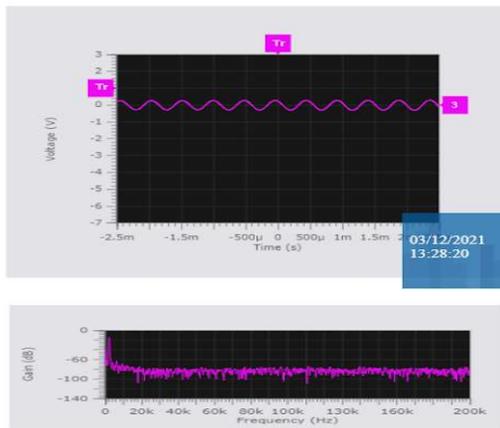


Figura 8: Señal Recuperada de 2.08kHz
Fuente: Autor

Tabla 6

Datos de la señal heterodina.

Channel Measurements Data				
Channel Name	VPP	RMS	Frequency	Period
Ch 3	1.568V	533 mV	2.08 kHz	480.7 μs

Fuente: Autor

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

Los datos obtenidos en la presente investigación, indican los principios de un receptor superheterodino los cuales fueron satisfactorios ya que se logró recuperar la señal de 2,08 kHz al finalizar el proceso de heterodinaje.

En la figura 3 se indica el proceso y la función del transmisor, es decir, ingresan la señal de mensaje (2,08kHz) junto a una frecuencia generada con el

software de National Instruments (180kHz), de esta manera se crea una señal de DSB, continuando con el proceso una vez obtenida la DSB se pasa al receptor en donde ingresa la señal de DSB con otra frecuencia (80kHz), creada con el generador de funciones, pasando por un multiplicador generando nuevos componentes, es decir, nuevas frecuencias pero solo necesitamos una para que dé como resultado una frecuencia intermedia, para eso, las frecuencias que salen del multiplicador pasa por un filtro que encontramos en la tarjeta de un valor de 100kHz, nuestro resultado sigue siendo una señal modulada, entonces se tiene que demodular y esto se logró gracias a la conexión que se realizó y se puede observar en la figura 7, en donde, ingresan la frecuencia intermedia (100kHz), obtenida junto a 100kHz obtenidos del Master Signal de la tarjeta EMONA, de igual manera se produce más valores de frecuencia por eso ingresa nuevamente a un filtro y de esta manera se obtiene el mensaje de manera satisfactoria.

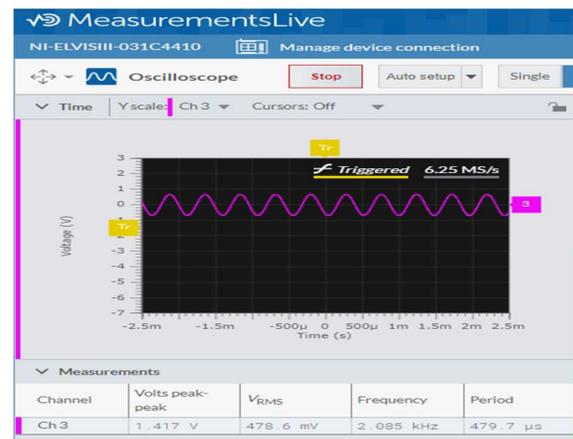


Figura 9: Captura de pantalla de la señal obtenida como resultado.

Fuente: Autor

En la figura 9 se puede observar de manera gráfica los resultados, es decir, mediante el proceso descrito anteriormente se logró obtener la señal sinusoidal de 2,08kHz.

Con los resultados obtenidos en las tablas que están establecidas en la presente investigación se puede calcular un porcentaje de margen de error

entre la señal de información y la señal heterodina.

Datos de la señal de información obtenido en el Software del módulo NI ELVIS III, establecidos en la Tabla 2 en el Ch 1 (Canal 1) y datos de la señal heterodina en la Tabla 6.

Se puede observar en los datos antes mencionados que hay un margen de error, lo cual para ser un valor preciso se calcula con la siguiente fórmula:

$$\%error = \frac{|V_{aprox} - V_{exact}|}{V_{exact}} \times 100$$

Donde:

V_{exact}: Es el valor de frecuencia de la señal que genera el master signal de la Tarjeta Emona.

V_{prox}: Es el valor de frecuencia de la señal resultante al finalizar el proceso de heterodinaje.

$$\%error = \frac{|2,08kHz - 2,086kHz|}{2,08kHz} \times 100$$

$$\%error = \frac{|- 0.006kHz|}{2,08kHz} \times 100$$

$$\%error = 0,2\%$$

Dando, así como resultado 0,2% de error entre las dos señales antes mencionadas.

Otro resultado importante es la variación de voltaje entre las dos señales mencionadas anteriormente, que se pudo observar mediante el osciloscopio de nuestro software. Esto se debe a los elementos pasivos que se encuentran en la Tarjeta Emona, ya que produce una atenuación.

