



*UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO*



*FACULTAD DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA*

*SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE AMPLITUD MODULADA
BASADO EN LA ESTACION DE TRABAJO NI-ELVIS.*

TESIS

*PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN ELECTRÓNICA*

PRESENTA:

MARIO ARTURO GONZÁLEZ GONZÁLEZ

ASESOR DE TESIS:

DR. EN ING. GILBERTO GONZÁLEZ AVALOS

MORELIA MICHOACÁN, MARZO 2019



AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es dedicado en gran medida a mi familia que me dieron la oportunidad de poder realizar una carrera, sin su gran ayuda no hubiera podido lograr este objetivo y mucho menos alcanzar esta meta. Especialmente doy las gracias a las tres mamás que dios me mando para que siempre saliera adelante y nunca perdiera el camino a pesar de las adversidades, haciendo sobresalir el apoyo de mi abuelita, mi mamá y mi tía que nunca dejaron de creer que podía realizar mis metas.

De igual manera agradezco a los amigos que fueron ayuda y a veces la mala influencia para liberar el estrés. Especialmente a aquellos con los que conviví y sufrí por momentos para poder pasar materias. Nunca darse por vencido era la idea de varios de mis compañeros. Y sobre todo gracias a dios que me ha dado la vida, grandes amistades y sobretodo la mejor familia de este mundo.

Mi gratitud también es dedicada a varios profesores. En especial al Dr. Gilberto González Avalos que me dio la oportunidad de demostrar mis conocimientos y las grandes enseñanzas y consejos que me transmitió. Resaltando también al Ing. Félix Jiménez Pérez que de igual manera sus exigencias como docente me permitieron esforzarme aun más para llegar y cumplir un objetivo. Incontables nombres de buenos profesores que no acabaría de mencionar con los cuales estoy agradecido. También este agradecimiento incluye a nuestra gloriosa universidad que a pesar de los problemas aun cuenta con la capacidad de brindar una buena enseñanza por medio de algunos excelentes docentes que en ella laboran.

DEDICATORIA:

**María Alcantar Martínez
Rosalba T. González Alcantar
María del Carmen González Alcantar**

Y demás personar que me han apoyaron a lo largo de esta vida.

INDICE

RESUMEN	3
PALABRAS CLAVE	3
ABSTRACT	4
KEYWORDS	4
INDICE DE FIGURAS Y TABLAS	5
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1 IMPORTANCIA DE SISTEMAS DE COMUNICACIÓN	1
1.2 OBJETIVO	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	2
1.4 METODOLOGÍA	3
1.5 CONTENIDO DE LA TESIS	3
CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES DE SISTEMAS DE COMUNICACIÓN	5
2.1 INTRODUCCIÓN	5
2.2 HISTORIA DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES	6
2.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES	9
2.4 MODULACIÓN Y DEMODULACIÓN	11
2.5 TIPOS BÁSICOS DE COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS	12
2.6 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	14
2.7 MÉTODOS DE TRANSMISIÓN DE SISTEMAS DE COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS	17
2.8 SEÑALES SENOIDALES	18
2.8.1 DOMINIO DEL TIEMPO	19
2.8.2 DOMINIO DE LA FRECUENCIA	20
2.9 TRANSMISIÓN POR MODULACIÓN DE AMPLITUD	20
2.9.1 REPRESENTACIÓN FASORIAL DE UNA ONDA DE AMPLITUD MODULADA	24
2.9.2 COEFICIENTE DE MODULACIÓN	25
2.10 DEMODULACIÓN DE AM	29
2.10.1 SELECTIVIDAD	30
2.10.2 SENSIBILIDAD	30
2.10.3 MARGEN DINÁMICO	30
2.10.4 FIDELIDAD	31
2.10.5 DISTORSIÓN	31
2.10.6 PÉRDIDA DE INSERCIÓN	32

2.10.7 RECEPTORES DE AM	32
2.11 MODULACIÓN POR DESPLAZAMIENTO DE AMPLITUD (ASK, AMPLITUDE SHIFT KEYING)	32
CAPÍTULO 3: DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE AMPLITUD MODULADA EN LABVIEW	37
3.1 INTRODUCCIÓN	37
3.2 LABVIEW DESCRIPCIÓN	37
3.3 ENTORNO DE TRABAJO DE LABVIEW	38
3.4 ELEMENTOS Y BLOQUES UTILIZADOS EN LABVIEW E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES DE AM	39
3.4.1 PÁNEL FRONTAL	39
3.4.2 DIAGRAMA DE BLOQUES	41
3.4.2.1 BLOQUES DE CONEXIÓN CON EL PANEL FRONTAL	41
3.4.2.2 BLOQUES DE PROCESOS	42
3.4.2.3 BLOQUES DE FUNCIONES NUMÉRICAS, PROCESOS Y VARIABLES.	44
3.5 GENERACIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES DE AM	45
CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE AM EN NI-ELVIS	53
4.1 INTRODUCCIÓN	53
4.2 GENERACIÓN DE SEÑAL EN LABVIEW	53
4.3 GENERACIÓN DE SEÑAL EN NI ELVIS	55
4.3 SOFTWARE NI ELVIS	56
4.3 MODULADOR DE AM EN NI ELVIS	57
4.3 DEMODULADOR DE AM EN NI ELVIS	64
4.4 CREACIÓN DE UNA MODULACIÓN EN AM SIN CIRCUITO INTEGRADO POR MEDIO DE LABVIEW Y NI ELVIS.	69
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFÍA	77
GLOSARIO	79

RESUMEN

Este trabajo demuestra la funcionalidad y versatilidad de la estación de trabajo NI-ELVIS. Para este propósito se realiza la simulación e implementación de un proceso de modulación de señales en amplitud modulada (AM). Para este propósito se realiza una simulación por medio del software LabVIEW el cual maneja un entorno grafico por bloques que facilita la programación del proceso que se implemento en este trabajo.

Al existir diversos métodos para el desarrollo de proyectos, la estación de trabajo NI-ELVIS, permite el uso de diversos dispositivos de medición y adquisición de señales, englobados en una sola estación. Esto permite que dentro de las diversas funciones con las que cuenta, genere un entorno didáctico más agradable para analizar, estudiar o transmitir un conocimiento. Así al ser necesario un equipo de computo para el funcionamiento de la estación, esto brinda la posibilidad de realizar un muestreo de un proceso de manera más eficaz, y así los datos obtenidos sean usados para otros propósitos.

Se procede a utilizar dos vertientes, en torno a un solo enfoque el cual es demostrar y analizar el proceso de modulación en AM, buscando por un lado el análisis del funcionamiento de la estación y del software con el que se cuenta, y la otra vertiente es permitir una mejor comprensión de esta técnica buscando el desarrollo a futuro de material didáctico en la impartición de este tema así como de otros y facilitar la transmisión del conocimiento y con mayor eficiencia e interés por parte de los estudiantes.

Para el propósito fundamental al que se pretende llegar, es que la estación de trabajo NI-ELVIS permita sustituir algunos dispositivos utilizados en laboratorio, también que permita remplazar algunos CI (Circuitos Integrados) que en ocasiones se encuentran descontinuados o son de difícil adquisición, ya que se requieren importar desde otros países generando un costo más alto en su precio.

También el presente trabajo es demostrar el gran potencial que puede tener la estación de trabajo NI-ELVIS y como permite ahorrar costos y tiempos, elaborando los procesos por medio de la programación del software de la estación y en conjunción con el entorno LabVIEW.

PALABRAS CLAVE

Palabras clave: modulación, amplitud modulada, LabVIEW, NI-ELVIS, simulación, diseño.

ABSTRACT

This work demonstrates the functionality and versatility of the NI-ELVIS workstation. For this purpose, the simulation and implementation of a signal modulation in modulated amplitude (AM) is made out. For this purpose, a simulation is carried out using LabVIEW software, which manages a graphical environment by blocks that facilitates the programming of the process that is implemented in this work.

As there are different methods for project development, the NI-ELVIS workstation allows the use of various signal measurement and acquisition devices, encompassed in a single station. This allows that inside the diverse functions with which it counts, it generates a more pleasant didactic environment to analyze, study or transmit a knowledge. Thus, as computer equipment is necessary for the operation of the station, this provides the possibility of sampling a process more efficiently, and thus the data obtained can be used for other purposes.

It proceeds to use two slopes, around a single approach which is to demonstrate and analyze the AM modulation process, looking for on the one hand the analysis of the operation of the station and the software with which it is counted, and the other side it is to allow a better understanding of this technique looking for the future development of teaching material in the teaching of this subject as well as others and to facilitate the transmission of knowledge and with greater efficiency and interest on the part of the students.

For the fundamental purpose to which it is intended, is that the NI-ELVIS workstation allows to replace some devices used in the laboratory, also allowing to replace some IC (Integrated Circuits) that are sometimes discontinued or difficult to acquire, since that they need to import from other countries generating a higher cost in their price.

Also the present work is to demonstrate the great potential that the NI-ELVIS workstation can have and how it allows to save costs and time, elaborating the processes by programming the software of the station and in conjunction with the LabVIEW environment.

KEYWORDS

Keywords: modulation, modulated amplitude, LabVIEW, NI-ELVIS, simulation, design.

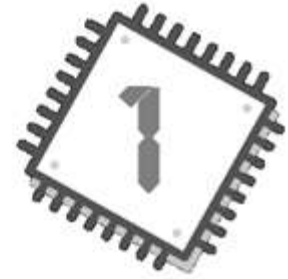
INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURA 2.1 SISTEMA DE COMUNICACIÓN ELEMENTAL.	5
FIGURA 2.2 SEÑALES DE HUMO.	6
FIGURA 2.4 DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE BLOQUES DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN.	8
FIGURA 2.5 TELÉGRAFO Y PRIMER MODELO DEL TELÉFONO FUNCIONAL.	8
FIGURA 2.6 DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE COMUNICACIÓN.	9
FIGURA 2.7 EJEMPLO BÁSICO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES TELEFÓNICO.	10
FIGURA 2.8 SEÑALES MODULADAS, A) ORIGINAL, B) AMPLITUD (AM) Y C) FRECUENCIA (FM).	11
FIGURA 2.9 COMPONENTES DE ELECTRÓNICA.	12
FIGURA 2.10 TIPOS COMUNES DE MODULACIONES DIGITALES ASK, FSK Y PSK.	13
FIGURA 2.11 DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE COMUNICACIONES.	14
TABLA 2.1. DESIGNACIONES DE BANDA.	15
FIGURA 2.12 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO DE FRECUENCIAS.	16
FIGURA 2.13 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO EXPRESADO EN LONGITUDES DE ONDA.	16
FIGURA 2.14 REPRESENTACIÓN DE UNA SEÑAL EN EL DOMINIO DEL TIEMPO (OSCILOSCOPIO).	19
FIGURA 2.15 REPRESENTACIÓN DE UNA SEÑAL EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA.	20
FIGURA 2.16 ESQUEMA SIMPLIFICADO DE AM (2 ENTRADAS, 1 SALIDA).	21
FIGURA 2.17 ESQUEMA MODULACIÓN DE AM.	22
FIGURA 2.18 MODULACIÓN DE AM EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA.	23
FIGURA 2.19 SUMA FASORIAL DE LA PORTADORA Y LAS FREC. LATERALES SUPERIOR E INFERIOR.	24
FIGURA 2.20 SUMA FASORIAL QUE PRODUCE LA ENVOLVENTE DE AM.	25
FIGURA 2.21 COEFICIENTE DE MODULACIÓN, E_m Y E_c	27
FIGURA 2.22 ONDA MODULADA 100%.	28
FIGURA 2.23 ONDA MODULADA 50%.	28
FIGURA 2.24 DIAGRAMA DE BLOQUES SIMPLIFICADO DE UN RECEPTOR DE AM.	29
FIGURA 2.25 MODULACIÓN ASK.	33
FIGURA 2.26 ESQUEMA DE ENTRADA DE DATOS COMO SWITCH PARA ASK.	34
FIGURA 2.27 REPRESENTACIONES DE DOMINIO DE TIEMPO Y DE LA FRECUENCIA DE UNA SEÑAL ASK.	35
FIGURA 2.28 GRÁFICA DE LA DETECCIÓN Y DEMODULACIÓN DE UNA SEÑAL ASK.	36
FIGURA 3.1 PÁNEL FRONTAL DE LABVIEW.	39
FIGURA 3.2 DIAGRAMAS DE BLOQUES DE LABVIEW.	39
FIGURA 3.3 PERILLA.	40
FIGURA 3.4 INTERRUPTOR DESLIZANTE.	40
FIGURA 3.5 INTERRUPTOR DE PARO GENERAL.	40
FIGURA 3.6 INDICADOR DE GRÁFICO.	40
FIGURA 3.7 INDICADOR NUMÉRICO.	41
FIGURA 3.8 BLOQUE DE PERILLA.	41
FIGURA 3.9 BLOQUE DE INTERRUPTOR DESLIZANTE.	42
FIGURA 3.10 BLOQUE DE INTERRUPTOR DE PARO GENERAL (DEPENDIENDO DE UN CICLO).	42
FIGURA 3.11 BLOQUE DE INDICADOR GRÁFICO.	42

FIGURA 3.12 BLOQUE DE INDICADOR NUMÉRICO.	42
FIGURA 3.13 BLOQUE DE SIMULACIÓN DE SEÑALES.	43
FIGURA 3.14 BLOQUE DE FILTRO.	43
FIGURA 3.15 BLOQUE DE ESPECTRÓMETRO.	43
FIGURA 3.16 BLOQUE DE CICLO WHILE.	44
FIGURA 3.17 BLOQUE DE VALOR ABSOLUTO.	44
FIGURA 3.18 BLOQUE DE MULTIPLICACIÓN.	44
FIGURA 3.19 BLOQUE DE SUMA.	44
FIGURA 3.20 BLOQUE DE VARIABLE LOCAL.	44
FIGURA 3.21 BLOQUE DE CONSTANTE NUMÉRICA.	45
FIGURA 3.22 CONEXIÓN DE BLOQUES EN LABVIEW.	45
FIGURA 3.23 INTERFACE FINAL DEL PANEL FRONTAL.	46
FIGURA 3.24 INTERFACE FINAL DEL DIAGRAMA DE BLOQUES.	47
FIGURA 3.25 INTERFACE DE ELEMENTOS DE ENTRADA DE DATOS E INTERFACE DE SALIDA.	48
FIGURA 3.26 GRÁFICAS DEL PROYECTO COEFICIENTE DE MODULACIÓN BAJO.	48
FIGURA 3.27 GRÁFICAS DEL PROYECTO COEFICIENTE DE MODULACIÓN VALOR INTERMEDIO.	49
FIGURA 3.28 GRÁFICAS DEL PROYECTO COEFICIENTE DE MODULACIÓN MÁXIMO VALOR.	49
FIGURA 3.29 GRÁFICAS C. DE MODULACIÓN MÁX., FREC. PORTADORA BAJA.	50
FIGURA 3.30 GRÁFICAS C. DE MODULACIÓN INTER., FREC. PORTADORA BAJA.	50
FIGURA 3.31 GRÁFICAS C. DE MODULACIÓN INTER., FREC. PORTADORA VALOR MEDIO.	51
FIGURA 3.32 GRÁFICAS C. DE MODULACIÓN MÁX., FREC. PORTADORA VALOR MEDIO.	51
FIGURA 3.33 GRÁFICAS C. DE MODULACIÓN MÁX., FREC. INFORMACIÓN Y PORTADORA VALOR BAJO.	52
FIGURA 4.1 INTERFAZ DE SALIDA DE CONTROL DE UNA SEÑAL.	54
FIGURA 4.2 INTERFACES DE NI ELVIS (OSCILOSCOPIO) Y SALIDA LABVIEW.	54
FIGURA 4.3 SCRIPT DE LABVIEW PARA CONTROL SE UNA SEÑAL CONECTADA A NI ELVIS.	55
FIGURA 4.4 NI ELVIS.	56
FIGURA 4.5 MENÚ DE OPCIONES SOFTWARE NI ELVIS.	56
FIGURA 4.6 ESQUEMA CIRCUITO INTEGRADO AD633.	57
FIGURA 4.7 CIRCUITO PARA MODULACIÓN EN AM.	57
FIGURA 4.8 IMPLEMENTACIÓN DE LA MODULACIÓN AM.	58
FIGURA 4.9 INFORMACIÓN SEÑAL DIENTE DE SIERRA - PORTADORA SEÑAL SENOIDAL.	59
FIGURA 4.10 INFORMACIÓN SEÑAL DIENTE DE SIERRA - PORTADORA SEÑAL CUADRADA.	59
FIGURA 4.11 INFORMACIÓN SEÑAL DIENTE DE SIERRA - PORTADORA SEÑAL TRIANGULAR.	60
FIGURA 4.12 INFORMACIÓN SEÑAL SENOIDAL - PORTADORA SEÑAL SENOIDAL.	60
FIGURA 4.13 INFORMACIÓN SEÑAL SENOIDAL - PORTADORA SEÑAL CUADRADA.	61
FIGURA 4.14 INFORMACIÓN SEÑAL SENOIDAL - PORTADORA SEÑAL TRIANGULAR.	61
FIGURA 4.15 INFORMACIÓN SEÑAL TRIANGULAR - PORTADORA SEÑAL SENOIDAL.	62
FIGURA 4.16 INFORMACIÓN SEÑAL TRIANGULAR - PORTADORA SEÑAL CUADRADA.	62
FIGURA 4.17 INFORMACIÓN SEÑAL TRIANGULAR - PORTADORA SEÑAL TRIANGULAR.	63
FIGURA 4.18 INFORMACIÓN SEÑAL CUADRADA - PORTADORA SEÑAL SENOIDAL.	63
FIGURA 4.19 ANALIZADOR DE SEÑALES NI ELVIS.	64
FIGURA 4.20 FILTRO PASA BAJAS CON ELEMENTOS PASIVOS.	65

FIGURA 4.21 VISUALIZACIÓN DEL HARDWARE IMPLEMENTADO EN NI ELVIS.-----	66
FIGURA 4.22 CIRCUITO DE MODULACIÓN Y FILTRO PASA BAJAS PASIVO. -----	66
FIGURA 4.23 SEÑAL FILTRADA DE TIPO SENOIDAL. -----	67
FIGURA 4.24 SEÑAL FILTRADA DE TIPO TRIANGULAR. -----	67
FIGURA 4.25 SEÑAL FILTRADA DE TIPO CUADRADA. -----	68
FIGURA 4.26 SEÑAL FILTRADA DE TIPO DIENTE DE SIERRA. -----	68
FIGURA 4.27 SCRIPT DE PROGRAMACIÓN EN DIAGRAMAS DE BLOQUES PARA MODULACIÓN AM.-----	69
FIGURA 4.28 PÁNEL FRONTAL DEL PROYECTO DE MODULACIÓN AM. -----	70
FIGURA 4.29 CONEXIÓN DE LA NI ELVIS ENTRE LA SALIDA ANALÓGICA Y OSCILOSCOPIO INTEGRADO. --	70
FIGURA 4.30 COMPARACIÓN SEÑAL MODULADA Y OSCILOSCOPIO CON C. DE MODULACIÓN DE 0%. ---	71
FIGURA 4.31 COMPARACIÓN SEÑAL MODULADA Y OSCILOSCOPIO CON C. DE MODULACIÓN DE 50%.--	71
FIGURA 4.32 COMPARACIÓN SEÑAL MODULADA Y OSCILOSCOPIO CON C. DE MODULACIÓN DE 100%. 72	
FIGURA 4.33 DISTRIBUCIÓN DE EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO DE UNA SEÑAL DE AM. -----	73

CAPÍTULO



INTRODUCCIÓN

1.1 Importancia de sistemas de comunicación

La comunicación a grandes rasgos es la transmisión de un mensaje entre dos elementos uno con la función de ser el emisor y otro el receptor y el medio por el cual se pretende mandar dicho mensaje es el sistema de comunicación. Actualmente tenemos diversos medios de comunicación por mencionar el más usado ahora es el internet, al cual tenemos acceso por medio de una variedad de dispositivos electrónicos.

En estos tiempos la importancia de la comunicación es esencial ya que estamos viviendo en una era digital, en la cual la comunicación es fundamental, desde las llamadas de voz hasta los simples mensajes como e-mail, mensajes de texto, redes sociales, llamadas telefónicas, video llamadas, etc. Esto se logra teniendo una comunicación casi instantánea y si es necesaria de una manera global, permitiendo un gran tráfico de datos y una mayor calidad en los sistemas de comunicación actuales.

De esta forma en este mundo que ya está muy globalizado el acceso a la información es fundamental y va de la mano con los diversos esquemas comunicación, los cuales son de fundamental ayuda para estar a la vanguardia y lograr facilitar la vida cotidiana ahorrando tiempo y teniendo iteración con otras partes del planeta sin la necesidad de viajar a dichos lugares.

Desglosando de una manera más específica, las ventajas de un sistema de comunicación son: interacción casi instantánea, mayor calidad y rapidez en cuanto a la transmisión de información, y la versatilidad de estar en constante modernización abriendo nuevos sistemas de comunicación que permitan superar los problemas de saturación que estos logren causar en el futuro próximo.

En una comparación entre los sistemas de comunicación pasados y los modernos, tenemos que es el correo el cual tiene una similitud con los e-mails, el correo antiguo dependía de un canal que tomaba cierto tiempo dependiendo del transporte y el lugar a donde se enviaba; en cambio con el e-mail lo que una carta o mensaje tarda en ser enviada y recibida llega a ser mucho más eficiente

en cuanto a tiempos, llegando en unos simples segundos y en comparación al otro sistema de comunicación que tardaba días o meses y tenía una eficiencia mucho menor que el uso del e-mail.

También se puede valorar de manera positiva como un sistema de comunicación puede hacer más eficiente a otro, retomando al mismo correo antiguo para enviar paquetes, antes no se tenía la certeza de cuándo sería la posible llegada de dicho paquete, en cambio en estos tiempos, el envío de paquetes se puede monitorear y rastrear para saber y estimar el tiempo en que podemos recibir dicho paquete.

Así podemos determinar que la dependencia que llegamos a tener de los sistemas de comunicación va de la mano con el avance tecnológico que se va teniendo y que uno sin el otro no puede existir ya que al ser una sociedad la comunicación es de vital importancia para lograr objetivos tanto como individuales y grupales

1.2 Objetivo

Implementar un sistema de comunicación en Modulación de Amplitud (AM) utilizando el entorno de trabajo NI-ELVIS y determinar el correcto funcionamiento utilizando la herramienta de monitoreo LabVIEW.

1.3 Justificación

Con el avance de las nuevas tecnologías e intentando evitar el rezago tecnológico que se tiene en la actualidad, se realiza un proyecto que contará con dos vertientes, una de ellas es de manera virtual (simulación) y la otra de manera física. Para así desarrollar un sistema de comunicación en amplitud modulada (AM).

Para ello se utiliza el software NI LABVIEW, para realizar la simulación de dicho proceso, mediante su codificación gráfica que es de fácil uso e implementación y de igual manera debido a la compatibilidad que se tiene con dicho software se implementa el circuito físico y se realiza un control del mismo por medio de la estación de trabajo NI-ELVIS I.

Esta herramienta es del mismo fabricante y desarrollador de software NATIONAL INSTRUMENTS (NI), y permite la interconexión con el software, que da la posibilidad de manipular las señales y valores a nuestra conveniencia. Así demuestra el proceso y las señales que componen un sistema de comunicación en AM, esto permite a futuro implementar estas tecnologías para temas didácticos, también facilita y hace comprender más eficientemente el proceso que conlleva un sistemas de comunicaciones de amplitud modulada u otro proceso que

se requiera realizar, partiendo de este esquema es intentar replicar los procesos a otros sistemas de comunicación, incluyendo sistemas más recientes como son los digitales.

1.4 Metodología

Se realiza la implementación, en un primer paso, de manera virtual, por medio del software NI LABVIEW el cual permite monitorear señales, se diseña un sistema de bloques en el cual nos realice un sistema de comunicación en AM el cual module y demodule la señal, comparando la entrada y la salida. Una vez implementado, por medio de la tarjeta de pruebas NI-ELVIS I, se elabora de manera física y se validan los valores de la señal para así comparar resultados y tener un antecedente en el uso de este dispositivo para la implementación de un sistema de comunicaciones en AM.

1.5 Contenido de la tesis

En este trabajo de tesis se cuenta con la descripción de 5 capítulos. Desglosados de la siguiente manera:

- Capítulo 1: Introducción.
- Capítulo 2: Antecedentes de sistemas de comunicación.
- Capítulo 3: Diseño de un sistema de comunicación de amplitud modulada en LabVIEW.
- Capítulo 4: Implementación del sistema de comunicación de amplitud modulada en NI-ELVIS.
- Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones.

El primer capítulo se da un breve detalle de porque se pretende realizar este proyecto y en que fundamentos se basa para su elaboración.

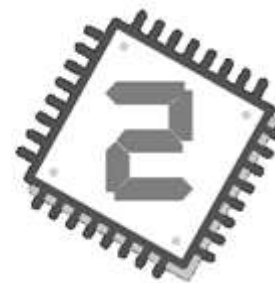
En el capítulo segundo, se da una breve historia de los sistemas de comunicación y también se detalla lo que es un sistema de comunicaciones de amplitud modulada (AM), describiendo parámetros y características con el que cuentan. Así también se menciona como se modula, se transmite y demodula, además se menciona cómo este proceso de comunicación es base fundamental de otros tantos sistemas de comunicaciones digitales.

El capítulo tercero, es una descripción de funciones del software LabVIEW y cómo se implementa un sistema de comunicación en amplitud modulada.

En el capítulo cuarto se implementa el sistema de comunicaciones en AM conectado a la estación NI-ELVIS.

Finalmente en el capítulo quinto se dan conclusiones, recomendaciones y propuestas.

CAPÍTULO



ANTECEDENTES DE SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

2.1 Introducción

La comunicación es un acto o proceso de paso de información a través de mensajes significativos entre fuentes y destinatarios en interacción, que partiendo de un código y contextos en común y usando estrategias adecuadas permite alcanzar el efecto de hacerlos partícipes de sus respectivas intenciones y/o estado y/o ideas.