4.2 DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en cada uno de los procedimientos que se realizaron fueron datos positivos dentro de esta investigación ya que se pudo recuperar la señal de 2,08kHz emitida por el master signal de la tarjeta de comunicaciones EMONA con un margen de error del 0,2%, es decir, una diferencia de 0.006kHz de una señal de la otra, en donde, se puede determinar como un 0% de error aproximado.

En este módulo se puede observar las señales que

en circuitos normales de los radios no se puede hacer ya que la detección emite señales en el orden de los μV que con un osciloscopio no se puede observar, pero en este caso al tratarse de módulos didácticos enfocados en la educación se puede visualizar sin ningún problema.

Al hablar de educación se realizó una entrevista a un docente del área de telecomunicaciones para sostener la idea de la importancia de la existencia de la Tarjeta EMONA y el módulo NI ELVIS III en la formación de futuros profesionales.

5. CONCLUSIONES

Mediante el estado del arte sobre el principio de heterodinaje se comprobó a través del desarrollo de la investigación en la tarjeta EMONA y el módulo NI ELVIS III, al realizar en modulación de amplitud, la doble conversión de FI, con el principio de ruido de intermodulación; obteniéndose como segunda señal de producto cruzado, la señal de información recuperada de la detección mediante este método.

Mediante las tablas establecidas en el documento (Tabla 1 y 6), se realizó un cálculo sobre el porcentaje de error entre las dos señales, tanto la de información (2.086 kHz) como la resultante (2,08kHz), es decir, la señal heterodina, lo cual fue satisfactorio ya que el porcentaje de error fue mínimo (0.2% \approx 0%). Lo cual al tener dichos valores se concluye que el proceso de heterodinaje en los módulos tuvo un resultado eficaz. Los datos fueron obtenidos mediante las conexiones de la Tarjeta Emona y el módulo NI ELVIS III tal como lo indica la Figura 10, la cual representa el diagrama de bloques de un receptor superheterodino.

La diferencia entre los valores de Voltaje entre las señales antes mencionadas (señal de información y la heterodina) 3,721V y 1.568V respectivamente, se debe a que los elementos que se encuentran en la Tarjeta Emona y para la doble conversión de

frecuencia se utilizan elementos pasivos, en donde se asume que es una atenuación directa sin amplificación.

Es fundamental contar con la tarjeta EMONA y el módulo NI ELVIS III, en donde se pueda observar todo el proceso que realiza un receptor superheterodino y no solamente la señal resultante, es decir la heterodina ya que de esta forma se puede comprobar de manera práctica los conocimientos teóricos obtenidos evitando así crear incertidumbre y con ello ayudar a tomar decisiones apropiadas en el desempeño en un trabajo futuro profesional.

6. REFERENCIAS

- Alberto, P. (7 de Junio de 2009). *Electrónica completa*. Obtenido de <http://electroniacompleta.com/lecciones/receptor-superheterodino/>
- Bonello, J. C., Castro, P., & Ubiría, F. 20. *Sistemas receptores*. Obtenido de <https://its.utu.edu.uy/sites/its.utu.edu.uy/files/2019-05/indice.pdf>
- Danizio, P. E., Danizio, E. R., Menso, E. J., Danizio, A. D., & Cejas, M. O. (2018). *Detección coherente en modulación de producto con recuperación de portadora a partir de la segunda armónica*. Obtenido de <http://rtyc.utn.edu.ar/index.php/rtyc/article/view/96>
- Fernández Palomar, D. (2016). *Receptor superregenerativo para la banda de FM* (Bachelor's thesis). Obtenido de <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/27339>
- Fernández Palomar, D. (2016). *Receptor superregenerativo para la banda de FM* (Bachelor's thesis). Obtenido de <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/27339>
- García, C. (3 de Diciembre de 2005). *Circuitos y Subsistemas para Comunicaciones*. Obtenido de <http://garciaargos.com/descargas/apuntes/4curso/csc.pdf>
- National Instruments. *Laboratorio Educativo Virtual*. Obtenido de <http://www1.frm.utn.edu.ar/aplicada3/apuntes/unidad8.pdf>
- Pelchor Espinoza, V. A. (2018). *Análisis cuantitativo del ruido en sistemas de modulación analógicos AM y FM*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/36300>
- Rodrigo Peñarrocha, V. M., & Soto Pacheco, P. (2021). *Receptor. Resintonización del receptor superheterodino*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/162018>
- Rodrigo Peñarrocha, V. M., & Soto Pacheco, P. (2021). *Receptor. El efecto de la frecuencia imagen*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/162025?show=full>
- Sánchez J & Guerrero F. (2013). *Sistema didáctico remoto para el aprendizaje de comunicaciones digitales*. Revista Educación en Ingeniería UTN (11 de Noviembre de 2004). *Electrónica aplicada III*. Obtenido de <http://www1.frm.utn.edu.ar/aplicada3/apuntes/unidad8.pdf>
- Flores Asenjo, S. J. (2016). *El Receptor Superheterodino*. Obtenido de