Para ser transmitido un mensaje, se requiere de un sistema de comunicación que permita que la información sea transferida, a través del espacio y el tiempo, desde un punto llamado fuente hasta otro punto de destino. Los mensajes pueden presentarse bajo diferentes formas: una secuencia de símbolos, intensidad de la luz y los colores de una imagen televisada, la presión acústica de la voz, etc. En la figura 2.1 se muestra un esquema elemental de comunicación. [1]

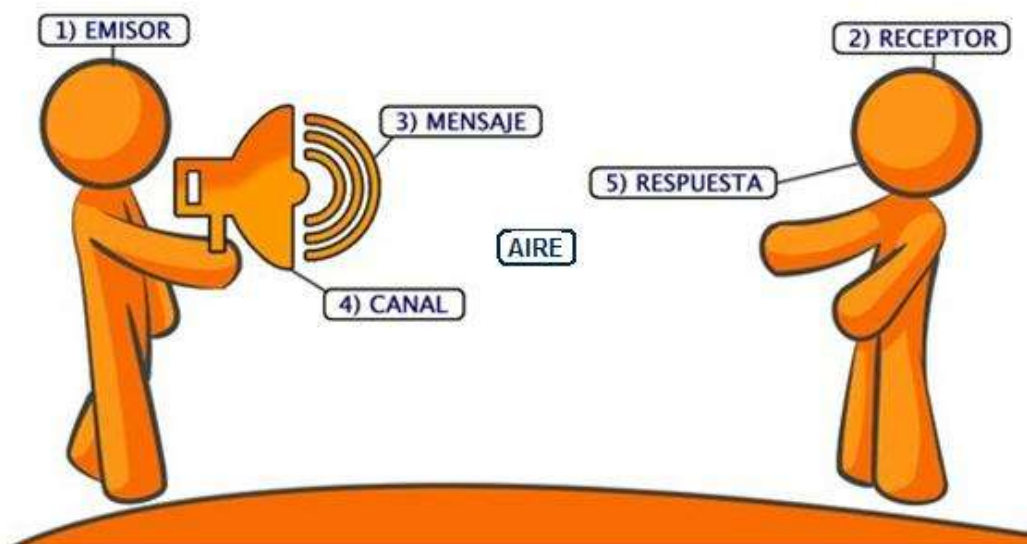


Figura 2.1 Sistema de comunicación elemental. [2]

Los sistemas de comunicación eléctrica brindan los medios para que la información, codificada en forma de señal, se transmita o intercambie, abarcando grandes distancias y de esta manera lograr distribuir un mensaje o información de una forma más eficiente.

Un sistema de comunicación consta de tres componentes esenciales:

- **Transmisor.**
- **Canal de transmisión.**
- **Receptor.**

El mensaje original, producido por la fuente, no es necesariamente eléctrico. Debe ser convertido en señales eléctricas a través de un transductor de entrada. En el destino, otro transductor de salida cumple la función de transformar nuevamente la señal para que llegue al receptor del modo en el que fue emitido el mensaje. [3]

2.2 Historia de los sistemas de comunicaciones

Las telecomunicaciones son el uso de cierta tecnología para intercambiar información para comunicación humana a largas distancia por un medio o sistema de comunicación que permiten enviar un mensaje de un punto a otro. Estos sistemas podían ser de varios tipos de percepción ya sea visual, auditivo, por medio del olfato, etc. En la figura 2.2 se muestra un sistema de comunicación primitivo.



Figura 2.2 Señales de humo. [4]

Incluso es posible observar sistemas de comunicación en la vida animal tales como el aullido de un lobo, el ladrido de un perro, el marcar el territorio por medio de la orina que hacen los animales, el olor de un zorrillo e incluso el color llamativo de algunas ranas venenosas en zonas selváticas que indican que son venenosas, todos estos son mensajes que son transmitidos por diferentes medios. Resaltando la importancia de tener un medio eficiente para transmitir un mensaje. Desde los orígenes de la Humanidad el hombre ha sentido la necesidad de comunicarse. La Historia nos muestra cómo su evolución ha estado siempre ligada a la transmisión de la información y del pensamiento. Inicialmente las noticias a transmitir eran generalmente para prevenir ataques de grupos enemigos, conocer el desarrollo y consecuencias de las batallas, avisar de acontecimientos notables, llevar órdenes y mandatos de la autoridad, etc. Para esto en principio utiliza los sonidos vocales; más tarde, los sonidos de percusión como el "tam-tam" (obtenido sobre un tronco seco y hueco), o las trompas, fabricadas con caracoles marinos o astas de reses. El uso de tambores, trompetas, campanas y otros artilugios sonoros también fueron empleados para transmitir mensajes a cierta distancia. [5]

Como ejemplo de ello, se menciona que el rey persa **Darío I** (522 al 486 A.C.) para enviar noticias a través de su vasto imperio (que iba desde la India al Danubio) utilizaba a una serie de personas, con buena voz y pulmones, apostadas en lugares elevados, que se gritaban el mensaje de unas a otras. Ello era un sistema de comunicación relativamente rápido, pero que exigía un alto número de personas, ya que éstas debían de estar apostadas a distancias máximas de hasta 200 metros, ya que a mayores distancias los mensajes comunicados a gritos podían ser poco comprensibles. [5]

Un sistema parecido emplearían unos siglos más tarde los galos para comunicarse, según comenta César, durante la conquista romana de las Galias. El sistema podría ser rápido, pero posiblemente poco secreto, y requerían un muy alto número de personas para mantener un sistema de comunicación de este tipo. En la figura 2.3 se observa el uso de cuernos de animales como señal de alarma. [6]

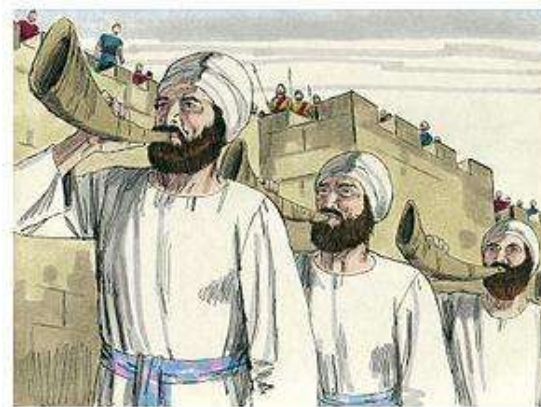


Figura 2.3 Cuernos de alarma. [6]

Así avanzando en la historia llegamos a la etapa del descubrimiento y uso de la electricidad en donde el objetivo fundamental de un sistema electrónico de comunicaciones, es transferir información de un lugar a otro. Por consiguiente, se puede decir que las comunicaciones electrónicas son la transmisión, recepción y procesamiento de información entre dos o más lugares, mediante circuitos electrónicos. [7]

La fuente original de información puede estar en forma analógica (continua), como por ejemplo la voz humana o la música, o en forma digital (discreta), como por ejemplo los números codificados binariamente o los códigos alfanuméricos. Sin embargo, todas las formas de información se deben de convertir a energía electromagnética antes de ser propagadas a través de un sistema electrónico de comunicaciones. La figura 2.4 nos detalla el diagrama simplificado de bloques de un sistema de comunicación. [7]

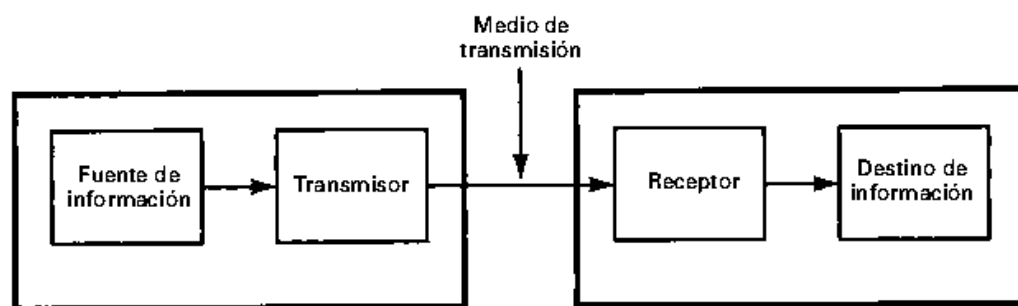


Figura 2.4 Diagrama simplificado de bloques de un sistema de comunicación. [7]

Samuel Morse desarrolló en 1837 el primer sistema electrónico de comunicaciones. Usó la inducción electromagnética para transferir información en forma de puntos, rayas espacios entre un transmisor y un receptor sencillos, usando una línea de transmisión que consistía en un tramo de conductor metálico. Llamo telégrafo a su invento. En 1876, Alexander Graham Bell y Thomas A. Watson fueron los primeros en transferir en forma exitosa la conversación humana a través de un sistema sencillo de comunicaciones con hilo metálico, al que llamaron teléfono. En la figura 2.5 se muestra dos aparatos de comunicación por medio de la electricidad el telégrafo y primer modelo del teléfono funcional. [7]



Figura 2.5 Telégrafo y primer modelo del teléfono funcional. [8] [9]

Guglielmo Marconi transmitió por primera vez señales de radio, sin hilos, a través de la atmosfera terrestre, en 1894, y Lee DeForest invento en 1908 el triodo, o válvula al vacio, que permitió contar con el primer método práctico para amplificar las señales eléctricas. La radio comercial comenzó en 1920, cuando las estaciones de radio comenzaron a emitir señales de amplitud modulada (AM), y en 1933 el mayor Edwin Howard Armstrong invento la modulación de frecuencia (FM). La emisión comercial en FM comenzó en 1936. [7]

Con el avance de los tiempos los conceptos y principios fundamentales de las comunicaciones electrónicas cambiaron en comparación a sus inicios. Los transistores y los circuitos integrados lineales han simplificado el diseño de los circuitos de comunicaciones electrónicas, permitiendo reducir su tamaño, tener mayor eficiencia y confiabilidad y bajar costos. Esta necesidad de estar continuamente comunicado, ha hecho que la industria de comunicaciones electrónicas crezca. Los sistemas electrónicos modernos de comunicación incluyen: cable metálico, microondas, satelitales, fibra óptica, etc. Se muestra en la figura 2.6 el diagrama de bloques de un sistema electrónico de comunicación.

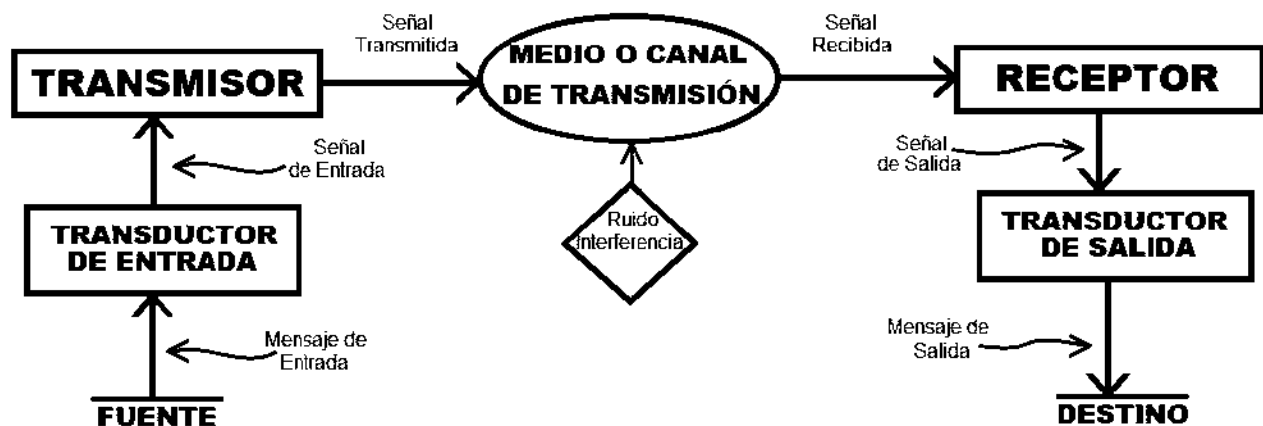


Figura 2.6 Diagrama de bloques de un sistema electrónico de comunicación. [10]

2.3 Componentes de un sistema de comunicaciones

Dentro de un sistema de comunicaciones como se ha visto con anterioridad destaca que está compuesto por tres etapas: transmisor, medio de transmisión y receptor. Dentro de dichas etapas están los componentes necesarios para realizar la comunicación adecuada, asertiva y eficiente que permita que la información llegue del destino inicial al final sin ningún tipo de pérdida. En sistema de comunicaciones electrónico una definición a grandes rasgos de estas etapas sería la siguiente:

- **Transmisor:** es un conjunto de uno o más dispositivos o circuitos electrónicos que convierte la información de la fuente original, por medio de un transductor, en una señal que se presta más a su transmisión a través de un cierto medio.
- **Medio de transmisión:** transporta las señales desde el transmisor hasta el receptor, y puede ser tan sencillo como un par de conductores de cobre que propaguen las señales en forma de flujo de corriente eléctrica. También se puede convertir la información a ondas electromagnéticas luminosas, propagadas a través de cables de fibra óptica hechos de vidrio o de plástico. Además también se puede utilizar el espacio libre para transmitir ondas electromagnéticas de radio, a grandes distancias o sobre terreno donde sea difícil o costoso instalar un cable físico.
- **Receptor:** es un conjunto de dispositivos y circuitos electrónicos, que recibe del medio de transmisión, las señales y las convierte por medio de un transductor a su forma original

En la figura 2.7 se ilustra y describe un ejemplo básico de un sistema de comunicaciones telefónico.



Figura 2.7 Ejemplo básico de un sistema de comunicaciones telefónico. [11]

Para que una transmisión a larga distancia pueda darse de manera satisfactoria es necesario que se den operaciones en el medio que conducirá la información, y en la recepción deben darse las operaciones inversas con el fin de recobrar la información original, en términos más específicos esto es llevar a cabo una modulación y una demodulación de la información, pero esto a su vez puede generar diversas perturbación que pueden llegar a afectar la información.

Ruido: El ruido es cualquier señal no deseada que se mezcla con la señal de información que se desea transmitir. Es el resultado de diversos tipos de perturbaciones que tiende a enmascarar o degradar la información cuando se presenta en la banda de frecuencias del espectro de la señal, es decir, dentro de su ancho de banda. En el proceso de transmisión es esencial mantener a la información lo más libre posible del ruido. [12]

2.4 Modulación y demodulación

Estos conceptos en el mundo de las comunicaciones son de vital importancia, debido a que por lo general no es práctico propagar señales de información a través de cables metálicos, o fibra óptica o a través de la atmosfera terrestre, con frecuencia es necesario modular la información de la fuente, con una señal analógica de mayor frecuencia, llamada portadora. Esta señal transporta la información a través del sistema. La señal de información modula la portadora cambiando amplitud, frecuencia o fase, simplemente se define así:

- **Modulación:** es el proceso de cambiar una o más propiedades de la señal portadora en proporción con la señal de información.
- **Demodulación:** es el proceso inverso que permite recuperar la información a partir de la señal portadora una vez que esta es recibida y procesada por el receptor.

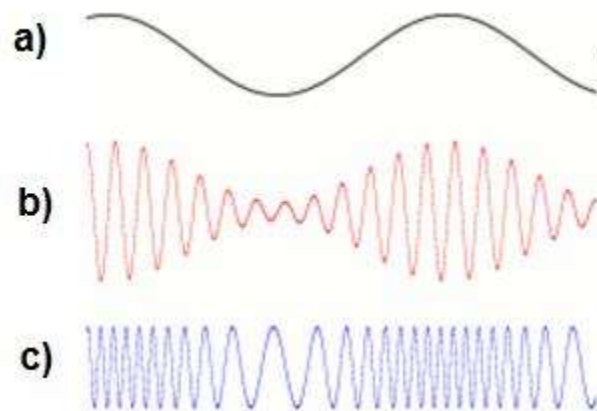


Figura 2.8 Señales moduladas, a) Señal de original, b) Señal modulada en Amplitud (AM) y c) Señal modulada en Frecuencia (FM). [13]

En la figura 2.8 se muestra una representación gráfica de señales moduladas en amplitud y frecuencia. Para poder entender en que nos ayuda el proceso de modulación en otro término es para controlar dicha señal y así facilitar la propagación de la señal de información por cable o por el aire, ordenar el espacio radioeléctrico, distribuir canales a cada información distinta. Además permite disminuir las dimensiones de las antenas, optimizar el ancho de banda de cada canal evitando interferencias entre canales, proteger la información de las degradaciones por ruido y definir la calidad de la información transmitida. Para modular una señal son utilizados dispositivos electrónicos semiconductores con características no lineales (diodos, transistores, bulbos), resistencias, inductores, capacitores y combinaciones entre ellos. En la figura 2.9 se muestran los componentes más básicos utilizados en la electrónica.



Figura 2.9 Componentes de electrónica. [14]

2.5 Tipos básicos de comunicaciones electrónicas

Dentro de este rubro existen dos tipos básicos de comunicaciones electrónicas el analógico y el digital. Un sistema analógico de comunicaciones es donde la energía se transmite y se recibe en forma analógica: una señal de variación continua, como por ejemplo una onda senoidal. En los sistemas analógicos de comunicaciones, tanto la información como la portadora son señales analógicas. Sin embargo, el término comunicaciones digitales abarca una amplia variedad de técnicas de comunicación, que incluyen transmisión digital y radio digital. La transmisión digital es un sistema digital verdadero, donde los pulsos digitales (con valores discretos, como +5V y tierra) se transfieren entre dos o más puntos en un sistema de comunicaciones. Con la transmisión digital no hay portadora analógica, y la fuente original de información puede tener forma digital o analógica. Si está en forma analógica se debe convertir a pulsos digitales antes de transmitirla, y se debe reconvertir a la forma analógica en el extremo de recepción. Los sistemas de transmisión digital requieren una instalación física entre el transmisor y el receptor, como por ejemplo un conductor metálico o un cable de fibra óptica. [7]

Estos dos tipos de sistemas de comunicaciones varían y en ocasiones llegan a ser uno complemento del otro, por ejemplo: un sistema de comunicación digital para ser transmitido a grandes distancias debe de ser convertido a analógico debido a que la alta frecuencia en las ondas electromagnéticas permite menos pérdida de información en comparación a si se transmite unos y ceros lógicos. De igual manera la calidad de la información en formato digital en comparación al formato análogo es mucho mayor lo que permite una cierta mayor fidelidad con respecto a la fuente original. Todo este cambio y transferencia de información tiene una gran dependencia el uno del otro y requieren de un protocolo de transmisión, esto es un método por el cual el receptor es capaz de interpretar la información, equiparable a un código de como leer los datos que recibe, y sin este protocolo en si la comunicación no se podría llevar adecuadamente y se llega a tener una tasa de error muy alto que perjudicara a la información original. En la figura 2.10 se muestran diferentes tipos señales de modulaciones digitales.

Tasa de error (BER): La tasa de error binario BER (siglas de la denominación en inglés *Bit Error Rate*) es la cantidad de bits recibidos con errores dividida por la cantidad total de bits recibidos, durante un período de tiempo dado. El BER normalmente es expresado como 10 elevado a una potencia negativa. Por ejemplo, una transmisión tiene un $BER = 10^{-6}$, lo que significa que de 1,000,000 de bits transmitidos y recibidos, 1 bit tenía error. ($1/10^6 = 10^{-6}$). El BER nos indica cuando un paquete, u otra unidad de datos, tiene que ser retransmitida a causa de un error. [15]

$$BER = \frac{\text{Cantidad de Bits recibidos con errores}}{\text{Cantidad Total de Bits recibidos}} \quad (1)$$

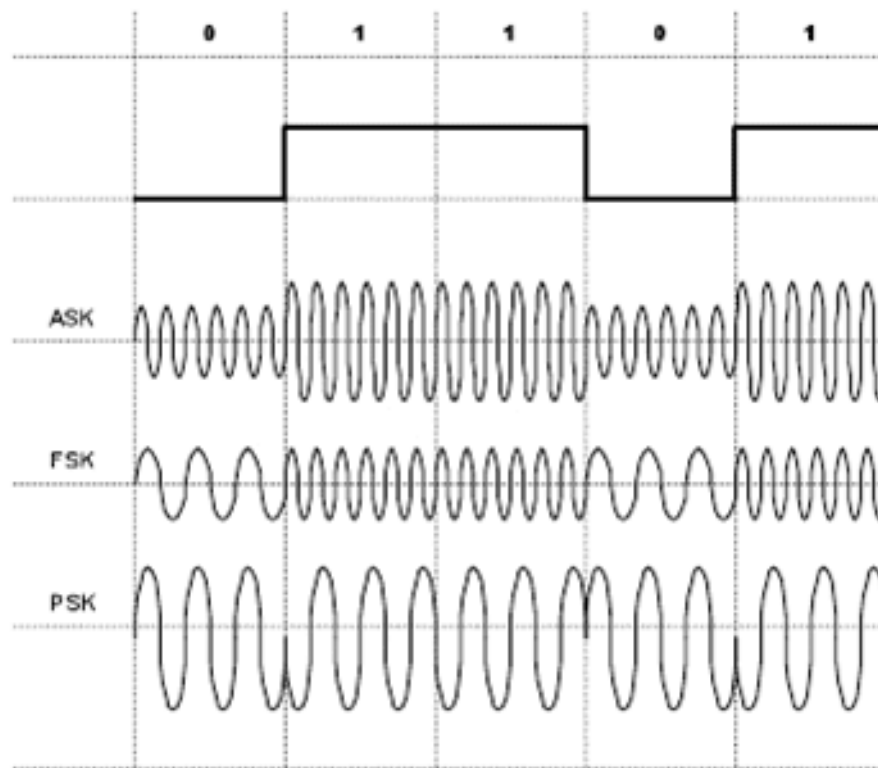


Figura 2.10 Tipos comunes de modulaciones digitales en amplitud (ASK) en frecuencia (FSK) y en fase (PSK). [16]

Otras razones por las que la modulación es necesaria en las comunicaciones electrónicas:

- Es en extremo difícil irradiar señales de baja frecuencia en forma de energía electromagnética, con una antena.
- Ocasionalmente, las señales de la información ocupan la misma banda de frecuencias y si se transmiten al mismo tiempo las señales de dos o más fuentes, interferirán entre sí.

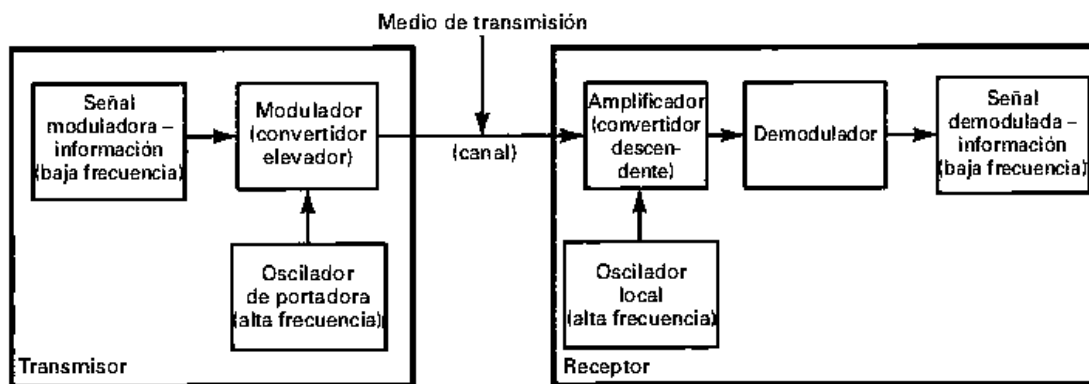


Figura 2.11 Diagrama de bloques de un sistema electrónico de comunicaciones. [7]

Como se observa en la figura 2.11 el diagrama simplificado de bloques de un sistema electrónico de comunicaciones, donde se ven las relaciones entre la señal moduladora, la portadora de alta frecuencia y la onda modulada. La señal de información (que a veces se llama en inglés señal de inteligencia) se combina con la portadora en el modulador, y se produce la onda modulada. La información puede estar en forma analógica o digital, y el modulador puede efectuar modulación analógica o digital. En el transmisor se hace una conversión elevadora de las señales de información, de bajas frecuencias a altas frecuencias, y se hace una conversión descendente en el receptor, de altas frecuencias a bajas frecuencias. El proceso de convertir una frecuencia, o banda de frecuencias, y pasarla a otro lugar en el espectro total de frecuencias, se llama translación de frecuencia. [7]

La translación de frecuencia es una parte intrincada de las comunicaciones electrónicas, porque se deben hacer muchas veces las conversiones elevadoras y descendentes cuando se transportan a través del sistema llamado canal. La señal modulada se transporta hasta el receptor a través de un sistema de transmisión. En el receptor se amplifica la señal modulada, se convierte en frecuencia menor y a continuación se desmodula, para reproducir la información original de la fuente. [7]

2.6 Espectro electromagnético

La energía electromagnética se puede propagar en forma de voltaje o corriente, a través de un conductor o hilo metálico, o bien en forma de ondas de radio emitidas hacia el espacio libre, o como ondas luminosas a través de una fibra óptica. La energía electromagnética se distribuye en un intervalo casi infinito de frecuencias. La frecuencia no es más que la cantidad de veces que sucede un movimiento periódico, como puede ser una onda senoidal de voltaje o de corriente, durante determinado periodo. Cada inversión completa de la onda se llama ciclo. La unidad básica de frecuencia es el Hertz (Hz), y un Hz es igual a un ciclo por segundo (1 Hz = 1 cps). En

electrónica se acostumbra usar prefijos métricos para representar las grandes frecuencias. Por ejemplo, se usa el kHz (kilohertz) para indicar miles de hertz, y el MHz (megahertz) para indicar millones de hertz. El espectro electromagnético se muestra en la figura 2.12. [7]

El espectro de frecuencias se subdivide en subsecciones o bandas. Cada banda tiene un nombre y sus límites. Las frecuencias exactas asignadas a transmisores específicos que funcionan en las diversas clases de servicio se actualizan y alteran en forma constante, para cumplir con las necesidades de comunicaciones en una nación. El espectro total útil de radiofrecuencias (RF) se divide en bandas de frecuencia más angostas, a las que se dan nombres y números descriptivos, y algunas de ellas se subdividen a su vez en diversos tipos de servicios. En la tabla 2.1 se ilustra la distribución de frecuencias del espectro electromagnético. [7]

Tabla 2.1. Designaciones de banda. [7]

Número de banda	Intervalo de frecuencias *	Designación
2	30 Hz–300 Hz	ELF (frecuencias extremadamente bajas)
3	0.3 kHz–3 kHz	VF (frecuencias de voz)
4	3 kHz–30 kHz	VLF (frecuencias muy bajas)
5	30 kHz–300 kHz	LF (bajas frecuencias)
6	0.3 MHz–3 MHz	MF (frecuencias intermedias)
7	3 MHz–30 Mhz	HF (frecuencias altas)
8	30 MHz–300 MHz	VHF (frecuencias muy altas)
9	300 MHz–3 GHz	UHF (frecuencias ultra altas)
10	3 GHz–30 GHz	SHF (frecuencias súper altas)
11	30 GHz–300 GHz	EHF (frecuencias extremadamente altas)
12	0.3 THz–3 THz	Luz infrarroja
13	3 THz–30 THz	Luz infrarroja
14	30 THz–300 THz	Luz infrarroja
15	0.3 PHz–3 PHz	Luz visible
16	3 PHz–30 PHz	Luz ultravioleta
17	30 PHz–300 PHz	Rayos X
18	0.3 EHz–3 EHz	Rayos gamma
19	3 EHz–30 EHz	Rayos cósmicos
*10 0 , hertz (Hz); 10 3 , kilohertz (kHz); 10 6 , megahertz (MHz); 10 9 gigahertz (GHz); 10 12 , terahertz (THz); 10 15 , petahertz (PHz); 10 18 exahertz (EHz)		

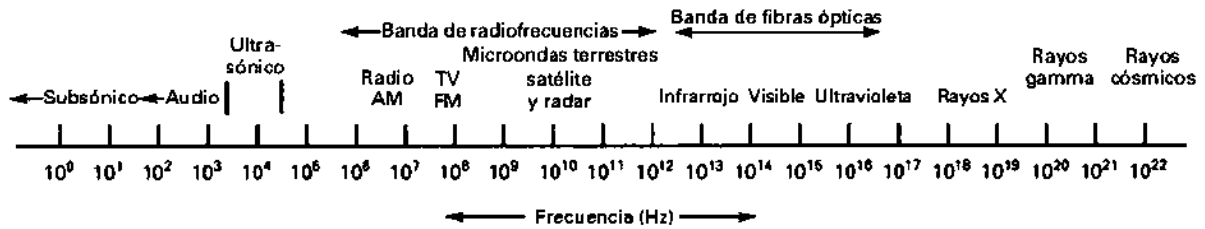


Figura 2.12 Espectro electromagnético de frecuencias. [7]

Cuando se manejan ondas de radio se acostumbra usar unidades de longitud de onda, y no de frecuencia. La longitud de onda es la distancia que ocupa en el espacio un ciclo de una onda electromagnética, es decir, la distancia entre los puntos correspondientes en una onda repetitiva. La longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia de la onda, y directamente proporcional a su velocidad de propagación. Se supone que la velocidad de propagación de la energía electromagnética en el espacio libre es: $3 \cdot 10^8$ m/s. La relación entre frecuencia, velocidad y longitud de onda se expresa en forma matemática como sigue: [7]

$$\text{longitud de onda} = \frac{\text{velocidad}}{\text{frecuencia}}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2)$$

Donde:

λ = longitud de onda (metros por ciclo).

c = velocidad de la luz (300, 000,000 metros por segundo).

f = frecuencia (hertz).

En la figura 2.13 se muestra y detalla el espectro electromagnético expresado en longitudes de onda.

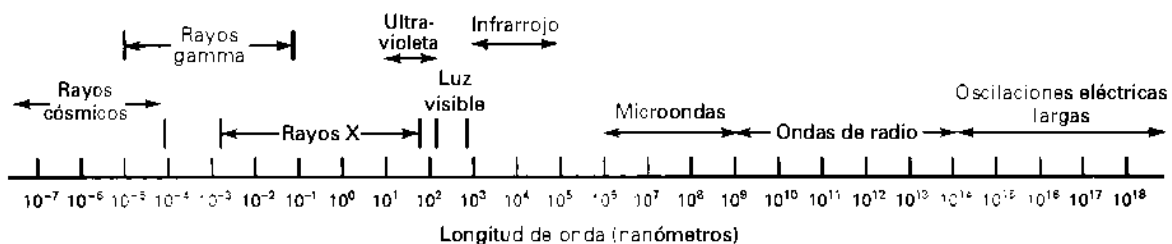


Figura 2.13 Espectro electromagnético expresado en longitudes de onda. [7]

Las dos limitaciones más importantes en el funcionamiento de un sistema de comunicaciones son el ruido y el ancho de banda. El ancho de banda de una señal de información no es más que la diferencia entre las frecuencias máxima y mínima contenidas en la información, y el ancho de

banda de un canal de comunicaciones es la diferencia entre las frecuencias máxima y mínima que pueden pasar por el canal (es decir, son su banda de paso). El ancho de banda de un canal de comunicaciones debe ser suficientemente grande (ancho) para pasar todas las frecuencias importantes de la información. En otras palabras, el ancho de banda del canal de comunicaciones debe ser igual o mayor que el ancho de banda de la información. [7]

La teoría de la información es el estudio muy profundo del uso eficiente del ancho de banda para propagar información a través de sistemas electrónicos de comunicaciones. Esta teoría se puede usar para determinar la capacidad de información de un sistema de comunicaciones. La capacidad de información es una medida de cuánta información se puede transferir a través de un sistema de comunicaciones en determinado tiempo. La cantidad de información que se puede propagar en un sistema de transmisión es una función del ancho de banda y del tiempo de transmisión. [7]

2.7 Métodos de transmisión de sistemas de comunicaciones electrónicas

Los sistemas electrónicos de comunicaciones se pueden diseñar para manejar la transmisión sólo en una dirección, en ambas direcciones, sólo en una a la vez, o en ambas direcciones al mismo tiempo. A éstos se les llama modos de transmisión. Hay cuatro modos de transmisión posibles: simplex, semidúplex, dúplex y dúplex/dúplex.

- **Símplex (SX):** Con el funcionamiento símplex, las transmisiones sólo se hacen en una dirección. A veces, a los sistemas símplex se les llama sólo en un sentido, sólo recibir o sólo transmitir. Una estación puede ser un transmisor o un receptor, pero no ambos a la vez. Como ejemplo de transmisión símplex está la emisión comercial de radio o televisión.
- **Semidúplex (HDX, de half duplex):** En el funcionamiento semidúplex, las transmisiones se pueden hacer en ambas direcciones, pero no al mismo tiempo. A veces, a los sistemas semidúplex se les llama de alternar en ambos sentidos, en uno de los sentidos, o de cambio y fuera. Una estación puede ser transmisora y receptora, pero no al mismo tiempo. Los sistemas de radio en dos sentidos que usan botones para hablar (PTT, de push-to-talk) para conectar sus transmisores, como son los radios de banda civil y de policía, son ejemplos de transmisión en semidúplex.
- **Dúplex total (FDX, de full duplex):** Con el funcionamiento dúplex total, o simplemente dúplex, puede haber transmisiones en ambas direcciones al mismo tiempo. A veces, a los sistemas dúplex se les llama simultáneos de dos direcciones, dúplex completos o líneas bilaterales o en ambos sentidos. Una estación puede transmitir y recibir en forma simultánea; sin embargo, la estación a la que se transmite también debe ser de la que se recibe. Un sistema telefónico normal es un ejemplo de funcionamiento dúplex.

- Dúplex total/general (F/FDX, de full/full duplex): Con la operación en dúplex total/general es posible transmitir y recibir en forma simultánea, pero no necesariamente entre las mismas dos estaciones (es decir, una estación puede transmitir a una segunda estación, y recibir al mismo tiempo de una tercera estación). Las transmisiones dúplex total/general se usan casi exclusivamente en circuitos de comunicaciones de datos. [7]

2.8 Señales senoidales

Cuando se diseñan los circuitos electrónicos de comunicaciones, con frecuencia se tiene que analizar y pronosticar el funcionamiento del circuito con base en la distribución de potencia y la composición de frecuencias de la señal de información. Esto se hace con el método matemático llamado análisis de señales. Aunque todas las señales en las comunicaciones electrónicas no son ondas senoidales o cosenoidales de una sola frecuencia, muchas de ellas sí lo son, y las que no lo son se pueden representar con una combinación de funciones de seno o de coseno. [7]

En esencia, el análisis de señales implica la realización del análisis matemático de frecuencia, longitud de onda y valor de voltaje de una señal. Las señales eléctricas son variaciones de voltaje, o de corriente, respecto al tiempo, que se pueden representar por una serie de ondas seno o coseno. La descripción matemática de una onda de voltaje o de corriente con frecuencia única es: [7]

$$v(t) = V \sin(2\pi ft + \theta) \text{ o } v(t) = V \cos(2\pi ft + \theta) \quad (3)$$

$$i(t) = I \sin(2\pi ft + \theta) \text{ o } i(t) = I \cos(2\pi ft + \theta) \quad (4)$$

Donde:

$v(t)$ = voltaje de la onda senoidal, variable respecto al tiempo t .

$i(t)$ = corriente de la onda senoidal, variable respecto al tiempo t .

V = voltaje máximo (volts).

f = frecuencia (hertz).

θ = desplazamiento de fase (radianes).

I = corriente máxima (amperes).

$2\pi f = \omega$ velocidad angular (radianes por segundo).

El uso de una función seno o coseno para representar una señal es completamente arbitrario y depende de cuál se escoge como referencia. Sin embargo, se debe ver que $\sin\theta = \cos(\theta - 90^\circ)$. Por consiguiente, son válidas las siguientes ecuaciones: [7]

$$v(t) = V \sin(2\pi ft + \theta) = V \cos(2\pi ft + \theta^\circ - 90^\circ) \quad (5)$$

$$v(t) = V \cos(2\pi ft + \theta) = V \sin(2\pi ft + \theta^\circ + 90^\circ) \quad (6)$$

Las fórmulas anteriores son para una onda repetitiva, de una sola frecuencia. A esa forma de onda se le llama onda periódica, porque se repite con rapidez uniforme, es decir, cada ciclo sucesivo de la señal tarda exactamente el mismo tiempo y tiene exactamente las mismas variaciones de amplitud que en cualquier otro ciclo; cada ciclo tiene exactamente la misma forma. Las ondas periódicas se pueden analizar en el dominio del tiempo o en el dominio de la frecuencia. Para tener una representación gráfica de estas ondas se cuenta con dispositivos de análisis, los cuales nos arrojan el gráfico del comportamiento de estas ondas, estos dispositivos trabajan en dos dominios en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia. [7]

2.8.1 Dominio del tiempo

Un osciloscopio normal es un instrumento de dominio del tiempo. La pantalla genera una representación de la amplitud de la señal de entrada en función del tiempo, y se le suele llamar forma de onda de la señal. Una forma de onda de la señal muestra la forma y la magnitud instantánea de la señal con respecto al tiempo, pero no necesariamente indica el valor de la frecuencia. En un osciloscopio, la desviación vertical es proporcional a la amplitud de la señal total de entrada, y la deflexión horizontal es una función del tiempo (frecuencia de barrido). La figura 2.14 muestra la forma de onda de una señal senoidal de frecuencia única de “f” hertz con amplitud máxima de V volts. [7]

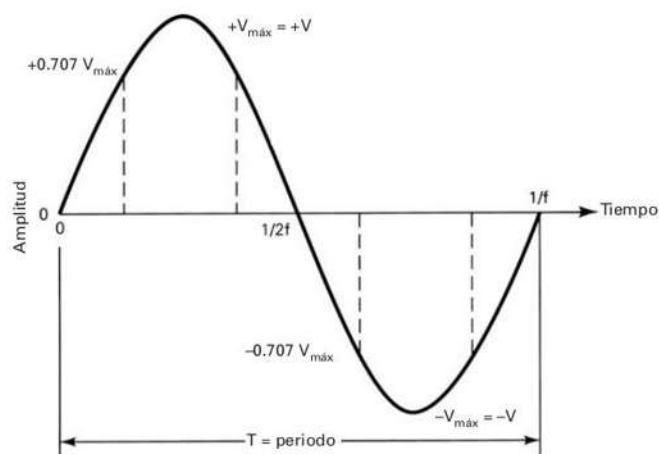


Figura 2.14 Representación de una señal en el dominio del tiempo (osciloscopio). [7]

2.8.2 Dominio de la frecuencia

El espectrómetro es un instrumento de dominio de la frecuencia. En esencia no se despliega ninguna forma de onda en la pantalla. En vez de lo anterior se muestra una gráfica de amplitud contra frecuencia (la cual se conoce como espectro de frecuencia). En un analizador de espectro, el eje horizontal representa la frecuencia y el eje vertical representa la amplitud. Existe una deflexión vertical para cada frecuencia que está presente en la entrada. Cada frecuencia que está presente en la forma de onda de entrada produce una línea vertical en la pantalla del tubo de rayos catódicos (éstas son las componentes espectrales). La deflexión vertical (altura) de cada línea es proporcional a la amplitud de la frecuencia que representa. Una representación en el dominio de la frecuencia de la onda muestra el contenido de la frecuencia, pero no indica necesariamente la forma de la onda o la amplitud combinada de todas las componentes de entrada en un instante específico de tiempo. La figura 2.15 muestra el espectro de frecuencia de una señal senoidal de frecuencia única cuya amplitud pico es V volts y la frecuencia es f hertz. [17]

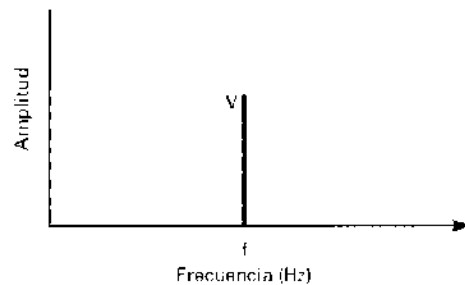


Figura 2.15 Representación de una señal en el dominio de la frecuencia (espectrómetro). [17]

2.9 Transmisión por modulación de amplitud

En este proyecto en esencia se enfoca en elaborar una simulación así como una implementación física de una transmisión en AM, para realizar este objetivo necesitamos describir los fundamentos de dicha modulación y describir la manera en la que esta modulación se lleva a cabo para tener una comunicación adecuada entre el emisor y el receptor.

La modulación de amplitud (AM, por amplitude modulation; en español se usa “amplitud modulada”) es el proceso de cambiar la amplitud de una señal portadora de frecuencia relativamente alta, en proporción con el valor instantáneo de la señal modulante o moduladora (información). La modulación de amplitud es una forma de modulación relativamente poco costosa y de baja calidad, por eso se usó para emisiones comerciales de señales de audio y de video. También se usa para radiocomunicaciones móviles en dos sentidos, como por ejemplo los radios de banda civil (CB). [17]

Los moduladores de AM son dispositivos no lineales, con dos entradas y una salida. Una entrada es una sola señal portadora de alta frecuencia y amplitud constante, y la segunda está formada por señales de información, de frecuencia relativamente baja, que puede tener una sola frecuencia, o ser una forma compleja de onda, formada a su vez por muchas frecuencias. Las frecuencias que son lo suficientemente altas como para irradiarse en forma eficiente de una antena, y propagarse por el espacio libre se suelen llamar radiofrecuencias, o simplemente RF. En el modulador, la información actúa sobre, o modula, la portadora de RF y produce una forma modulada de onda. La señal de información puede tener una sola frecuencia, o con más probabilidad, puede consistir en un intervalo de frecuencias. A la forma de onda modulada de salida de un modulador de AM se le llama con frecuencia envolvente de AM. [17]

La baja calidad en una modulación AM es causada por que es muy vulnerable a las interferencias del medio donde se transmite y entorno que lo rodea, el bajo costo para realizar la modulación en AM se debe a que sus circuitos son de bajo costo y no se necesita muchos requerimientos adicionales, además de ser hecha mediante elementos pasivos para su receptor.

Desde el punto de vista de la cobertura de servicios, las condiciones de propagación con este tipo de modulación permite dar cobertura a grandes extensiones de territorio sin necesidad de colocar retransmisores. Como la señal modulada solo varía en su amplitud pero se mantiene una misma frecuencia, es posible transmitir a baja frecuencia, debido que a pesar de una baja frecuencia se puede recuperar la información de la fuente original. En la figura 2.16 se ilustra un esquema simple de cómo se modula una señal en amplitud partiendo de una señal portadora y una moduladora, y que forma de onda genera dicha modulación.

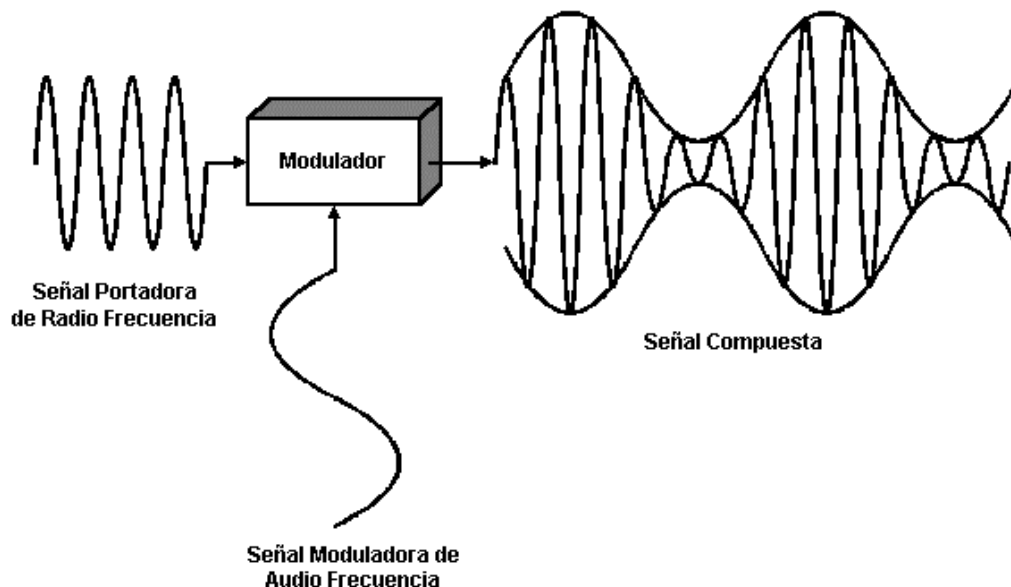


Figura 2.16 Esquema simplificado de AM (2 entradas, 1 salida). [18]

Aunque hay varias clases de modulación de amplitud, la que probablemente se usa con más frecuencia es la AM de portadora de máxima potencia y doble banda lateral (DSBFC, por

doublesideband full carrier). A este sistema se le llama también AM convencional o simplemente AM. Esta configuración se produce una forma de onda de AM cuando una señal moduladora de una sola frecuencia actúa sobre una señal portadora de alta frecuencia. [7]

La forma de onda de salida contiene todas las frecuencias que forman la señal de AM, y se usa para transportar la información por el sistema. Por consiguiente, la forma de la onda modulada se llama envolvente de AM. Nótese que cuando no hay señal modulante, la forma de onda de salida no es más que la señal de la portadora. Sin embargo, cuando se aplica una señal moduladora, varía la amplitud de la onda de salida, de acuerdo con la señal moduladora. Nótese que la frecuencia de repetición de la envolvente es igual a la frecuencia de la señal moduladora, y que la forma de la envolvente es idéntica a la forma de la señal moduladora. [7]

En la figura 2.17 se observa a detalle las formas de onda que generan una modulación de amplitud, se tiene una señal de información y una señal portadora a alta frecuencia y que como tenemos una señal diferente que varía su amplitud respecto a la señal de información.

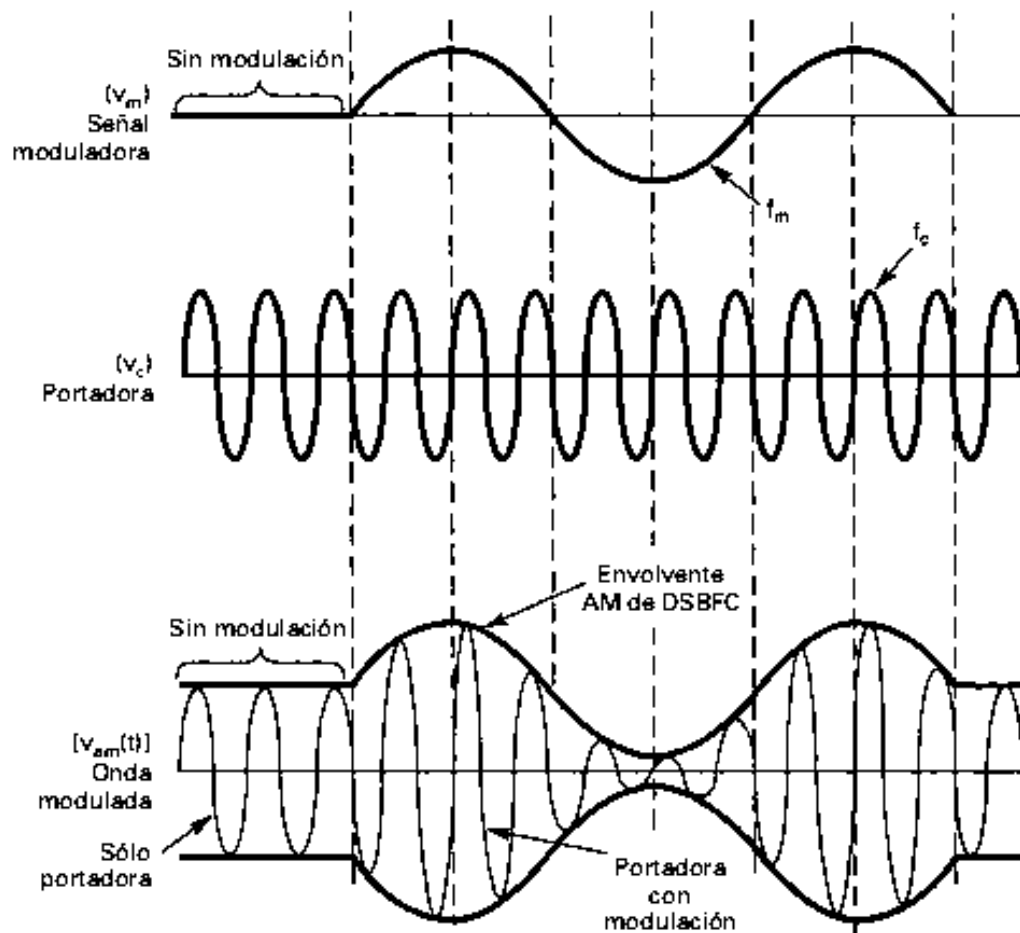


Figura 2.17 Esquema modulación de AM. [7]

Un modulador de AM es un dispositivo no lineal. En consecuencia, hay mezclado no lineal, y la envolvente de salida es una onda compleja formada por un voltaje de CD, la frecuencia de la portadora y la suma y diferencia de las frecuencias, nos dan como resultado los productos cruzados. Las frecuencias de suma y diferencia están desplazadas respecto a la frecuencia de la portadora una cantidad igual a la frecuencia de la señal moduladora. Por consiguiente, un espectro de señal de AM contiene los componentes de frecuencia apartados a ambos lados de la portadora. Sin embargo, se debe hacer notar que la onda modulada no contiene un componente de frecuencia que sea igual a la de la señal moduladora. El efecto de la modulación es trasladar la señal moduladora en el dominio de la frecuencia, de modo que se refleje simétricamente respecto a la frecuencia de la portadora. [7]

La figura 2.18 nos da el grafico del resultado en el dominio de la frecuencia de una señal que es modulada en amplitud, y permite observar las componentes que tiene.

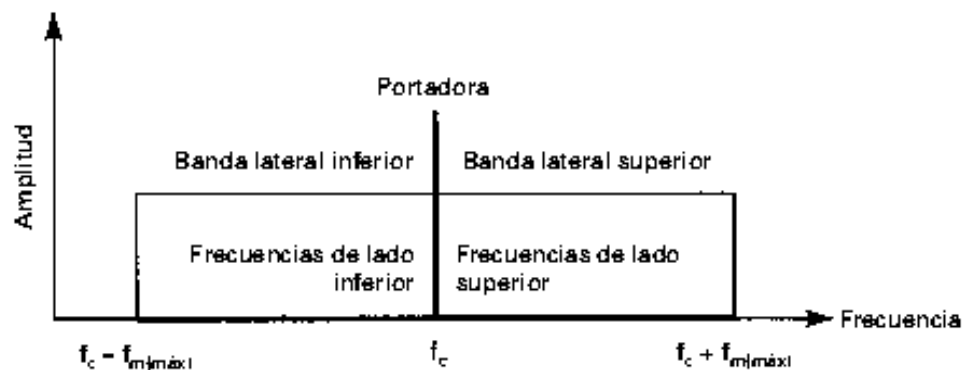


Figura 2.18 Modulación de AM en el dominio de la frecuencia. [7]

El esquema que se muestra en la figura 2.18 es el espectro de frecuencias para una onda de AM. Este espectro se extiende desde la banda lateral inferior hasta la banda lateral superior, siendo la línea del centro la frecuencia de la portadora. La banda lateral inferior (LSB, de lower sideband) y toda frecuencia dentro de esta banda es una frecuencia de lado inferior (LSF, de lower side frequency). La banda lateral superior (USB, de upper sideband) y las frecuencias dentro de esta banda se llaman frecuencias de lado superior (USF, de upper side frequency). [7]

Por consiguiente, el ancho de banda (B) de una onda DSBFC de AM es igual a la diferencia entre la frecuencia máxima de lado superior y la mínima del lado inferior, o también, igual a dos veces la frecuencia máxima de la señal modulante. Desde el punto de vista de la cobertura de estos servicios, las condiciones de propagación en esas bandas permiten dar cobertura a grandes extensiones sin necesidad de retransmisores, como es el caso de la radiodifusión en frecuencia modulada (FM). [7]

2.9.1 Representación fasorial de una onda de amplitud modulada

Con una señal moduladora de frecuencia única, la envolvente de AM se obtiene de la suma vectorial de la portadora y de las frecuencias del lado superior e inferior. Las dos frecuencias laterales se combinan y producen una resultante que se combina con el vector de la portadora. La figura 2.19 muestra esta suma fasorial. Los fasores de las frecuencias de la portadora y de los lados superior e inferior giran en dirección contraria a la de las manecillas del reloj. Sin embargo, la frecuencia de lado superior gira con más rapidez que la portadora ($\omega_{fls} > \omega_c$) y la frecuencia de lado inferior gira más lento ($\omega_{fli} < \omega_c$). En consecuencia, si se mantiene estacionario el fasor de la portadora, el fasor de la frecuencia de lado superior continúa girando en dirección contraria a las manecillas del reloj en relación con la portadora, y el de la frecuencia del lado inferior gira en dirección de las manecillas del reloj. Los fasores de las frecuencias de portadora y del lado superior e inferior se combinan, a veces en fase (se suman) y a veces desfasados (se restan). [7]

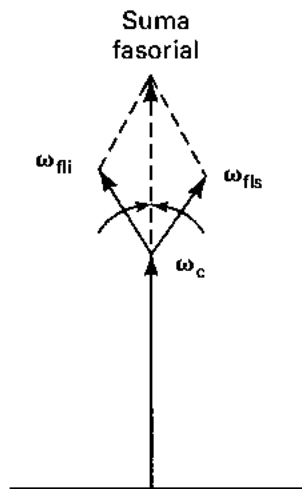


Figura 2.19 Suma fasorial de la portadora y las frecuencias laterales superior e inferior. [7]

Entonces para comprender mejor se muestra la siguiente forma de onda en la figura 2.20, analizando sus valores determinamos lo siguiente: la amplitud positiva máxima de la envolvente se presenta cuando las frecuencias de la portadora y de los lados superior e inferior están en sus valores positivos máximos al mismo tiempo ($+V_{\max} = V_c + V_{fls} + V_{fli}$). La amplitud positiva mínima de la envolvente se produce cuando la portadora tiene su valor máximo positivo, y al mismo tiempo las frecuencias laterales están en sus valores negativos máximos ($+V_{\min} = V_c - V_{fls} - V_{fli}$). La amplitud negativa máxima se produce cuando las frecuencias de la portadora y de las bandas laterales superior e inferior tienen sus valores negativos máximos al mismo tiempo ($-V_{\max} = V_c - V_{fls} - V_{fli}$). La amplitud negativa mínima se produce cuando la portadora tiene su valor negativo máximo y al mismo tiempo las frecuencias de las bandas superior e inferior tienen sus valores positivos máximos ($-V_{\min} = -V_c + V_{fls} + V_{fli}$). [7]

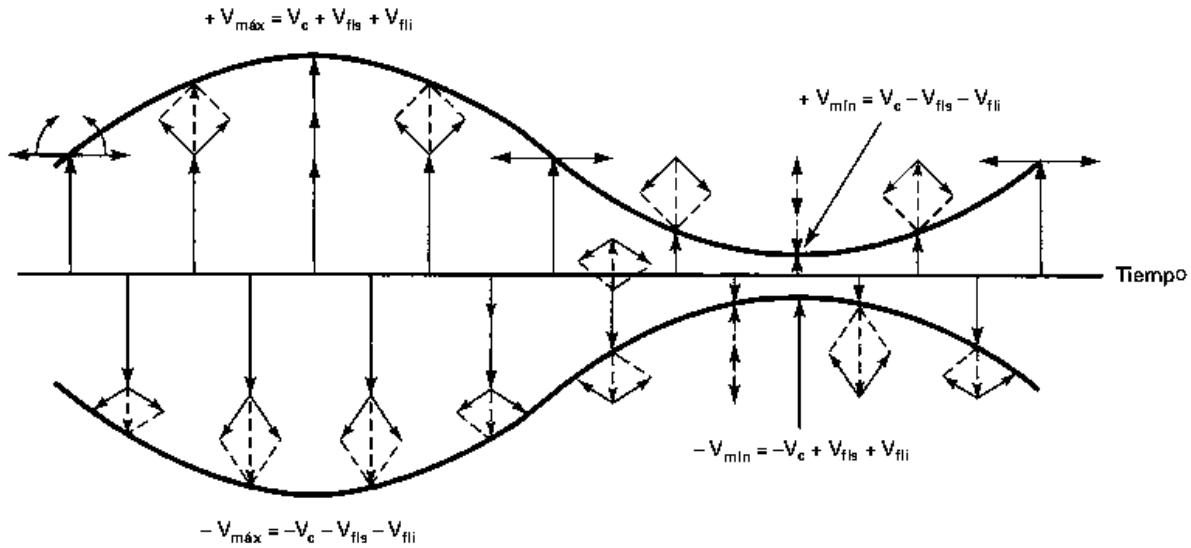


Figura 2.20 Suma fasorial que produce la envolvente de AM. [7]

2.9.2 Coeficiente de modulación

Dentro de la modulación AM existe un parámetro de gran importancia denominado coeficiente de modulación, es un término que describe la cantidad de cambio de amplitud (modulación) que hay en una forma de onda de AM es el coeficiente de modulación. El porcentaje de modulación, o modulación porcentual, es simplemente el coeficiente de modulación expresado como porcentaje. En forma más específica, el porcentaje de modulación indica el cambio porcentual de amplitud de la onda de salida cuando sobre la portadora actúa una señal moduladora. La definición matemática del coeficiente de modulación es:

$$m = \frac{E_m}{E_c} \quad (7)$$

Donde:

m = Coeficiente de modulación (a dimensional)

E_m = Cambio máximo de amplitud de la forma de onda de voltaje de salida (volts)

E_c = Amplitud máxima del voltaje de la portadora no modulada (volts)

La ecuación (6) se puede reordenar, despejando a E_m y a E_c , como sigue:

$$E_m = mE_c \quad (8)$$

Y

$$E_c = \frac{E_m}{m} \quad (9)$$

Y el porcentaje M de modulación es:

$$M = \frac{E_m}{E_c} * 100\% \quad (10)$$

Si la señal moduladora es una onda senoidal pura de una sola frecuencia, y el proceso de modulación es simétrico (es decir, las diferencias positiva y negativa de amplitud de la envolvente son iguales), entonces se puede deducir como sigue el porcentaje de modulación:

$$E_m = \frac{1}{2} (V_{\max} - V_{\min}) \quad (11)$$

Y

$$E_c = \frac{1}{2} (V_{\max} + V_{\min}) \quad (12)$$

Por consiguiente,

$$M = \frac{\frac{1}{2} (V_{\max} - V_{\min})}{\frac{1}{2} (V_{\max} + V_{\min})} * 100 \quad (13)$$

Eliminando factores de la ecuación (12) queda:

$$M = \frac{(V_{\max} - V_{\min})}{(V_{\max} + V_{\min})} * 100 \quad (14)$$

En donde:

$$V_{\max} = E_c + E_m \quad (15)$$

$$V_{\min} = E_c - E_m \quad (16)$$

En la figura 2.21 se observa la relación entre m , E_m y E_c .

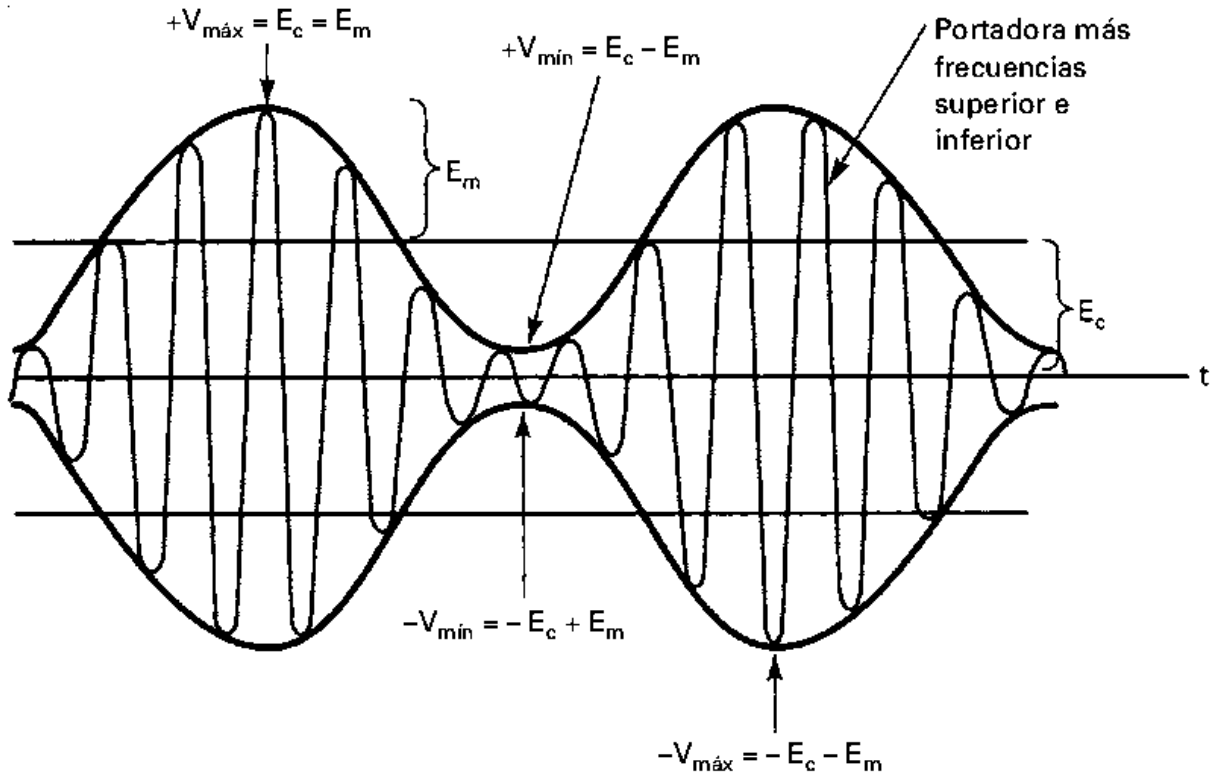


Figura 2.21 Coeficiente de modulación, E_m y E_c . [7]

El cambio máximo de amplitud de la onda de salida E_m , es la suma de los voltajes de las frecuencias laterales superior e inferior. Por consiguiente, ya que $E_m = E_{fls} + E_{fli}$ y $E_{fls} = E_{fli}$, por lo tanto:

$$E_{fls} = E_{fli} = \frac{E_m}{2} = \frac{\frac{1}{2} (V_{max} - V_{min})}{2} = \frac{1}{4} (V_{max} - V_{min}) \quad (17)$$

En donde:

E_{fls} = amplitud máxima de la frecuencia de lado superior (volts)

E_{fli} = amplitud máxima de la frecuencia de lado inferior (volts)

En la ecuación (6):

$$m = \frac{E_m}{E_c}$$

Se ve que el porcentaje de modulación llega a 100% cuando $E_m = E_c$. Esta condición se muestra a continuación en la figura 2.22.

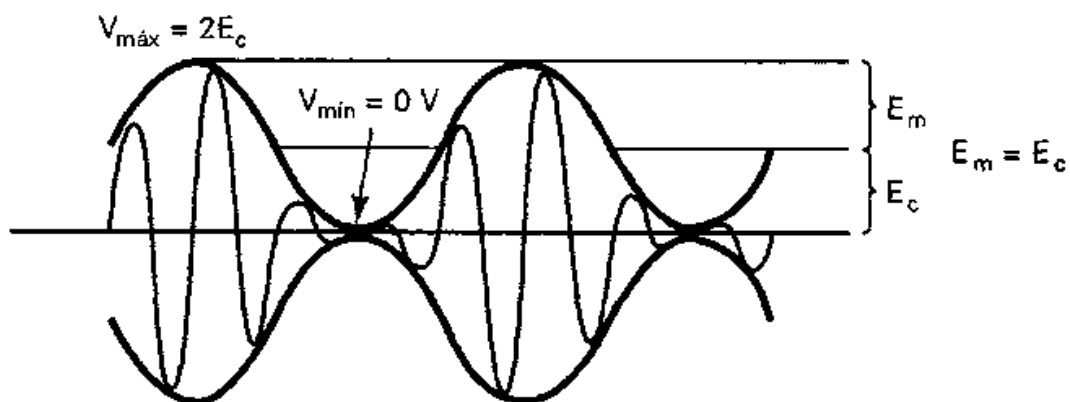


Figura 2.22 Onda modulada 100%. [7]

También se ve que al 100% de modulación, la amplitud mínima de la envolvente es $V_{\min} = 0 \text{ V}$. La figura 2.23 muestra una envolvente modulada 50%.

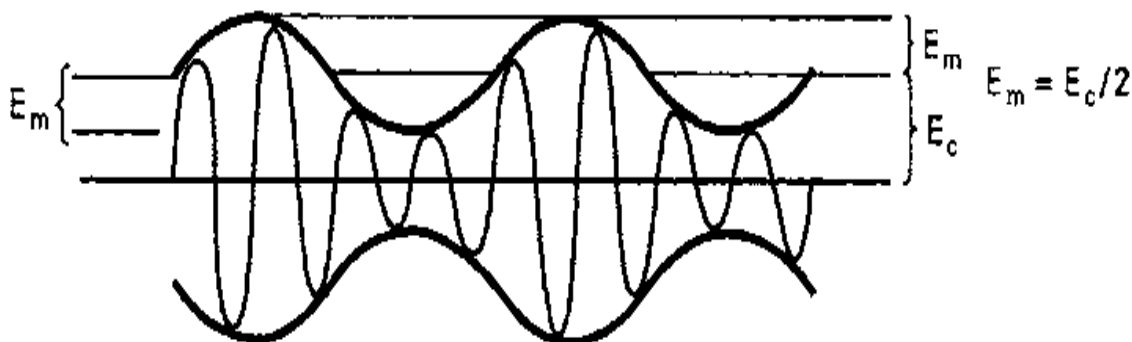


Figura 2.23 Onda modulada 50%. [7]

El cambio máximo de amplitud de la envolvente es igual a la mitad de la amplitud de la onda no modulada. La modulación porcentual máxima que se puede aplicar sin causar demasiada distorsión es 100%. A veces, el porcentaje de modulación se expresa como el cambio máximo de voltaje de la onda modulada con respecto a la amplitud máxima de la portadora no modulada es decir: [7]

$$\text{Cambio porcentual} = \frac{\Delta E_c}{E_c} * 100 \quad (18)$$

2.10 Demodulación de AM

La demodulación de AM es el proceso inverso de modulación de AM. Un receptor convencional de AM de doble banda lateral tan sólo reconvierte una onda de amplitud modulada a la información de la fuente original. Para hacerlo, el receptor debe ser capaz de recibir, amplificar y demodular una onda de AM. También debe ser capaz de limitar la banda del espectro total de radiofrecuencias a determinada banda deseada de frecuencias. El proceso de selección se llama sintonía del receptor. Para comprender bien el proceso de demodulación primero es necesario tener una comprensión básica de la terminología más usada para describir los radioreceptores y sus características. La figura 2.24 muestra un diagrama simplificado de bloques de un receptor normal de AM. [7]

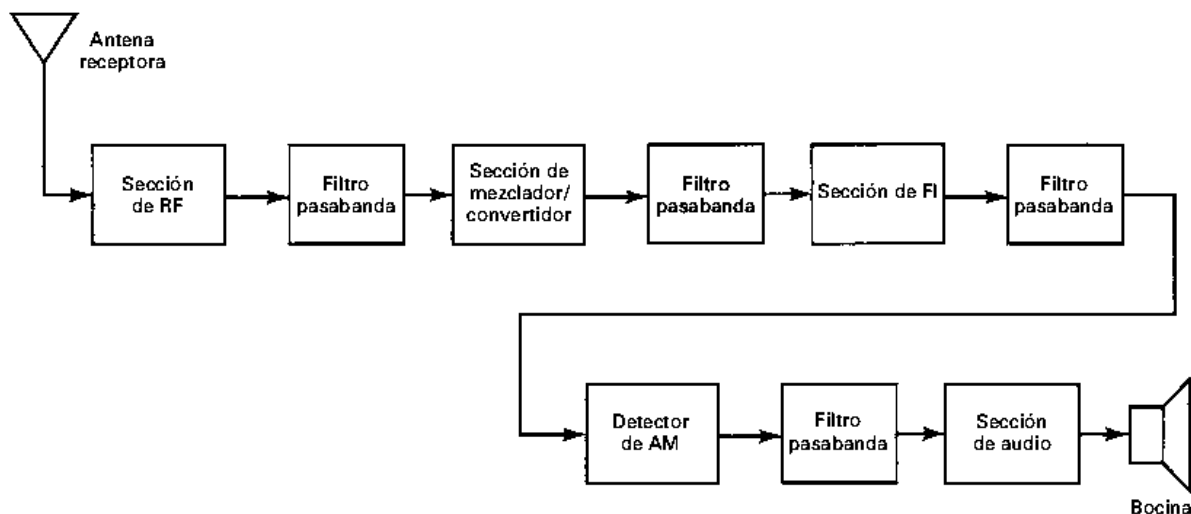


Figura 2.24 Diagrama de bloques simplificado de un receptor de AM. [7]

La sección de RF es la primera etapa del receptor, y en consecuencia se le llama también el frente del receptor. Las funciones principales de la sección de RF (radiofrecuencia) son detectar, limitar la banda y amplificar las señales de RF recibidas. La sección de mezclador/convertidor es la siguiente etapa. Esta sección hace conversión descendente de las frecuencias de RF recibidas en frecuencias intermedias (FI), que tan sólo son frecuencias que están en algún lugar entre la RF y las frecuencias de información; de ahí el nombre de intermedias. Las funciones principales de la sección FI (o sección IF, por “intermediate frequencies”) son de amplificación y selectividad. El detector de AM desmodula la onda de AM y la convierte en la señal original de información, y la sección de audio sólo amplifica la información recuperada. [7]

Hay varios parámetros de uso común para evaluar las posibilidades de un receptor para desmodular bien una señal de radio. Los más importantes son la selectividad y la sensibilidad,

que se usan con frecuencia para comparar la calidad de dos radiorreceptores, entre otros más que se describirán brevemente. [7]

2.10.1 Selectividad

La selectividad es un parámetro del receptor con el que se mide la capacidad de éste para aceptar una determinada banda de frecuencias y rechazar las demás. Por ejemplo, en la banda comercial de emisión de AM, a cada estación transmisora se le asigna un ancho de banda de 10 kHz. [7]

En consecuencia, para que un receptor seleccione sólo aquellas frecuencias asignadas a un solo canal, debe limitar su ancho de banda a 10 kHz. Si la banda de paso es mayor que 10 kHz, se puede recibir y desmodular en forma simultánea más de un canal. Si la banda de paso de un receptor es menor que 10 kHz, se rechaza o bloquea una parte de la información de la señal moduladora para ese canal y, en consecuencia, se pierde. [7]

2.10.2 Sensibilidad

La sensibilidad de un receptor es el nivel mínimo de la señal de RF que se puede detectar a la entrada del receptor y producir una señal útil de información desmodulada. Es algo arbitrario la definición de qué es una señal útil de información. En general, se usan la relación de señal a ruido y la potencia de la señal a la salida de la sección de audio, para determinar la calidad de una señal recibida, y determinar si es útil. [7]

2.10.3 Margen dinámico

El margen dinámico de un receptor se define como la diferencia en decibeles entre el nivel de entrada mínimo necesario para discernir una señal, y el valor de entrada que sobreexcita, o satura, al receptor, y produce distorsión. En términos sencillos, el margen dinámico es el intervalo de potencias de entrada dentro del cual el receptor es útil. El nivel mínimo de recepción es una función del ruido frontal, de la cifra de ruido y de la calidad deseada de señal. El nivel de señal de entrada que produce distorsión por sobreexcitación es una función de la ganancia neta del receptor, es decir, de la ganancia total de todas las etapas del receptor. El límite de alta potencia de un receptor depende de si trabajará con una señal de entrada de una o de varias frecuencias. [7]

2.10.4 Fidelidad

La fidelidad es una medida de la capacidad de un sistema de comunicaciones para producir, a la salida del receptor, una réplica exacta de la información de la fuente original. Toda variación de fase, frecuencia o amplitud que haya en la forma de onda desmodulada y que no había en la señal original de información se considera como distorsión.

En esencia, hay tres formas de distorsión que pueden deteriorar la fidelidad de un sistema de comunicaciones: de amplitud, frecuencia y fase. La distorsión de fase no tiene mucha importancia en la transmisión de voz, porque el oído humano es relativamente insensible hacia las variaciones de fase. Sin embargo, la distorsión de fase puede ser devastadora en la transmisión de datos. La causa principal de la distorsión de fase es el filtrado, tanto intencional como indeseado. [7]

Las frecuencias iguales o cercanas a la frecuencia de corte de un filtro sufren diversos valores de desplazamiento de fase. En consecuencia, la frecuencia de corte de un filtro se ajusta, casi siempre, más allá del valor mínimo necesario para pasar las señales de información de frecuencias máximas (normalmente, la frecuencia superior de corte de un filtro pasa bajas es más o menos 1.3 por el valor mínimo). El desplazamiento absoluto de fase es el desplazamiento total de fase sufrido por una señal, y en general se puede tolerar siempre que todas las frecuencias sufran la misma cantidad de retardo de fase. El desplazamiento diferencial de fase se presenta cuando distintas frecuencias sufren distintos desplazamientos de fase, y puede tener un efecto negativo sobre una forma de onda complicada, en especial si la información está codificada en la fase de la portadora, como en la modulación por conmutación de fase. Si el desplazamiento de fase es lineal respecto a la frecuencia, el retardo es constante respecto a la frecuencia. Si no todas las frecuencias se retardan la misma cantidad de tiempo, la relación entre frecuencia y fase de la forma de onda recibida no es consistente con la información de la fuente original, y la información recuperada se distorsiona. [7]

2.10.5 Distorsión

La distorsión de amplitud se presenta cuando las características de amplitud en función de frecuencia de una señal a la salida del receptor difieren de la señal original de información. La distorsión de amplitud es el resultado de ganancia no uniforme en amplificadores y filtros. La distorsión de frecuencia se presenta cuando hay frecuencias en una señal recibida que no había en la fuente original de información. La distorsión de frecuencia se debe a distorsión por armónicas y por intermodulación, causada por amplificación no lineal. [7]

2.10.6 Pérdida de inserción

La pérdida de inserción (IL, de insertion loss) es un parámetro asociado con las frecuencias que caen en la banda de paso de un filtro, y en general se define como la relación de la potencia transferida a una carga, con un filtro en el circuito, entre la potencia transferida a una carga sin el filtro. Los filtros se suelen fabricar con componentes propensos a pérdidas, como resistores y capacitores imperfectos, hasta las señales que caen dentro de la banda de paso de un filtro son atenuadas (su magnitud se reduce). Las pérdidas normales de inserción están entre unas décimas de decibel hasta varios decibels. La pérdida de inserción no es más que la relación de la potencia de salida de un filtro a la potencia de entrada, para frecuencias dentro de la banda de paso del filtro, y se expresa matemáticamente, en decibels. [7]

2.10.7 Receptores de AM

Hay dos tipos básicos de radioreceptores: coherentes y no coherentes.

- Receptor coherente o síncrono: las frecuencias generadas en el receptor, que se usan para demodulación, se sincronizan con las frecuencias de un oscilador, generadas en el transmisor (el receptor debe tener algún medio de recuperar la portadora recibida y sincronizarse a ella).
- Receptores no coherentes o asíncronos: no se generan frecuencias en el receptor, o bien las frecuencias que se usan para demodular son totalmente independientes de la frecuencia de la portadora del transmisor. A la detección no coherente se le llama con frecuencia detección de envolvente, porque la información se recupera a partir de la onda recibida, detectando la forma de la envolvente modulada. [7]

2.11 Modulación por desplazamiento de amplitud (ASK, Amplitude Shift Keying)

Dentro de las comunicaciones digitales aun es usada la modulación AM debido a los bajos costos que se tiene en cuanto a sus componentes para implementar circuitos de transmisión y de recepción. La modulación por desplazamiento de amplitud, en inglés Amplitude-shift keying (ASK), es una forma de modulación en la cual se representan los datos digitales como variaciones de amplitud de la onda portadora.

La amplitud de una señal portadora analógica varía conforme a la corriente de bit (modulando la señal), manteniendo la frecuencia y la fase constante. El nivel de amplitud puede ser usado para representar los valores binarios 0s y 1s. Podemos pensar en la señal portadora como un

interruptor ON/OFF. En la señal modulada, el valor lógico 0 es representado por la ausencia de una portadora, así que da ON/OFF la operación de pulsación y de ahí el nombre dado. [19]

Como la modulación AM, ASK es también lineal y sensible al ruido atmosférico, distorsiones, condiciones de propagación en rutas diferentes en PSTN, etc. Esto requiere la amplitud de banda excesiva y es por lo tanto un gasto de energía. Tanto los procesos de modulación ASK como los procesos de demodulación son relativamente baratos. La técnica ASK también es usada comúnmente para transmitir datos digitales sobre la fibra óptica. Para los transmisores LED, el valor binario 1 es representado por un pulso corto de luz y el valor binario 0 por la ausencia de luz. Los transmisores de láser normalmente tienen una corriente “de tendencia” fija que hace que el dispositivo emita un nivel bajo de luz. Este nivel bajo representa el valor 0, mientras una onda luminosa de amplitud más alta representa el valor binario 1. Esto se observa en la figura 2.25. [19]

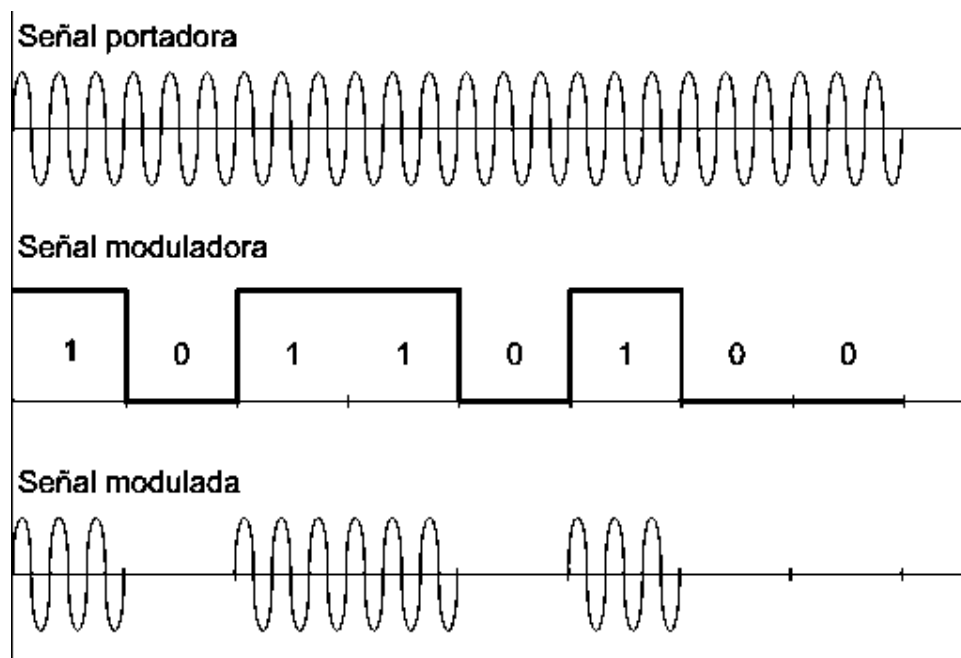


Figura 2.25 Modulación ASK. [22]

Los dos valores binarios se representan con dos amplitudes diferentes y es usual que una de las dos amplitudes sea cero; es decir uno de los dígitos binarios se representa mediante la presencia de la portadora a amplitud constante, y el otro dígito se representa mediante la ausencia de la señal portadora. En este caso la señal moduladora tiene los siguientes valores:

$$V_m = 0; \text{ Si el dato binario es "0"}. \quad (19)$$

$$V_m = 1; \text{ Si el dato binario es "1"}. \quad (20)$$

En la figura 2.26 se observa el esquema en como la modulación de un sistema ASK está en función de sus datos de entrada.

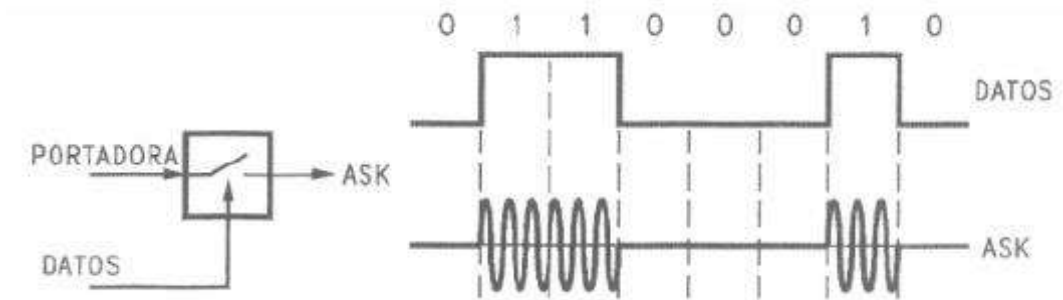


Figura 2.26 Esquema de entrada de datos como switch para ASK. [21]

Así mismo, para un entendimiento matemático se puede representar la ecuación de la fórmula general para este tipo de modulaciones donde normalmente una de las amplitudes de las portadoras se encuentra en “0” mientras que la otra portadora puede variar.

$$V_{ASK}(t) = [1 + V_m(t)] * [\frac{1}{2}A * \cos [2\pi * f_p(t)]] \quad (21)$$

Donde:

$V_{ASK}(t)$ = Voltaje de la señal ASK (valor pico)

$V_m(t)$ = Valor de voltaje de la señal binaria en el tiempo

A = Amplitud de la señal

$f_p(t)$ = Frecuencia de la señal portadora

Debido a que la señal moduladora es una secuencia periódica de pulsos, su espectro de frecuencias obtenido por medio del desarrollo en serie compleja de Fourier tiene la característica de la función de:

$$\frac{\text{seno}(x)}{x} \quad (22)$$

En la figura 2.27 observamos las representaciones del dominio del tiempo y de la frecuencia de una señal ASK.

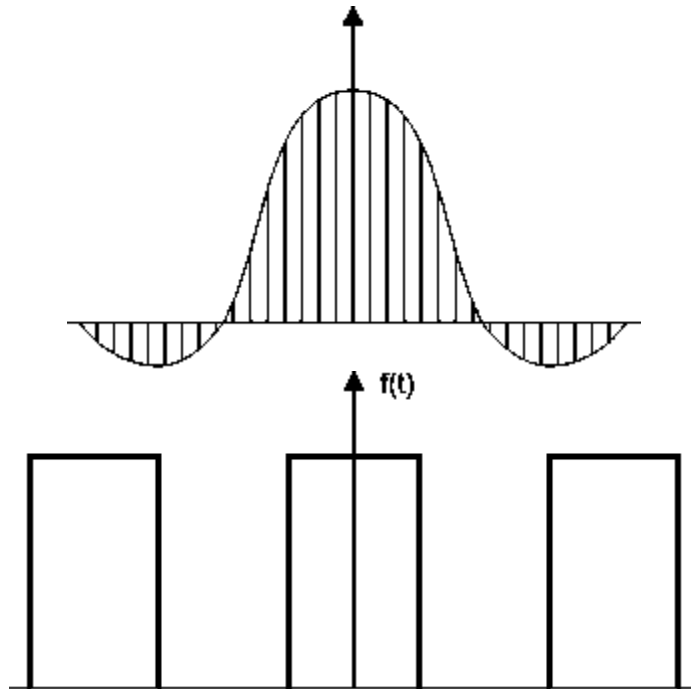


Figura 2.27 Representaciones de dominio de tiempo y de la frecuencia de una señal ASK. [22]

La demodulación puede ser de tipo coherente o no coherente; en el primer caso, más complejo por la cantidad de circuitos requeridos, pero más eficaz contra los efectos del ruido, un demodulador de producto multiplica la señal ASK por la portadora regenerada localmente, mientras que en el segundo caso la envolvente de la señal ASK se detecta a través del diodo. En ambos casos el detector sigue un filtro paso bajo que elimina las componentes residuales de la portadora y un circuito de umbral que conforma la señal de los datos. [21]

Los principales factores que caracterizan a la ASK son:

- Requiere circuitos poco complejos.
- Muy sensibles a las interferencias (probabilidad de error elevada).
- El Baudio, definido como la velocidad de modulación o velocidad de símbolo, es igual a la velocidad de transmisión.

La probabilidad de error elevada en ASK es a causa de que las interferencias que deforman la señal modulada, es decir, si solo se envía la señal cuando $V_m = 1$, el detector lo identifica, pero al ser esta señal sensible al ruido, durante la transmisión, se puede deformar generando un bit erróneo, esto es porque ASK es sensible a la ganancia lo que genera este error.

En la figura 2.28 observamos la reconstrucción o demodulación de una señal ASK, basada en un detector y un filtro de tipo pasa bajas.

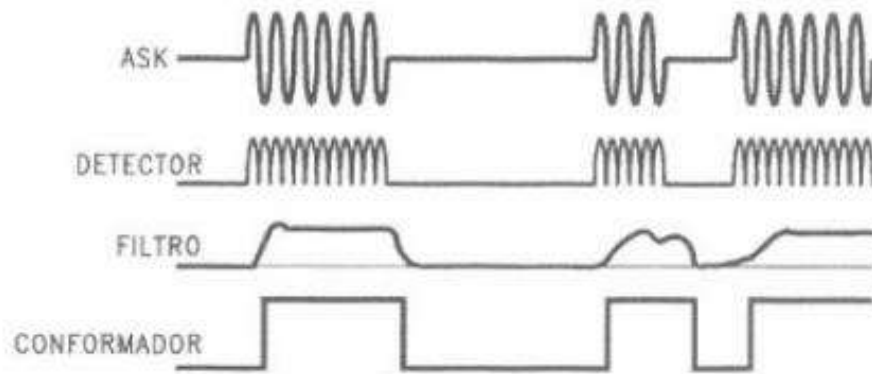
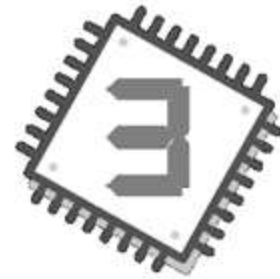


Figura 2.28 Gráfica de la detección y demodulación de una señal ASK. [21]

CAPÍTULO



DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE AMPLITUD MODULADA EN LABVIEW

3.1 Introducción

En este capítulo se realiza un proyecto, que permite el desarrollo de una modulación de amplitud y una demodulación, esto en una simulación, que la interfaz grafica, del software LabVIEW, muestra el resultado y brinda la posibilidad de observar y determinar los valores que nos puede presentar un conflicto para la modulación, y así sea una modulación y demodulación adecuada, con la ventaja de no poner en riesgo equipo y componentes para realizar este proceso de manera real y comparar resultados.

3.2 LabVIEW descripción

LabVIEW (acrónimo de Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico. Recomendado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real y embebido, pues acelera la productividad. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico. Este programa fue creado por National Instruments (1976) para funcionar sobre máquinas MAC, salió al mercado por primera vez en 1986. Ahora está disponible para varias plataformas más. [23]

LabVIEW es un software de ingeniería diseñado para aplicaciones que requieren pruebas, medidas y control con acceso rápido a información de datos y hardware. Ofrece un enfoque de programación gráfica que le ayuda a visualizar cada aspecto de su aplicación, incluyendo configuración de hardware, datos de medidas y depuración. [23]

Esta visualización hace que sea más fácil integrar hardware de medidas de cualquier proveedor, representar una lógica compleja en el diagrama, desarrollar algoritmos de análisis de datos y diseñar interfaces de usuario personalizadas. Simplifica el diseño de sistemas distribuidos de

pruebas, medidas y control, disminuyendo su tiempo para llegar al mercado. Se combina hardware comercial y personalizado de NI, el cual ha sido usado por ingenieros por más de 30 años para desarrollar e implementar sistemas personalizados, a gran escala, industriales y de producción. Se recomienda LABVIEW para las siguientes áreas de aplicación: diseñar máquinas inteligentes o equipo industrial, enseñar a estudiantes de ingeniería, simular procesos diversos, etc. [23]

3.3 Entorno de trabajo de LabVIEW

LabVIEW dependiendo de la versión que se use tiene varias herramientas o TOOLKITS que nos permiten facilitar y hacer más procesos simples, en bloques creados por los desarrolladores de este SOFTWARE. De igual manera el entorno gráfico de programación con el cual se realiza es mucho más fácil de utilizar y comprender que lenguajes de programación de más bajo nivel. Realizar una función y concatenarla a otra en LabVIEW es tan fácil como unir con el mouse la salida de un bloque a la entrada de otro.

Los programas desarrollados con LabVIEW se llaman Instrumentos Virtuales, o VI, y su origen provenía del control de instrumentos, aunque hoy en día se ha expandido ampliamente no sólo al control de todo tipo de electrónica, sino también a su programación embebida, comunicaciones, matemáticas, etc. Un lema tradicional de LabVIEW es: "*La potencia está en el Software*", que con la aparición de los sistemas multinúcleo se ha hecho aún más potente. Entre sus objetivos están el reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones de todo tipo (no sólo en ámbitos de Pruebas, Control y Diseño) y el permitir la entrada a la informática a profesionales de cualquier otro campo. LabVIEW consigue combinarse con todo tipo de software y hardware, tanto del propio fabricante de otros fabricantes. [23]

En LabVIEW se trabaja con dos paneles para iniciar un proyecto uno es *Pánel Frontal* y el otro el *Diagrama de Bloques*.

- **Pánel Frontal:** El *Pánel Frontal* es la interfaz con el usuario, la utilizamos para interactuar con el usuario cuando el programa se está ejecutando. Los usuarios podrán observar los datos del programa actualizados en tiempo real (como van fluyendo los datos, un ejemplo sería una calculadora, donde se pone las entradas, y te arroja el resultado en la salida). En esta interfaz se definen los *controles* (los usamos como entradas, pueden ser botones, marcadores etc.) e *indicadores* (los usamos como salidas, pueden ser gráficas). Este panel se muestra en la figura 3.1. [23]
- **Diagrama de Bloques:** es el programa propiamente dicho, donde se define su funcionalidad, aquí se colocan íconos que realizan una determinada función y se interconectan (el código que controla el programa). Se observa en la figura 3.2. [23]

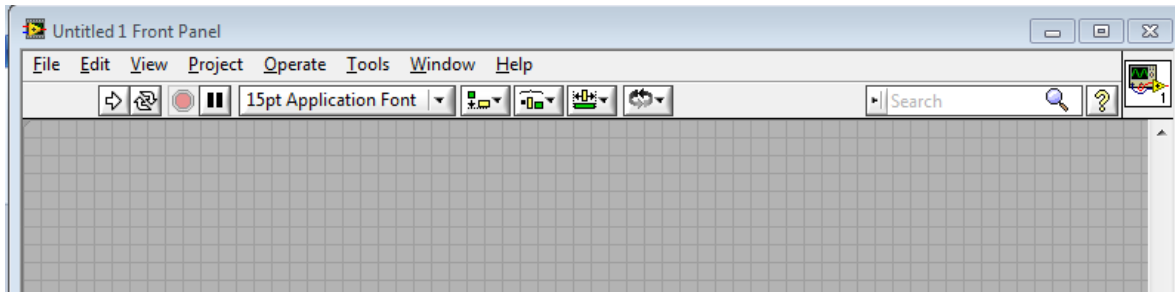


Figura 3.1 Pánel Frontal de LabVIEW.

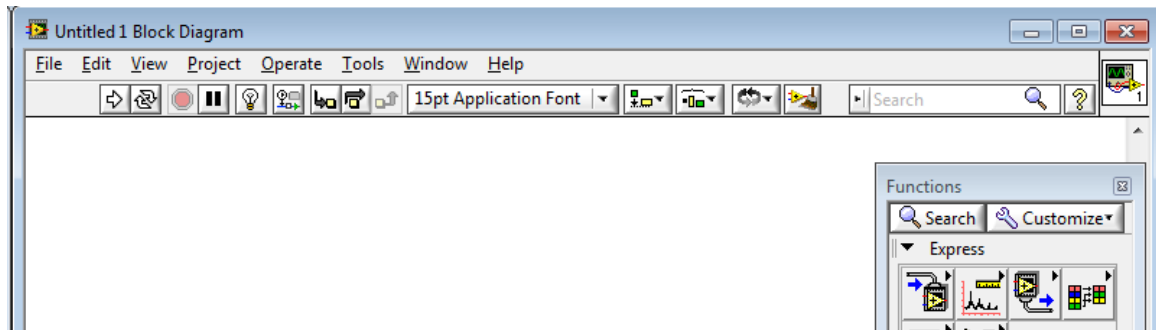


Figura 3.2 Diagramas de bloques de LabVIEW.

3.4 Elementos y bloques utilizados en LabVIEW e implementación del sistema de comunicaciones de AM

Dentro de este entorno se implementa el sistema de comunicación de modulación en amplitud (AM), para ello se dará una breve descripción de los elementos que se utilizaron para el desarrollo del proyecto, así como se hizo la implementación, enfocándose en dos vertientes el primer elemento el pánel frontal y el segundo el diagrama de bloques.

3.4.1 Pánel Frontal

En este pánel colocaremos entradas y salidas del proyecto, es decir, elementos de entrada (botones, switches, interruptores, etc.) Y elementos de salida (indicadores, leds virtuales, gráficas, etc.). En este proyecto se utilizan los siguientes elementos: una o varias veces. En la figura 3.3 y 3.4 se muestra dos elementos de entrada con diferente forma, perilla y un interruptor deslizante, los cuales permiten al usuario la selección de un valor en un rango pre-establecido.

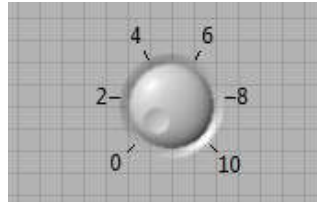


Figura 3.3 Perilla.

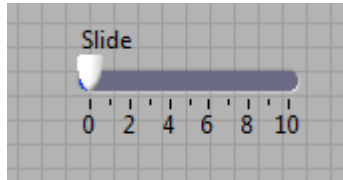


Figura 3.4 Interruptor deslizable.



Figura 3.5 Interruptor de paro general.

Estos elementos permiten al usuario la opción de ajustar los valores al proceso por medio de la iteración en la pantalla. En el caso de los elementos mostrados en las figuras 3.3 y 3.4 permiten al usuario manejar los valores en un rango que el desarrollador del proyecto puede determinar, en cambio con el elemento de la figura 3.5 solo permite detener el proceso completamente es un switch general del proyecto.

A continuación se muestran los elementos de salida del proyecto:

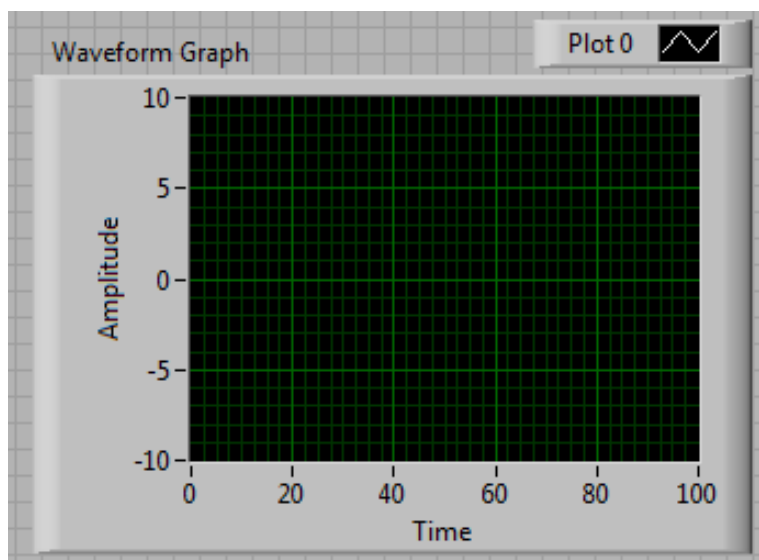


Figura 3.6 Indicador de Gráfico.

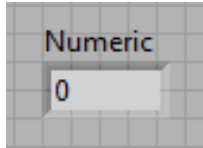


Figura 3.7 Indicador Numérico.

El elemento de la figura 3.6 permite visualizar una forma de onda, es el equivalente a un osciloscopio en la realidad, en nuestro caso es de gran ventaja, debido a que configurando este bloque, y dependiendo del hardware de nuestra computadora, es posible realizar simulaciones a grandes frecuencias de trabajo. El indicador de la figura 3.7 permite ver el valor cambiante de un proceso es la equivalencia a estar viendo un multímetro y observar como los valores cambian respecto al tiempo.

3.4.2 Diagrama de bloques

En este espacio colocamos los bloques predefinidos que permiten desarrollar funciones específicas para nuestro proyecto, en esta parte identificamos en tres secciones:

- Bloques de conexión al panel frontal
- Bloques de procesos.
- Bloques de funciones numéricas y variables.

3.4.2.1 Bloques de conexión con el panel frontal

Estos bloques se colocan en automático cuando son colocados en el panel frontal. En las figuras 3.8, 3.9 y 3.10 se observa el bloque correspondiente a los elementos de entrada.

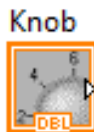


Figura 3.8 Bloque de perilla.



Figura 3.9 Bloque de interruptor deslizante.

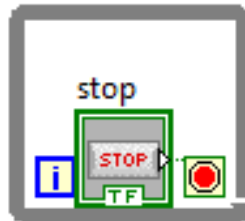


Figura 3.10 Bloque de interruptor de paro general (depende de un ciclo).

Los bloques mostrados en las figuras 3.8, 3.9 y 3.10 son los bloques de entrada, los que puede manipular el usuario, a continuación se muestran los bloques de salida, que son los que arrojan los datos, se observan en las figura 3.11 y 3.12



Figura 3.11 Bloque de indicador gráfico.

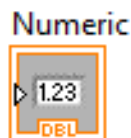


Figura 3.12 Bloque de indicador numérico.

3.4.2.2 Bloques de procesos

Son bloques complejos con funciones en específico que facilitan procesos, y son de ayuda para el diseño de proyectos, esto se ve reflejado en menos tiempo de programación y de complejidad del programa, a continuación se muestran los bloques usados y una breve descripción de cada uno, en las figuras 3.13, 3.14 y 3.15.

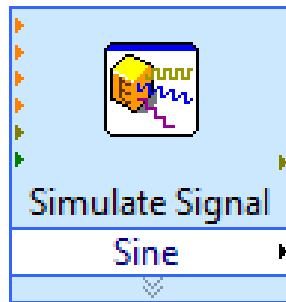


Figura 3.13 Bloque de Simulación de Señales.

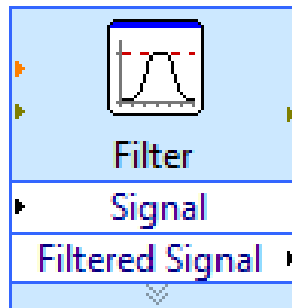


Figura 3.14 Bloque de Filtro.

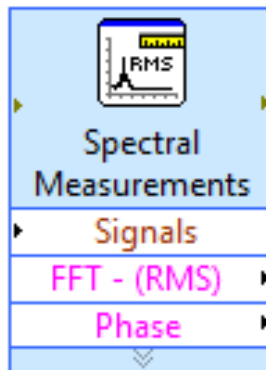


Figura 3.15 Bloque de Espectrómetro.

El bloque de la figura 3.13 simplifica tanto el proceso de generar una señal de cualquier tipo, como cambiar sus valores de frecuencia, amplitud, fase, etc. Los bloques de las figuras 3.14 y 3.15 permiten realizar procesos matemáticos, desde hacer filtrado de una señal hasta obtener sus componentes de frecuencia sin la necesidad de realizar complejos cálculos como es el uso de las series de Fourier.

3.4.2.3 Bloques de funciones numéricas, procesos y variables.

En esta descripción nos enfocaremos en bloques sencillos que realizan una suma o tan complejos como ciclos de un programa de computadora, denotando su forma y una descripción que permita entender qué función realizan. En las figuras 3.16, 3.17, 3.18, 3.19, 3.20 y 3.21.

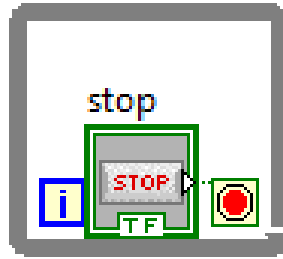


Figura 3.16 Bloque de Ciclo While.

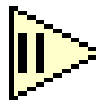


Figura 3.17 Bloque de Valor Absoluto.



Figura 3.18 Bloque de Multiplicación.



Figura 3.19 Bloque de Suma.



Figura 3.20 Bloque de Variable Local.



Figura 3.21 Bloque de Constante Numérica.

Los bloques mostrados realizan la función específica de su nombre, algunos tienen la capacidad de recibir más de dos entradas y arrojar un solo resultado. El bloque de la figura 3.20 es un bloque que permite realizar muchas conexiones, guardando el valor de una entrada o un proceso para utilizarlo en diferentes conexiones con varios bloques, evitando la necesidad de crear varios nodos en una conexión.

En la figura 3.22 podemos observar un esquema de un proyecto en el cual se tiene una entrada y se le suma un valor constante, que nos arroja una visualización en la pantalla del resultado de la suma realizada basada en que valor se reciba a la entrada.

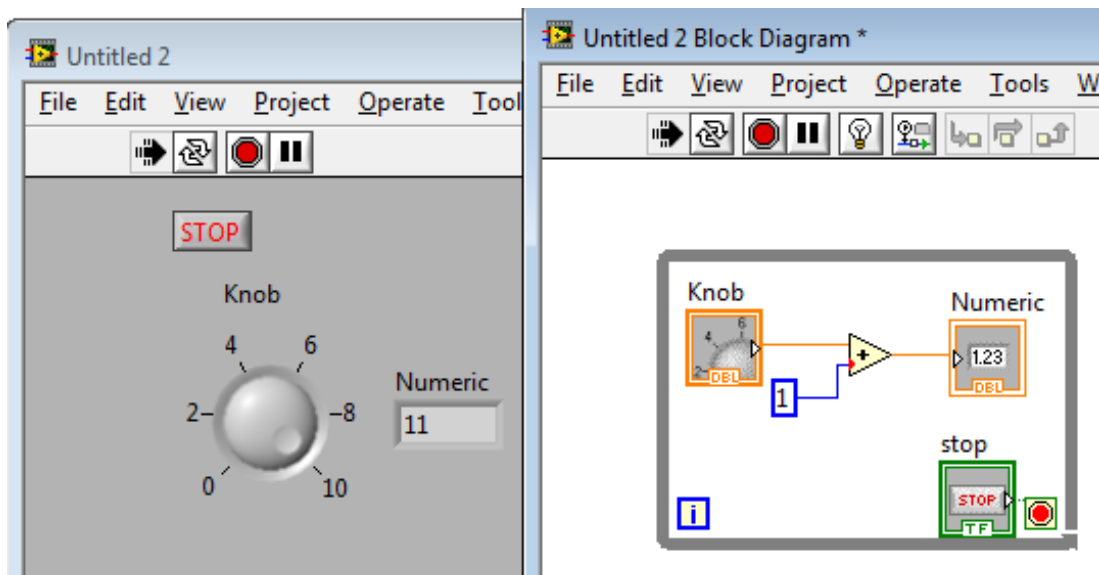


Figura 3.22 Conexión de bloques en LabVIEW.

3.5 Generación del sistema de comunicaciones de AM

Se muestran las dos áreas de trabajo, en primer lugar se muestra la interfaz entre el usuario y el programa, dentro de LabVIEW se cuenta incluso con herramientas que permiten decorar los elementos y que esto permita que sea más atractiva la interfaz para el usuario, permitiéndole incluso ubicar más rápido los valores que requiera analizar. En este proyecto nuestra interface final del panel frontal se muestra en la figura 3.23.

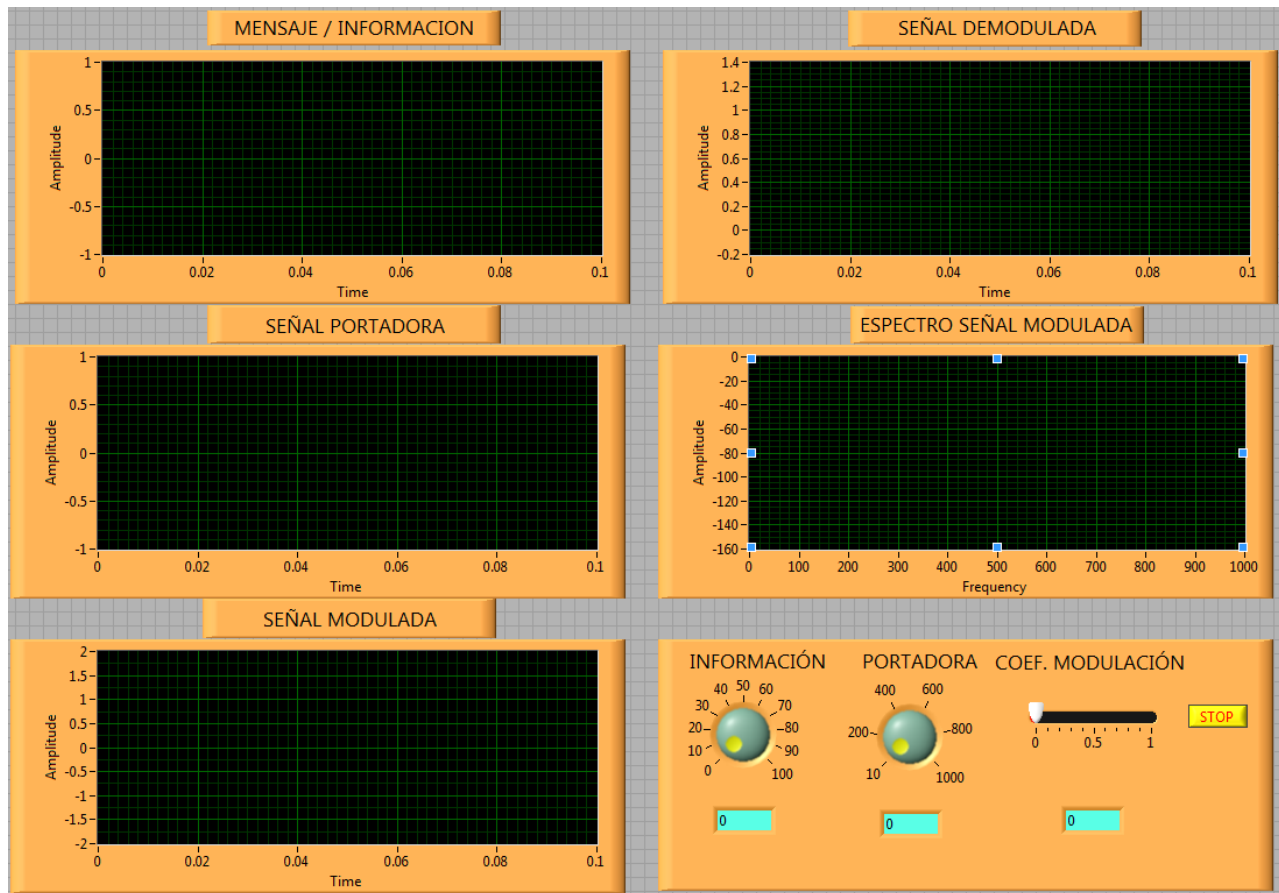


Figura 3.23 Interface final del panel frontal.

Dando una breve descripción de lo que se realiza, se cuenta con cuatro entradas de datos:

- 2 Entradas para el manejo de la frecuencia (0 a 100 y 10 a 1000).
- 1 entrada para manipulación del coeficiente de modulación (Valor de 0 a 1).
- 1 entrada de paro general.

Se describe las dos primeras entradas determinan la frecuencia de oscilación de la señal de información y de la señal portadora, siendo de mayor rango de valor la señal portadora. Se toma en consideración colocar un botón deslizante con valores intermedios para el coeficiente de modulación y así poder manipularlo de manera sencilla.

En la figura 3.24 se muestra el esquema de bloques que se ha implementado para realizar el sistema de comunicación en AM y se describe el algoritmo que se ha utilizado para realizar el proceso.

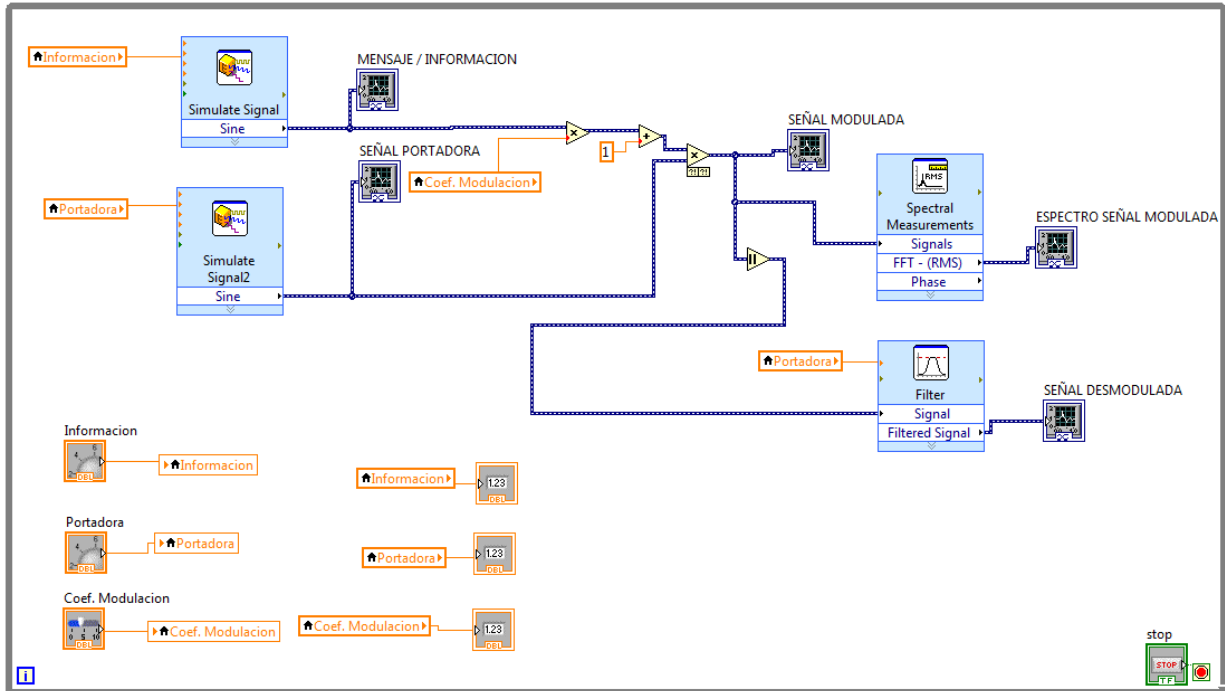


Figura 3.24 Interface final del diagrama de bloques.

Se describe el algoritmo del diagrama de bloques:

- Se utiliza el control de la señal de información, posteriormente se adecua la ganancia para la señal de información.
- Por medio del control del coeficiente modulación, se determina el nivel de modulación que se le aplica a la señal.
- Después se utiliza el control la señal de la portadora y se multiplica con la señal de información y se presenta ese gráfico al usuario.
- Para el proceso del espectrómetro a nuestra señal modulada le determinamos el valor absoluto y lo mandamos al bloque de medidor de espectro.
- Para obtener la demodulación con un nodo mandamos la señal al bloque de filtro como pasa bajas y así eliminamos la frecuencia mayor que es de la portadora y obtenemos nuestra señal de información.

Además al usuario se le envían tanto gráficos de la señal de información y de la portadora, así como valores numéricos de las señales y del coeficiente de modulación. En la figura 3.25 se muestra ambas interfaces tanto de entrada como de salida.

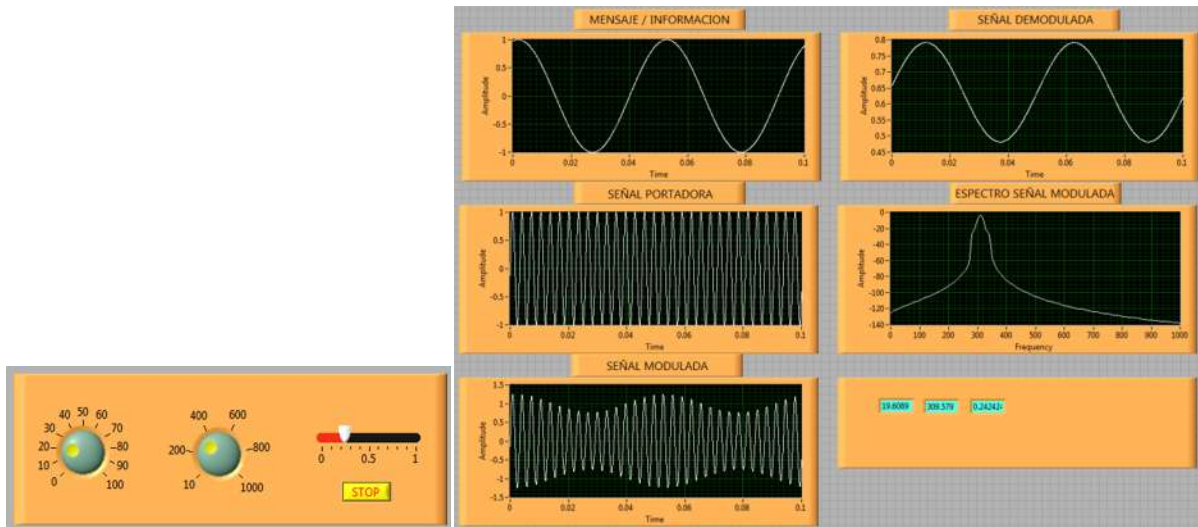


Figura 3.25 Interface de elementos de entrada de datos e interface de elementos de salida.

A continuación se muestran gráficos del proyecto manipulando valores de coeficiente de modulación a valores máximos de las frecuencias de entrada del proyecto, en las figuras 3.26, 3.27, 3.28, 2.29, 3.30, 3.31 y 3.32.

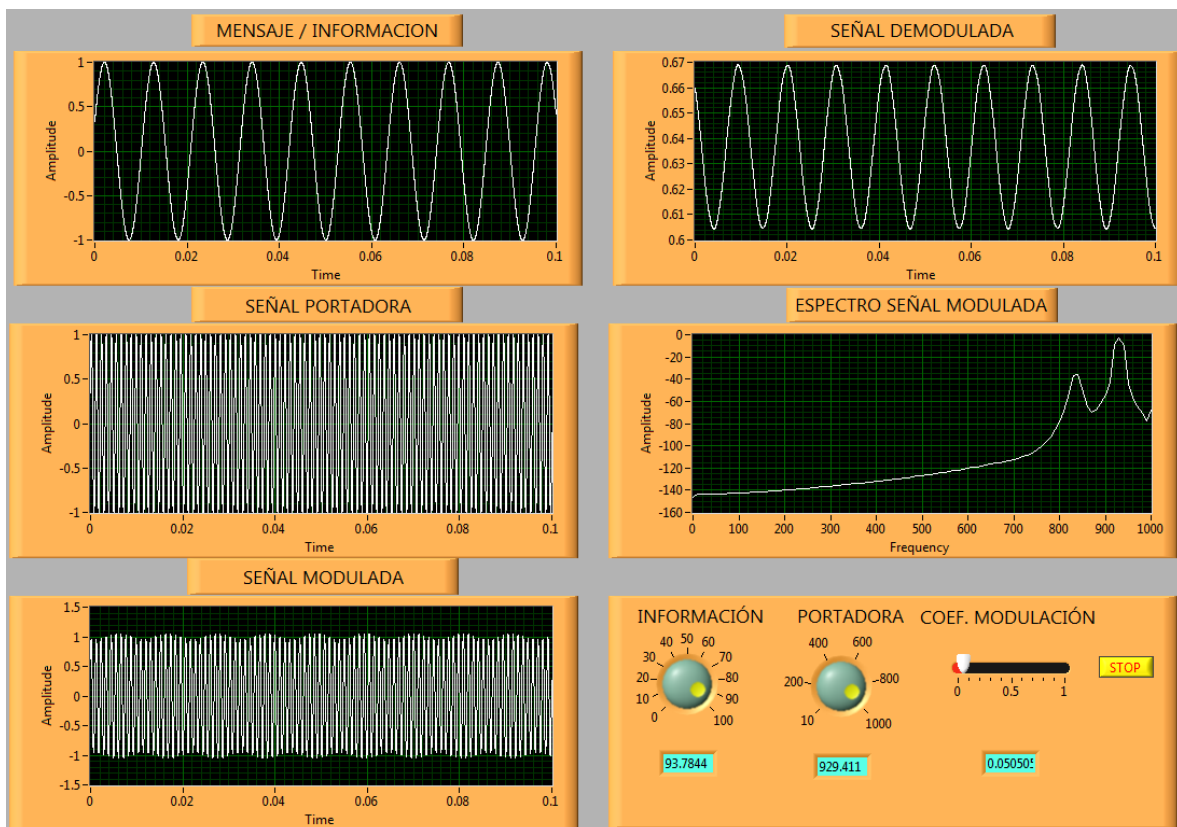


Figura 3.26 Gráficas del proyecto coeficiente de modulación bajo.

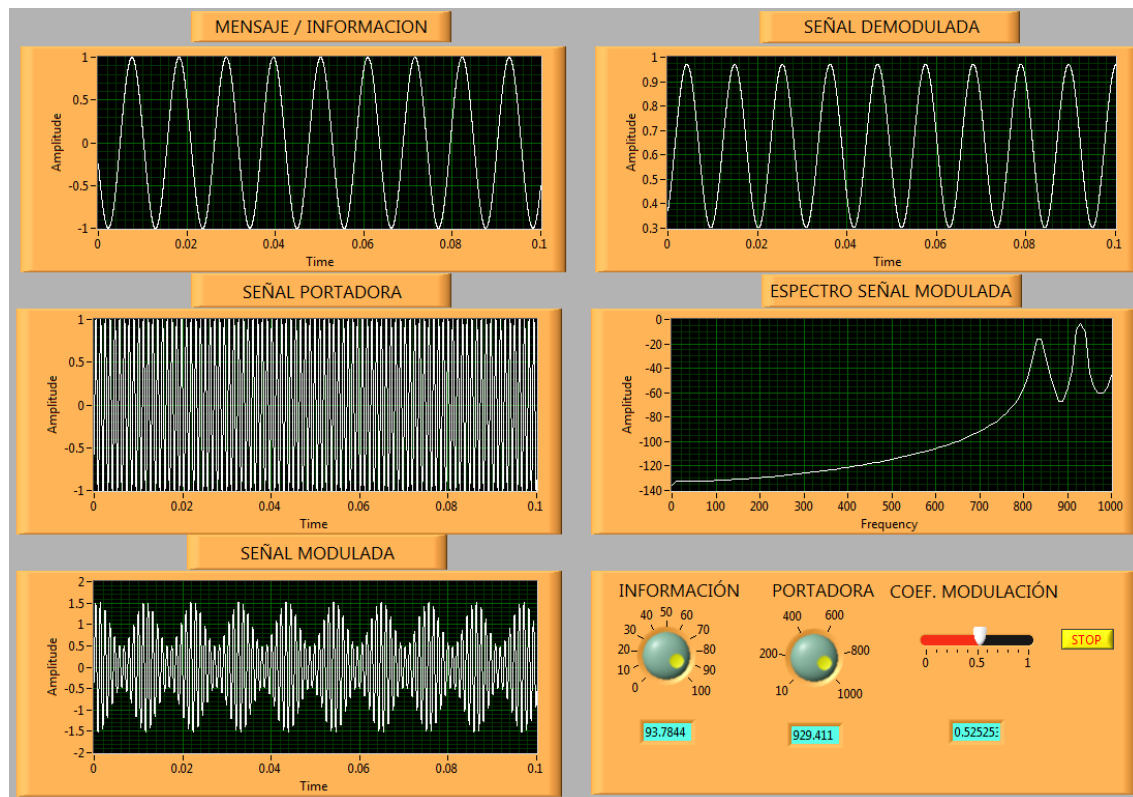


Figura 3.27 Gráficas del proyecto coeficiente de modulación valor intermedio.

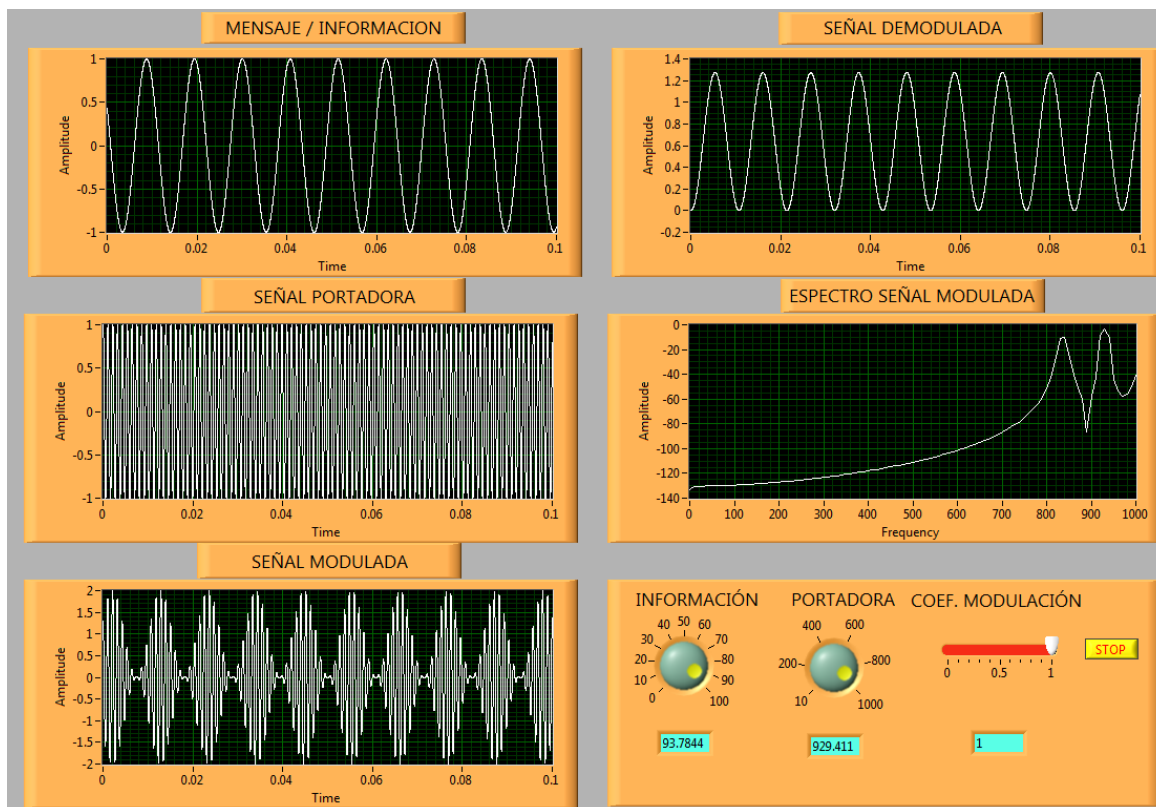


Figura 3.28 Gráficas del proyecto coeficiente de modulación máximo valor.

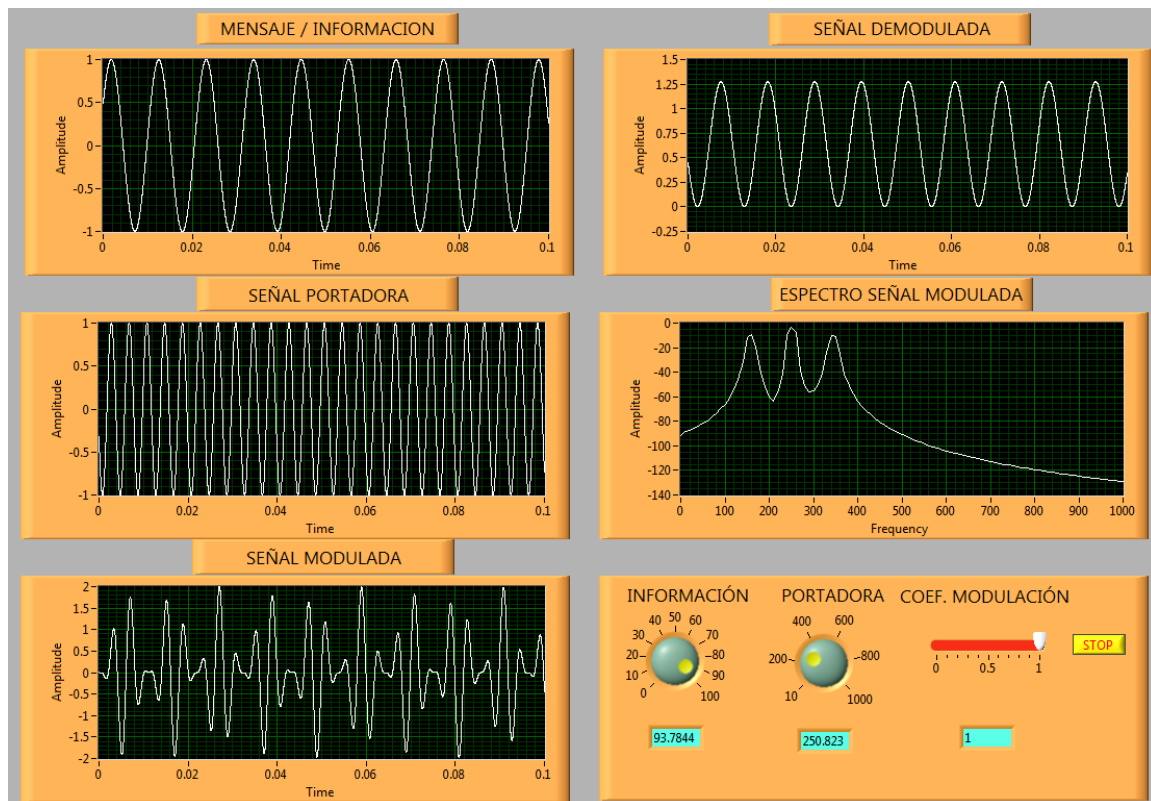


Figura 3.29 Gráficas coeficiente de modulación máximo, valor frecuencia portadora baja.

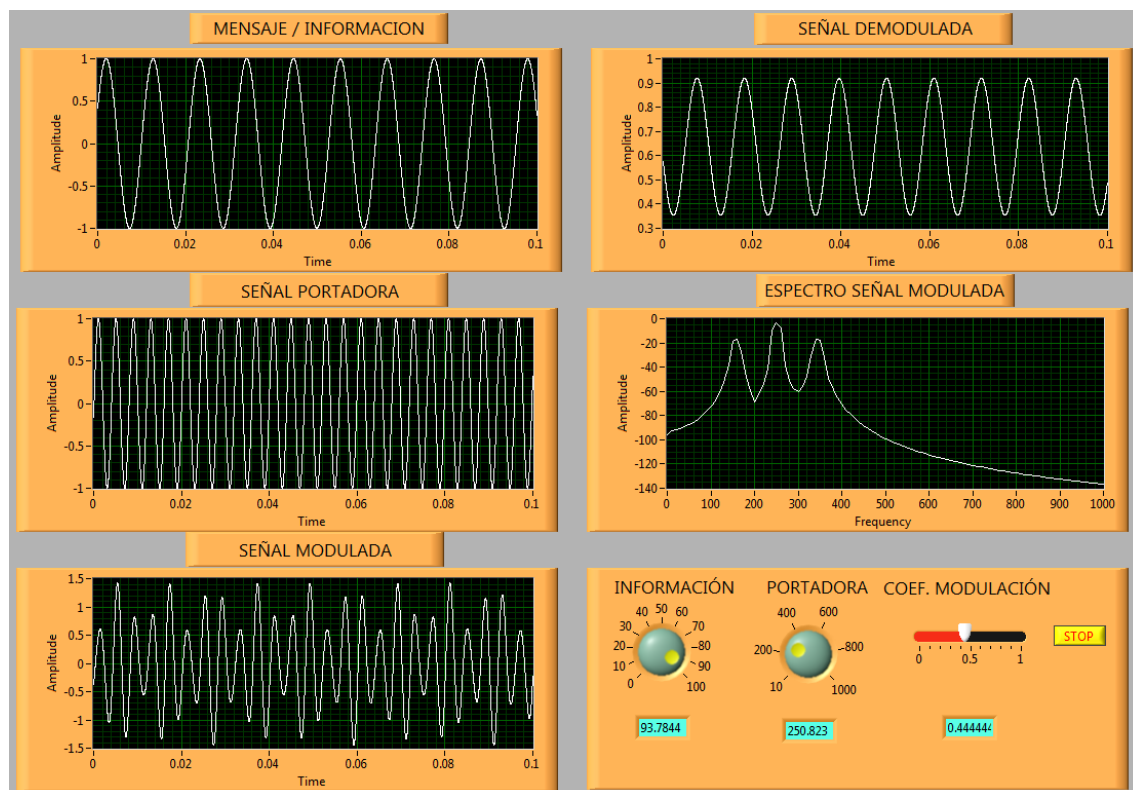


Figura 3.30 Gráficas coeficiente de modulación intermedio, valor frecuencia portadora baja.

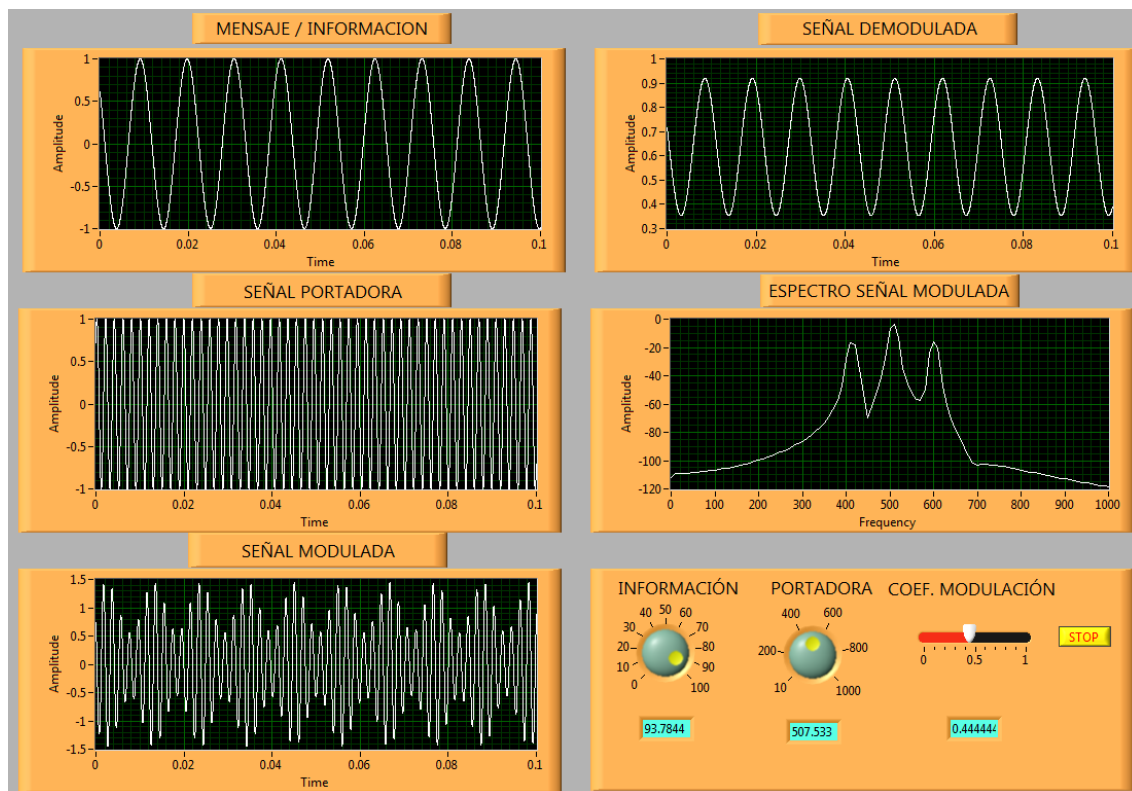


Figura 3.31 Gráficas coeficiente de modulación intermedio, frecuencia portadora valor medio.

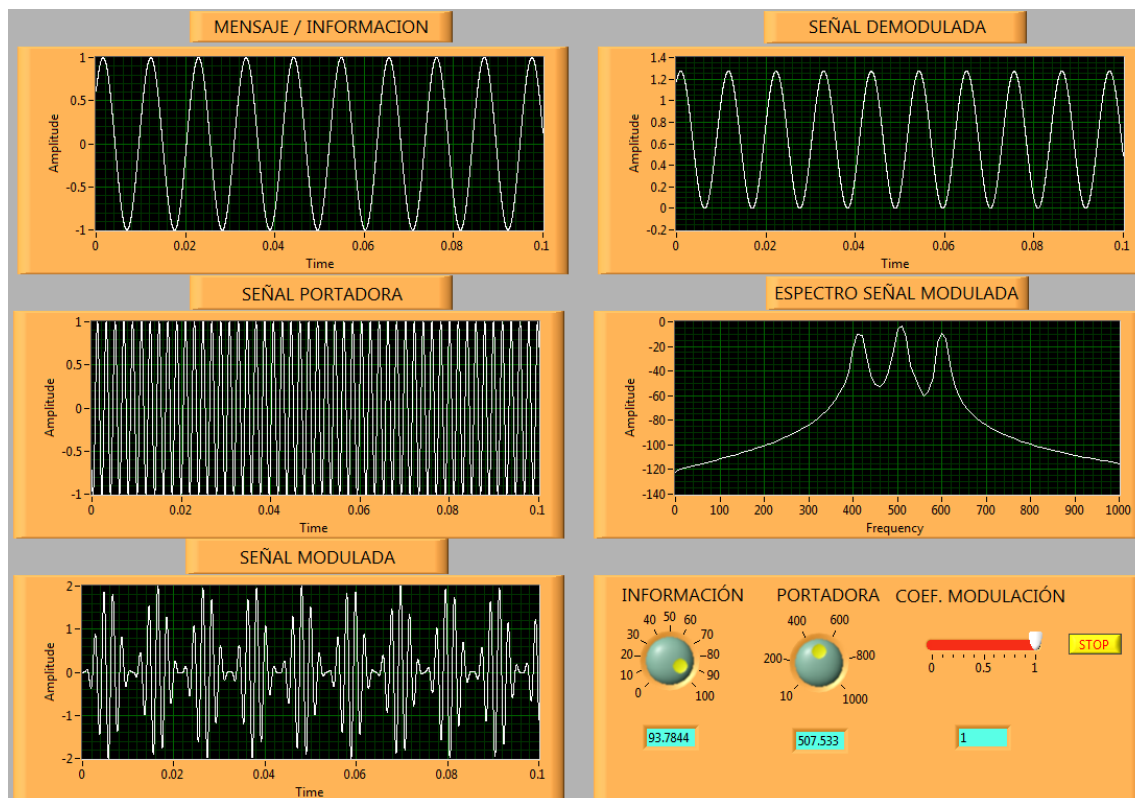


Figura 3.32 Gráficas coeficiente de modulación máximo, valor frecuencia portadora valor medio.

Dentro de las ventajas de esta simulación se puede observar como la modulación en AM trabaja a baja frecuencia en su señal portadora, logrando reconstruir la señal de información, esto se observa en la figura 3.33.

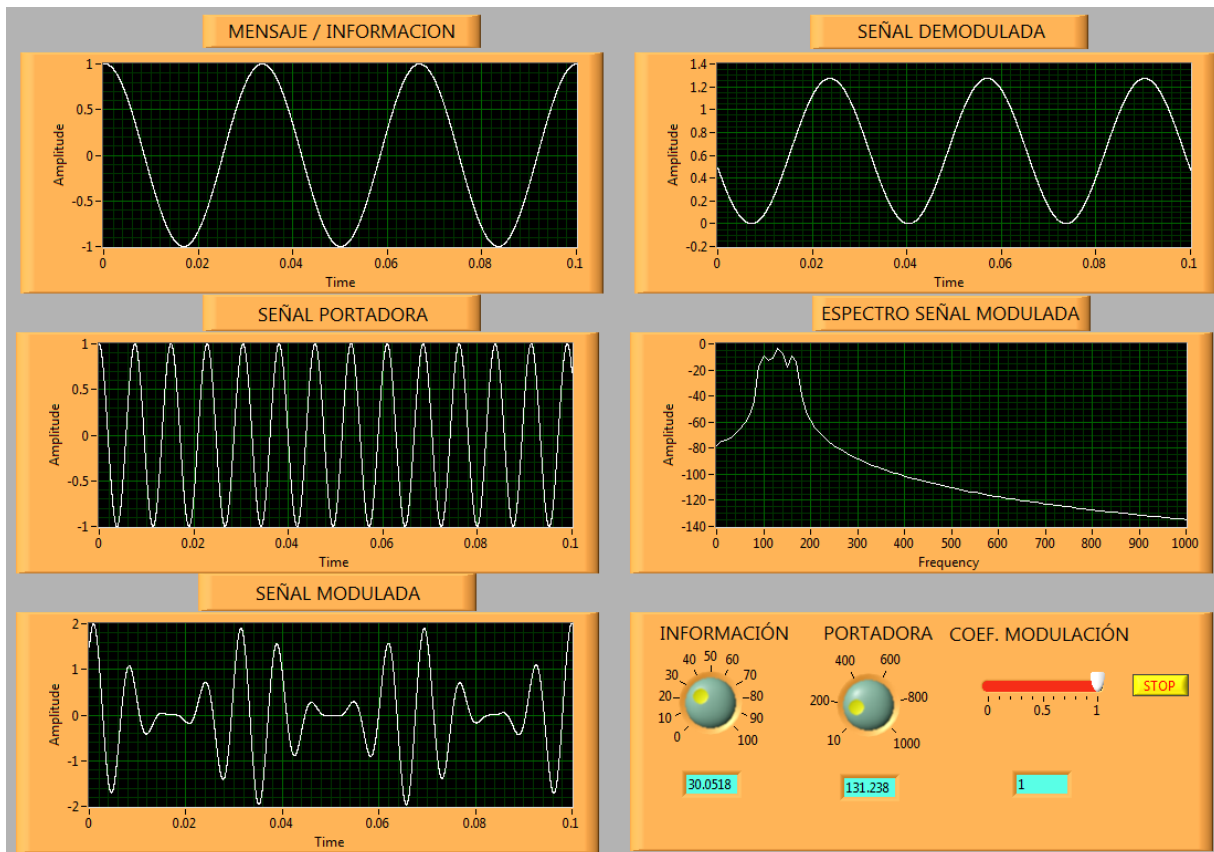
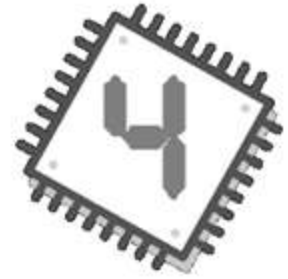


Figura 3.33 Gráficas coeficiente de modulación máximo, valor frecuencia información y portadora valor bajo.

CAPÍTULO



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE AM EN NI-ELVIS

4.1 Introducción

En este capítulo se implementara la modulación AM en el dispositivo NI ELVIS, es una estación de laboratorio de ingeniería (NI Engineering Laboratory Virtual Instrumentation Suite), ofrece una experiencia de aprendizaje basado en proyectos usando mediciones en línea y diseño embebido y práctico, en resumen es un laboratorio de pruebas electrónicas con diversas funciones, que cuenta con una tarjeta de adquisición de datos, que permite tener una interacción entre el hardware y software tanto del dispositivo así como con el software de LabVIEW.

Se describe el proceso para la implementación de dichos objetivos, mediante las tres posibles interfaces que se tienen para manipular el proyecto, en primer lugar se realiza un script en LabVIEW para desarrollar y manipular una señal de información permitiendo al usuario modificar en tiempo real diversos parámetros como frecuencia, amplitud y tipo, en segundo paso se manipula otra señal mediante la estación de trabajo de NI ELVIS la cual cuenta con un generador de funciones. El último paso una vez montados los circuitos para el proyecto se pretende utilizar el software de NI ELVIS para visualizar los resultados por medio de su función de osciloscopio.

4.2 Generación de señal en LabVIEW

En este apartado se realiza la implementación de un script gráfico en el software LabVIEW, se realiza un control de una señal manipulando ciertos parámetros básicos:

- Frecuencia.
- Amplitud.

- Tipo de señal.
- Tiempo de muestreo.
- Número de muestras.

Como resultado de dicho script se obtiene la siguiente salida o interfaz para el usuario, y se muestra en la figura 4.1:

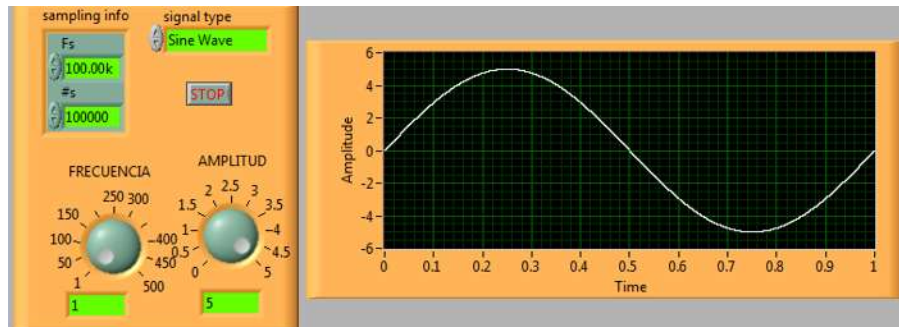


Figura 4.1 Interfaz de salida de control de una señal.

En este script se utilizan cinco controles y una interfaz de salida para manipular, y permiten modificar amplitud, frecuencia y tipo de señal. La frecuencia de muestreo y el número de muestras se contralan en caso de que se presente error y no se cumpla con el teorema del muestreo. De igual manera dentro del script se realiza la conexión a la DAQ que conecta con el laboratorio NI ELVIS, para corroborar se utiliza la opción de osciloscopio comparando los resultados entre nuestra interfaz de LabVIEW y el osciloscopio virtual de NI ELVIS. En la figura 4.2 se observa la comparación entre nuestra salida en LabVIEW y el osciloscopio de NI ELVIS.

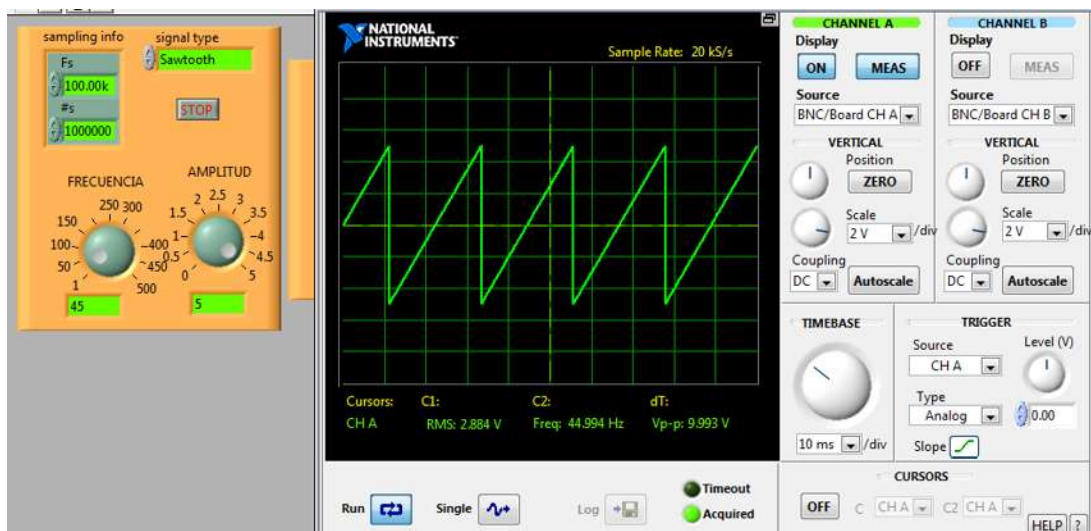


Figura 4.2 Interfaces de NI ELVIS (osciloscopio) y salida LabVIEW.

Para la salida en NI ELVIS se utiliza la salida analógica, la cual permite recrear diferentes funciones basada en es esquemas propios de LabVIEW para la creación y representación de señales, y mediante sus módulos de conexión a diversos dispositivos es posible obtener a nuestra salida este resultado, en la figura 4.3 se muestra el script que se implementa para este proceso.

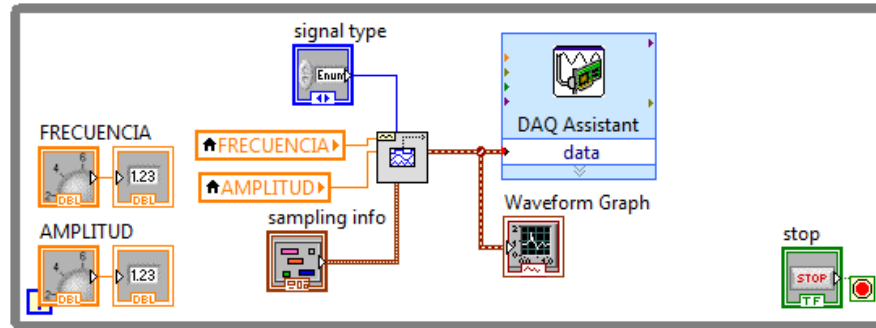


Figura 4.3 Script de LabVIEW para control se una señal conectada a NI ELVIS.

En la figura 4.3 se observan dos bloques esenciales para este proceso el bloque de generación de señales, el cual permite modificar los diversos parámetros para crear y muestrear una señal, y el bloque de DAQ Assistant el cual permite realizar la conexión entre LabVIEW y NI ELVIS, ya que este bloque reconoce a los dispositivos conectados a la computadora y además determina si son compatibles con el software, también permite seleccionar el pin de salida y el tipo de salida, por ejemplo puede ser corriente o voltaje.

4.3 Generación de señal en NI ELVIS

En esta sección se pretende describir el entorno de NI ELVIS pero en hardware, para ello se aprovecha la simpleza de la manipulación de este laboratorio, el cual además de poder ser controlado por software, cuenta con ciertos parámetros para manipular por medio de hardware específico para varias funciones como lo es, fuente de voltaje generador de señales, etc. Para nuestro propósito se manipula solo el generador de señales el cual consta de cinco controles:

- Habilidad local (para manipular sin el software).
- Selección del tipo de señal.
- Selección de perilla de frecuencia (paso grande).
- Selección de perilla de frecuencia (paso corto).
- Selección de perilla de amplitud.

En la figura 4.4 se puede observar esta sección del generador de funciones en el hardware de NI ELVIS.

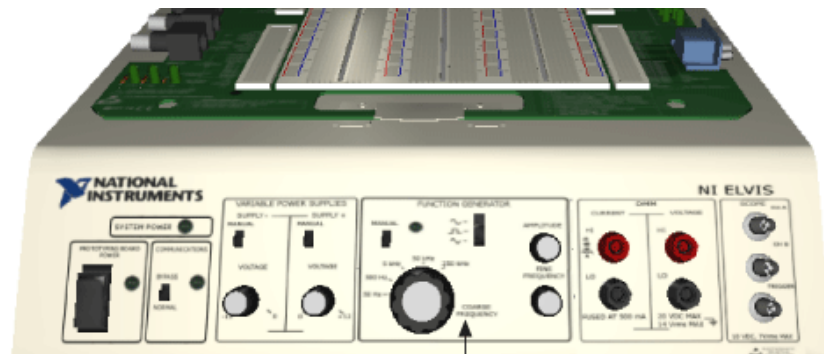


Figura 4.4 NI ELVIS.

Para la visualización de la señal se utiliza el osciloscopio virtual del software NI ELVIS conectando las terminales de salida del generador de funciones y una entrada, puede seleccionarse entre entradas analógicas o canales para puntas de osciloscopio.

4.3 Software NI ELVIS

Se muestra una breve descripción del entorno de trabajo del software NI ELVIS el cual cuenta con diversas opciones tanto para tener parámetros de medición, así como para generación de salidas ya sean digitales o analógicas dependiendo del uso que se le pretenda dar. Se muestra las diferentes conexiones que nos brinda el software de NI ELVIS en la figura 4.5.

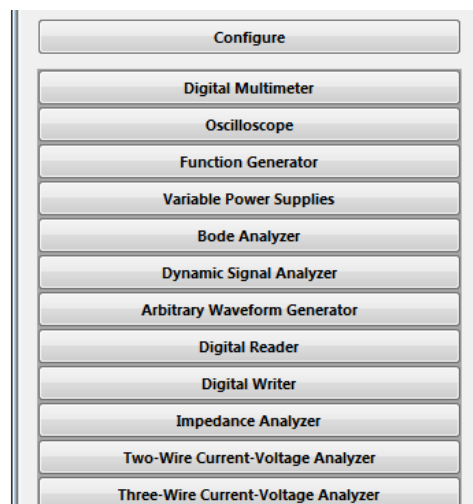


Figura 4.5 Menú de opciones software NI ELVIS

4.3 Modulador de AM en NI ELVIS

Para la implementación de una modulación de AM se utiliza el circuito integrado AD633 el cual es un multiplicador analógico de cuatro cuadrantes en un paquete 8-PDIP u 8-SOIC. El dispositivo está calibrado con láser lo cual lo hace fiable y estable con una exactitud garantizada de 2% de escala completa. Tiene una alta resistencia de entrada de 10 M Ω que hace que la fuente de señal de carga sea despreciable. El AD633 es ideal para aplicaciones que requieren alta fiabilidad y un rendimiento estable como la modulación / demodulación y amplificación del controlador de voltaje. En la figura 4.6 se muestra el esquema del circuito integrado AD633. [24]

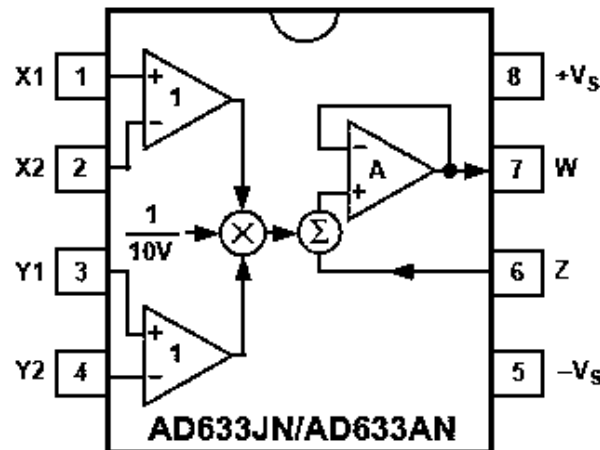


Figura 4.6 Esquema circuito integrado AD633. [24]

El circuito que se determinó para este proceso se basó en el siguiente diagrama de conexiones que es mostrado en la figura 4.7.

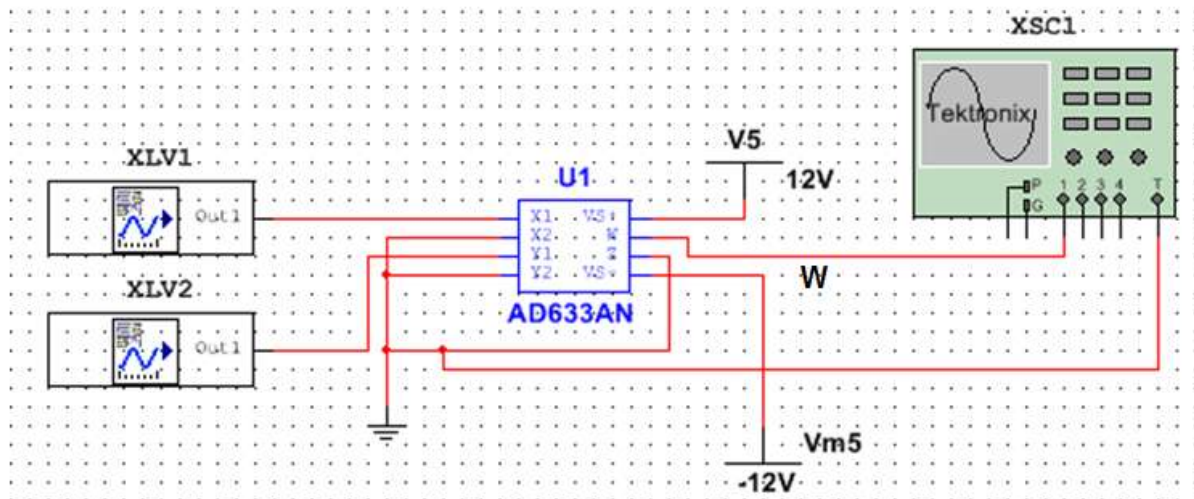


Figura 4.7 Circuito para modulación en AM.

En el circuito de la figura 4.7 los elementos XLV1 y XLV2 son las señales generadas que en nuestro caso son las que se obtienen por medio de LabVIEW y del generador de funciones de NI ELVIS. De ahí la salida W es enviada al osciloscopio de NI ELVIS. En la figura 4.8 se muestra un ejemplo de la modulación en AM usando la programación en LabVIEW, el generador de funciones de NI ELVIS y el osciloscopio virtual del software del laboratorio.

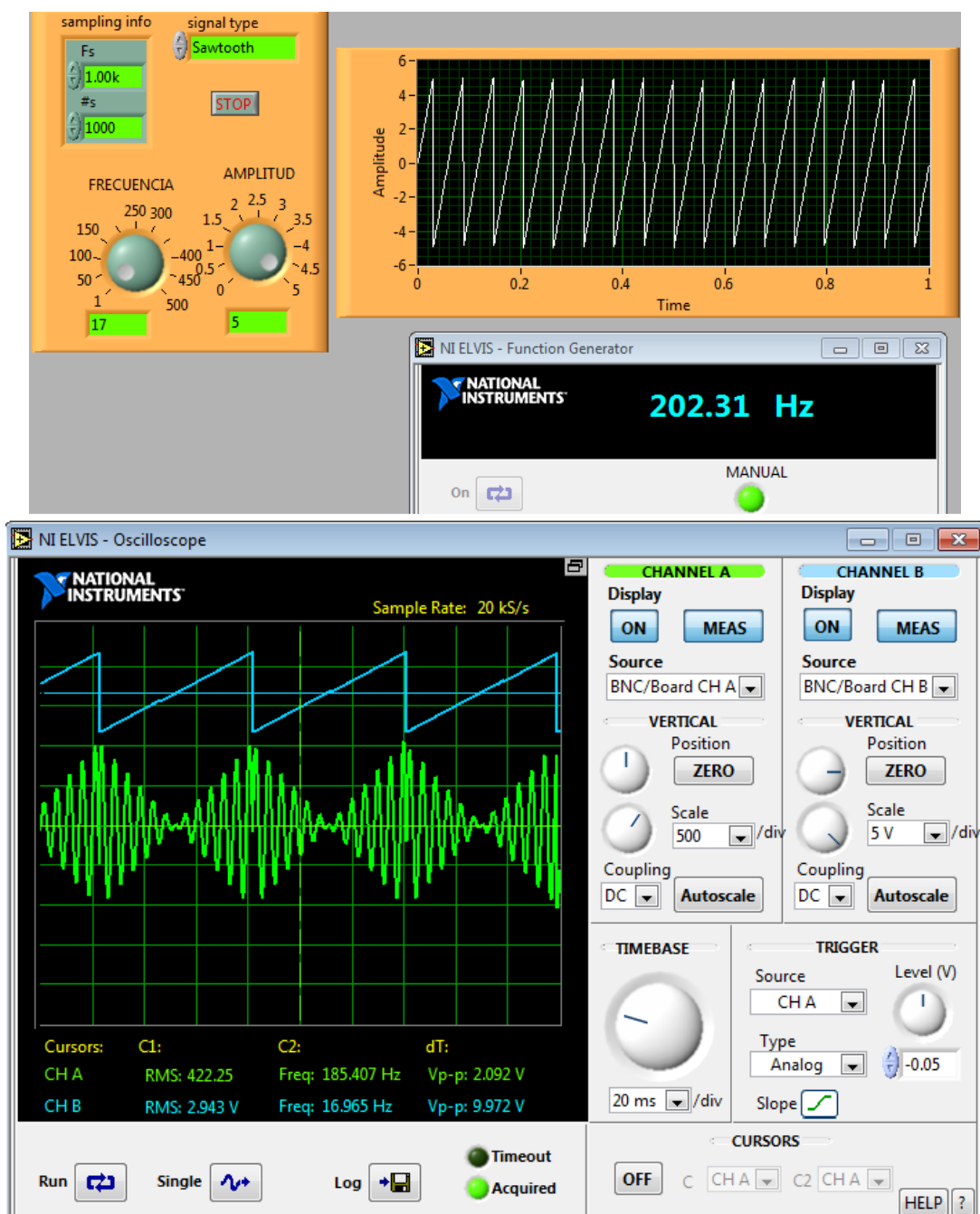


Figura 4.8 Implementación de la modulación AM.

Para mostrar resultados que permitan apreciar el sistema de modulación AM se trabaja a bajas frecuencias a amplitudes máximas de las dos señales y se toma muestra de cómo es la modulación AM para diferentes tipos de señal. Esto se observa en las figuras 4.9, 4.10 y 4.11 con una señal de información diente sierra y modulada con señales senoidal, cuadrada y triangular.

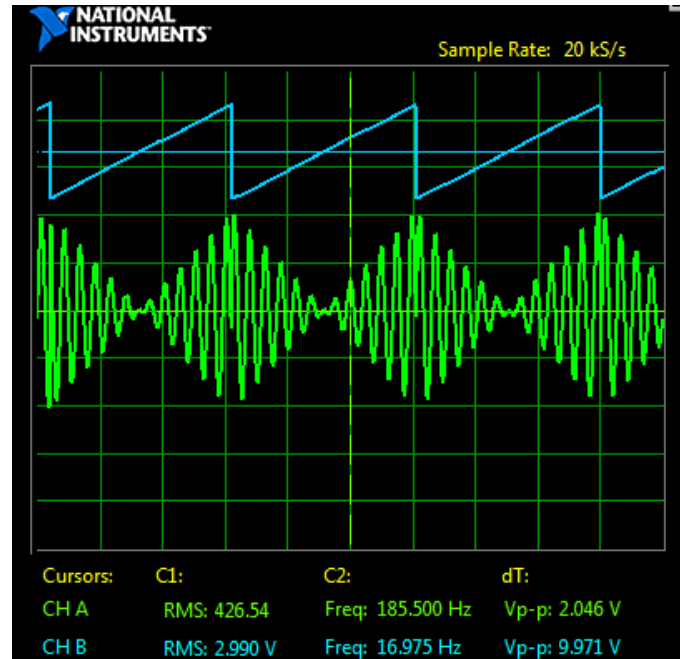


Figura 4.9 Información señal diente de sierra - Portadora señal senoidal.

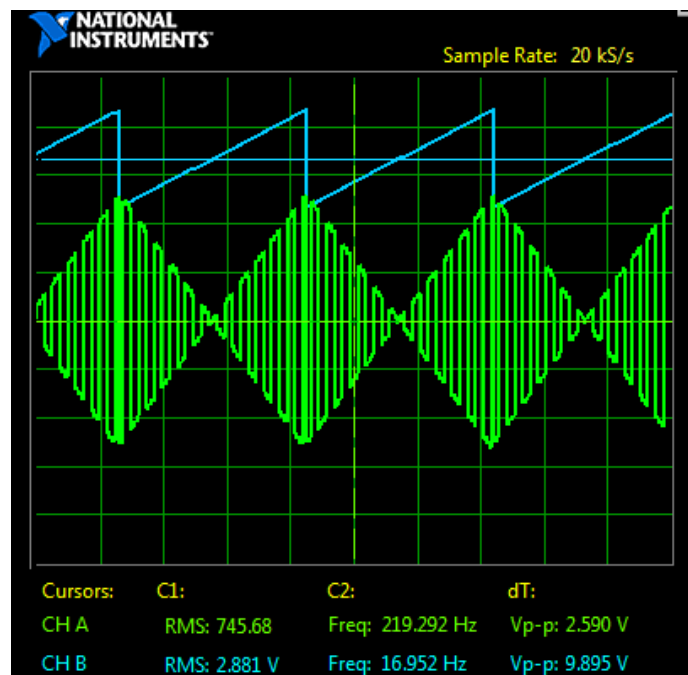


Figura 4.10 Información señal diente de sierra - Portadora señal cuadrada.

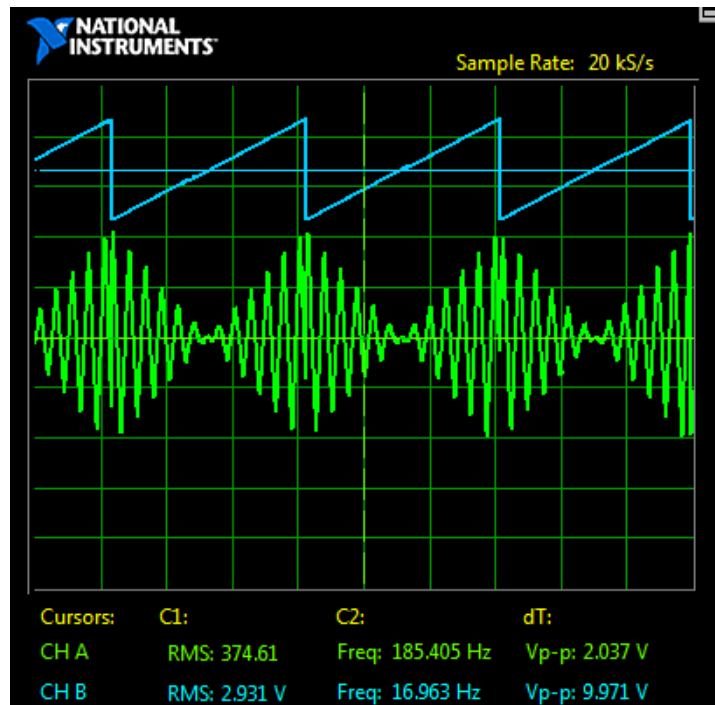


Figura 4.11 Información señal diente de sierra - Portadora señal triangular.

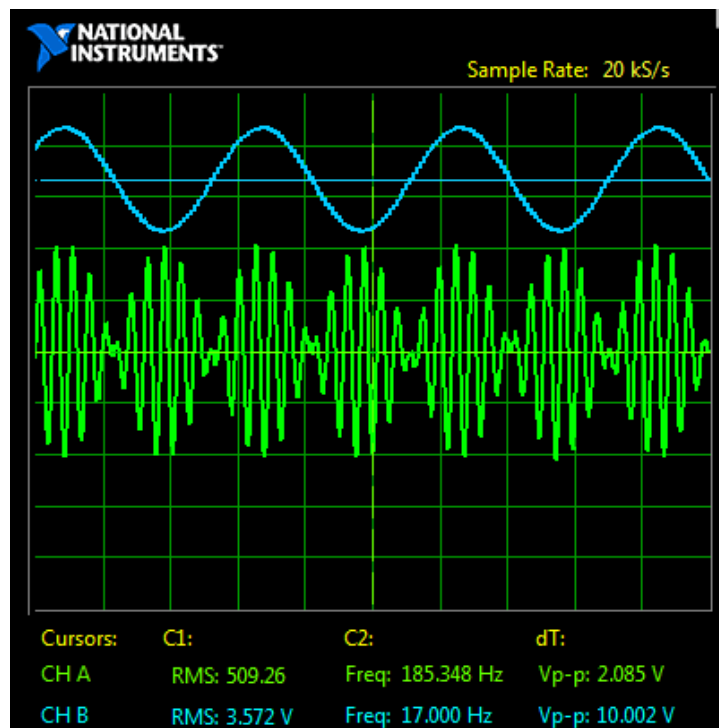


Figura 4.12 Información señal senoidal - Portadora señal senoidal.

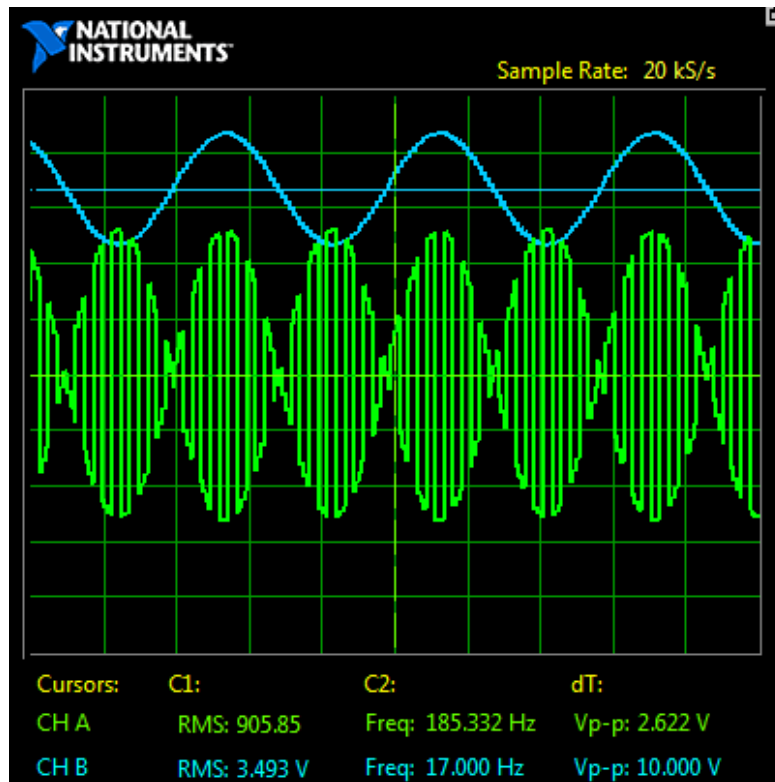


Figura 4.13 Información señal senoidal - Portadora señal cuadrada.

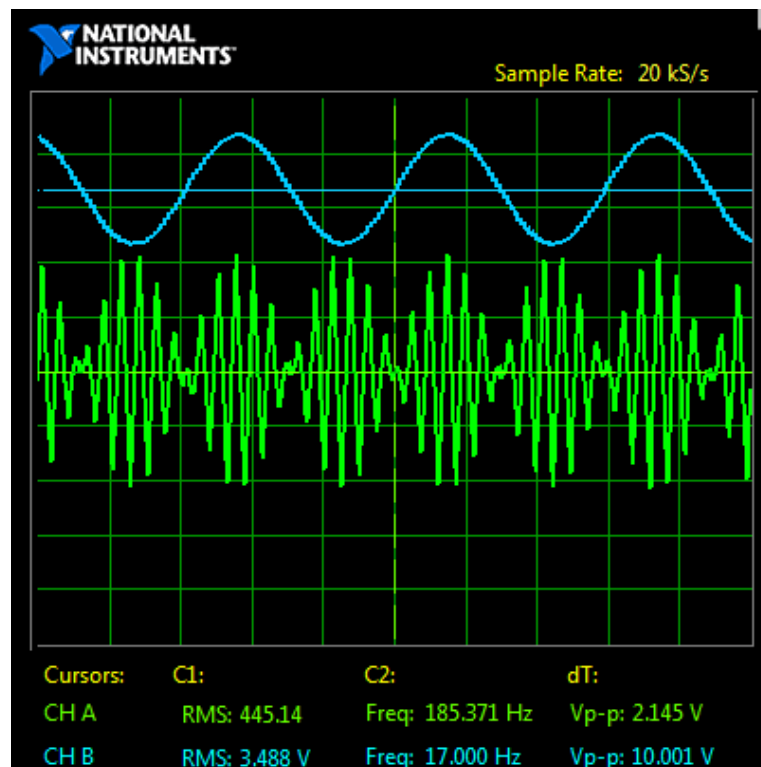


Figura 4.14 Información señal senoidal - Portadora señal triangular.

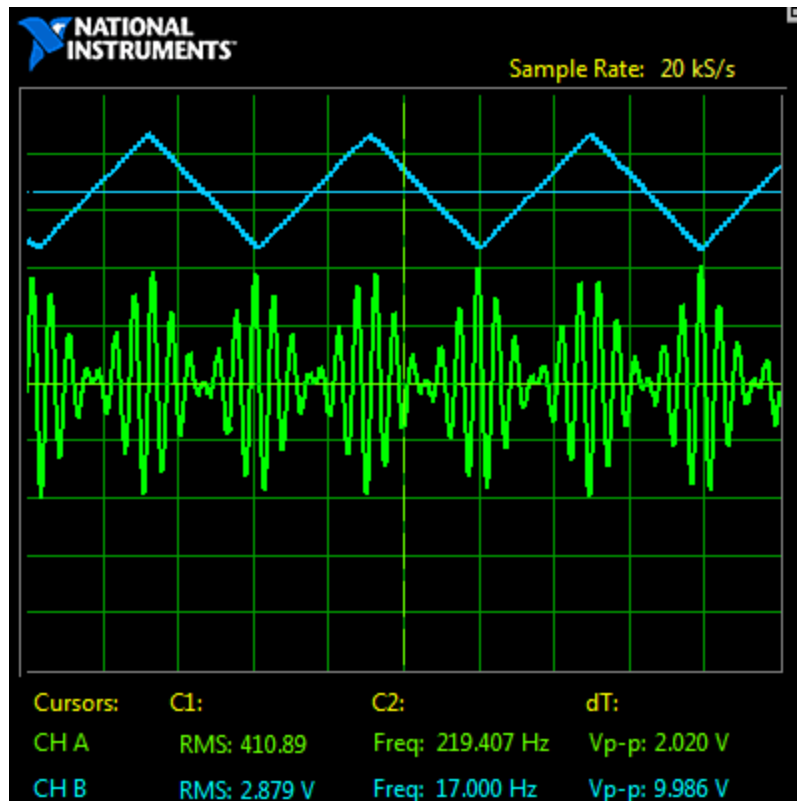


Figura 4.15 Información señal triangular - Portadora señal senoidal.

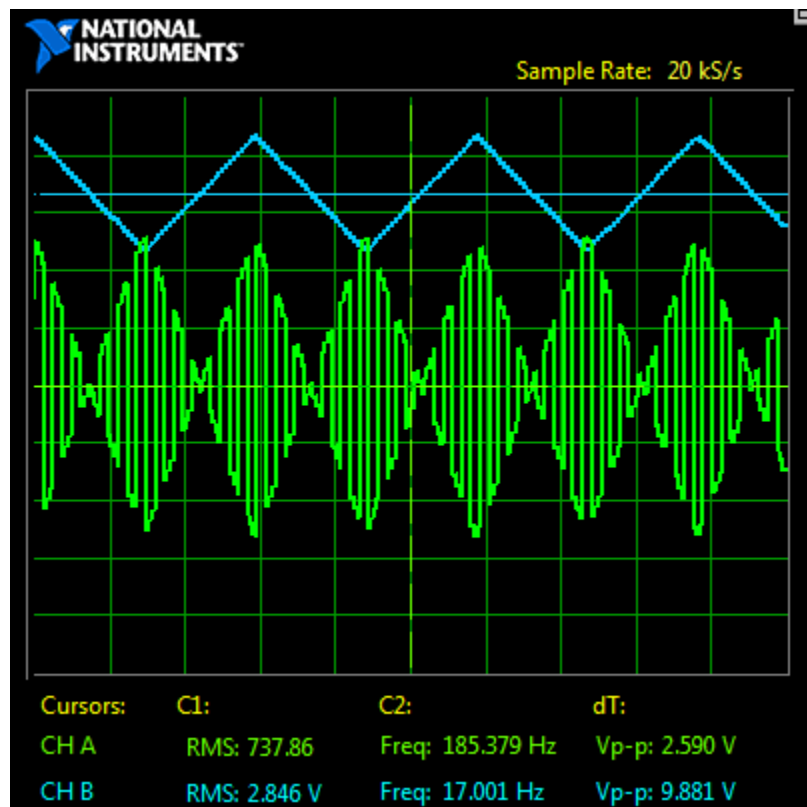


Figura 4.16 Información señal triangular - Portadora señal cuadrada.

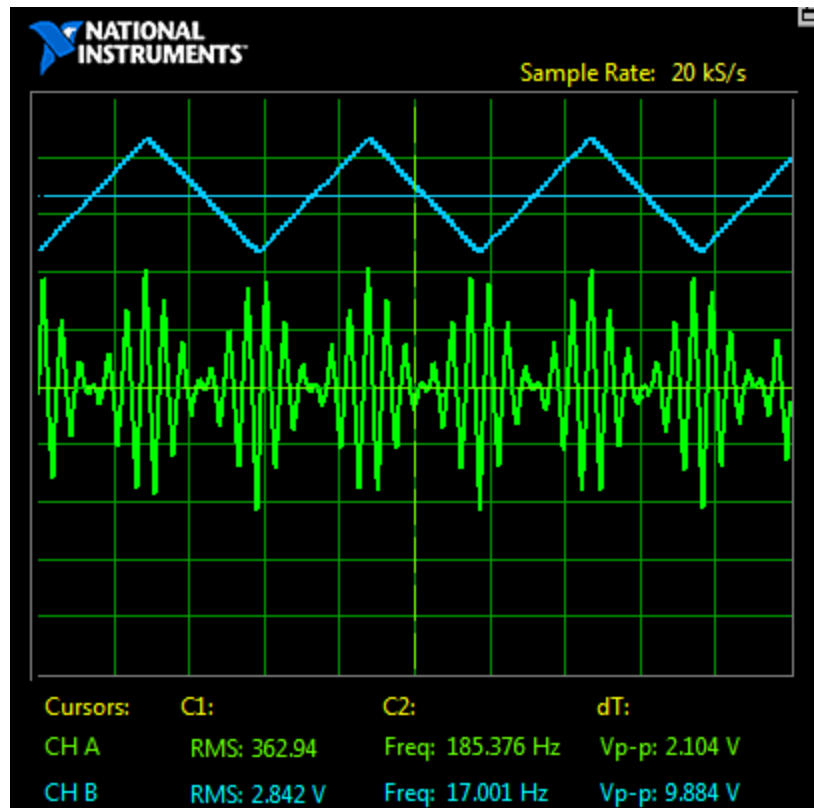


Figura 4.17 Información señal triangular - Portadora señal triangular.

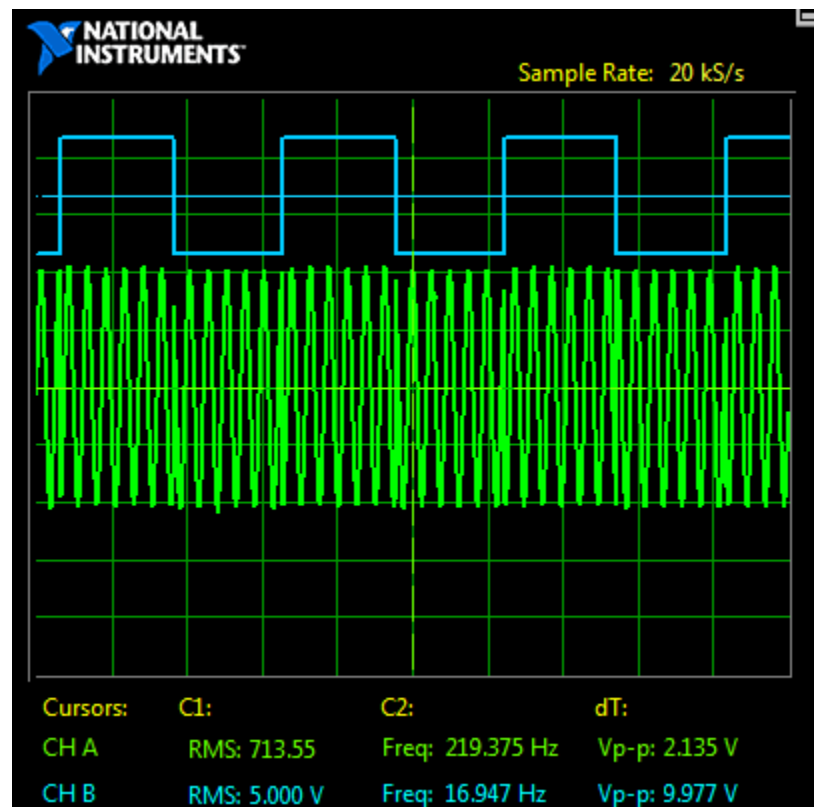


Figura 4.18 Información señal cuadrada - Portadora señal senoidal.

También dentro de las funciones del software de Ni Elvis se cuenta con la capacidad de analizar las señales observando su espectro de frecuencias para esto se tomó muestra a señal portadora senoidal y se cambiará el tipo de la señal de información a diente de sierra. Esto se puede observar en la figura 4.19.

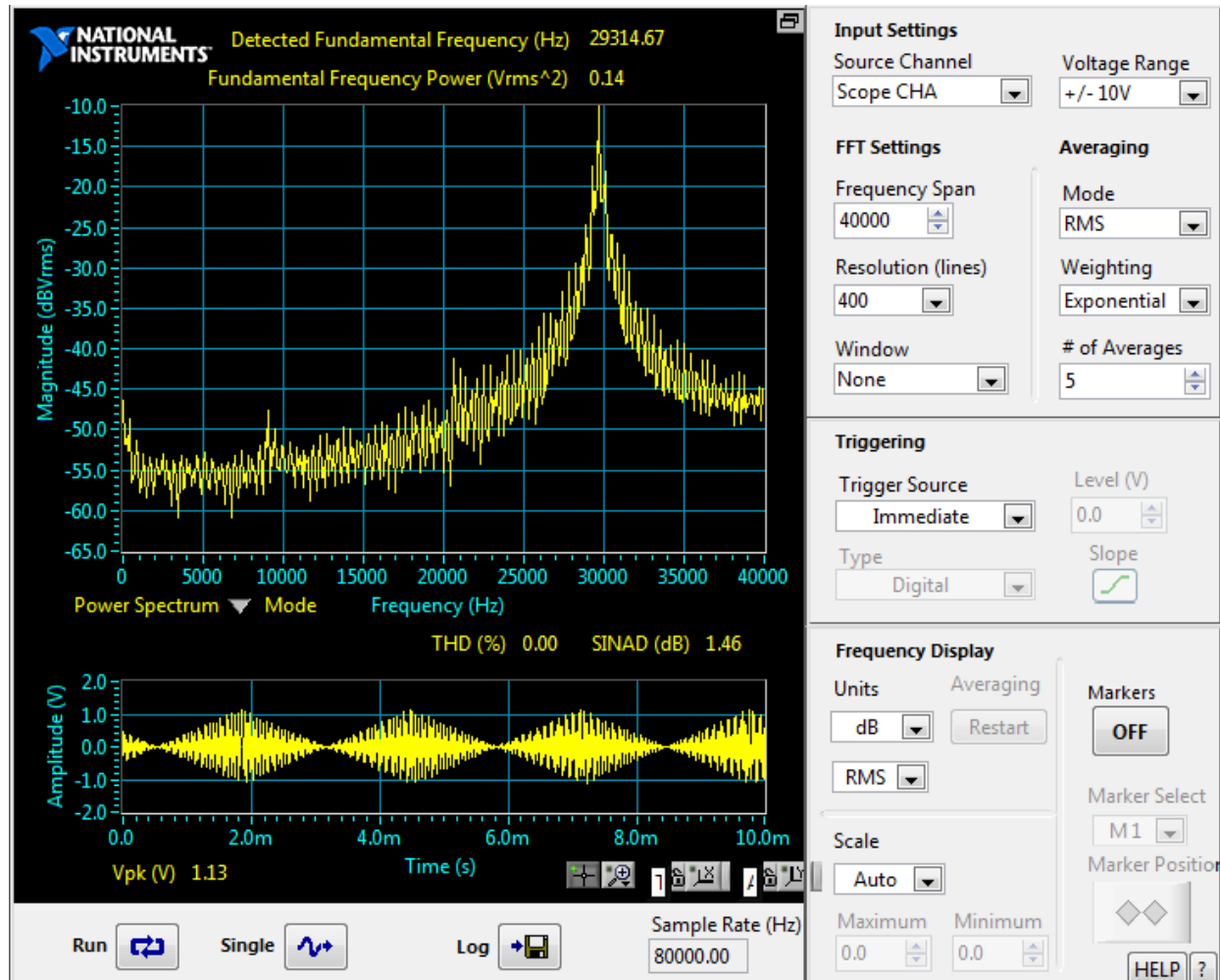


Figura 4.19 Analizador de señales NI ELVIS

Donde nos puede arrojar datos de las componentes de frecuencia de la señal así como también la señal que se está analizando, esta opción es de gran importancia para el análisis de armónicos y afectaciones o distorsiones en las señales (ruido).

4.3 Demodulador de AM en NI ELVIS

Para realizar la demodulación se decidió utilizar elementos pasivos, que aunque ocasionen pérdida de amplitud de la señal permite de una manera rápida y de bajo costo implementar un

filtro pasa bajas que hará la función de demodular la señal AM, para este objetivo se emplea el siguiente circuito basado en una resistencia y un capacitor, la conexión se muestra en la figura 4.20.

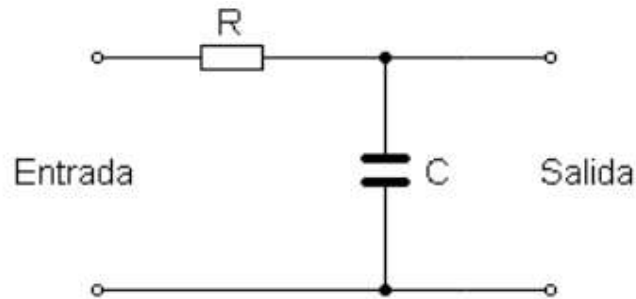


Figura 4.20 Filtro pasa bajas con elementos pasivos.

Para el diseño de este filtro se utiliza la siguiente fórmula:

$$F_c = \frac{1}{2*\pi*R*C} \quad (23)$$

Donde:

F_c = Frecuencia de corte.

R = Resistencia.

C = Capacitor.

Así partiendo de esta fórmula y asignando valores al capacitor y determinando la frecuencia de corte, se despeja R para obtener el valor de la resistencia y la fórmula se transcribe de la siguiente forma:

$$R = \frac{1}{2*\pi*F_c*C} \quad (24)$$

Si,

$$F_c = 1500 \text{ Hertz}$$

$$C = 0.1 \mu\text{F}$$

Entonces el valor de es:

$$R = 1061 \Omega$$

El valor próximo de una resistencia comercial es de 1 k Ω , es el elemento pasivo que se utiliza.

Para determinar el funcionamiento de filtro se procede a conectar a la señal modulada generada por el circuito integrado AD633, en la figura 4.21 y 4.22 se muestra la conexión física realizada en el protoboard integrado de NI ELVIS. Por medio del software de NI ELVIS y el osciloscopio virtual con el que cuenta se obtienen los gráficos, partiendo de una señal portadora senoidal, y diferentes tipos de señales de información, esto se puede analizar observando las figuras 4.23, 4.24, 4.25 y 4.26.

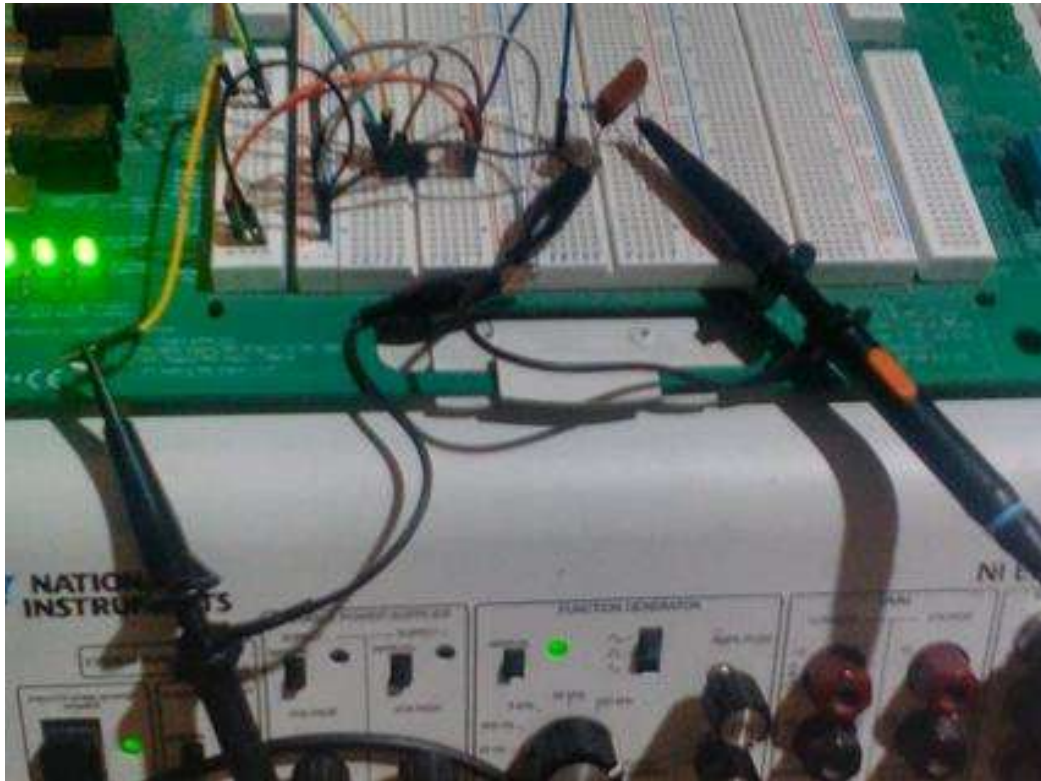


Figura 4.21 Visualización del hardware implementado en NI ELVIS.

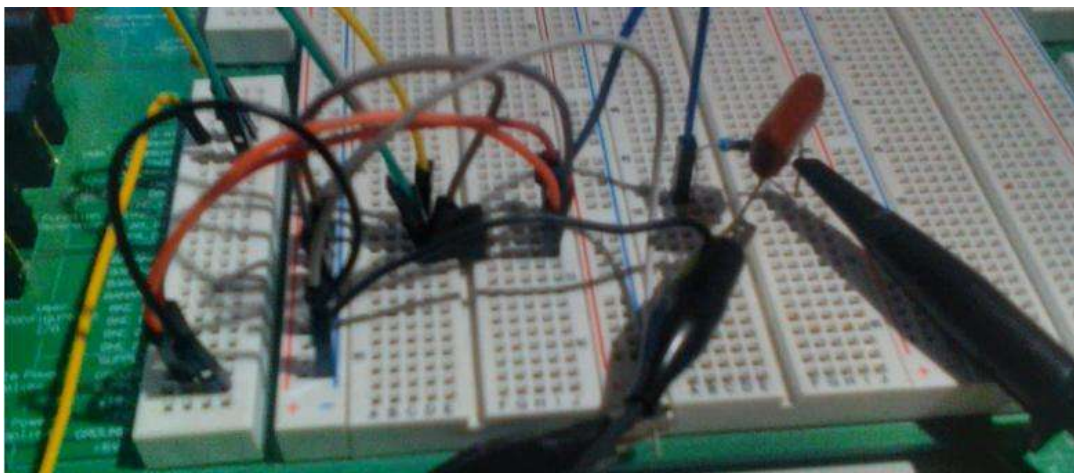


Figura 4.22 Circuito de modulación y filtro pasa bajas pasivo.

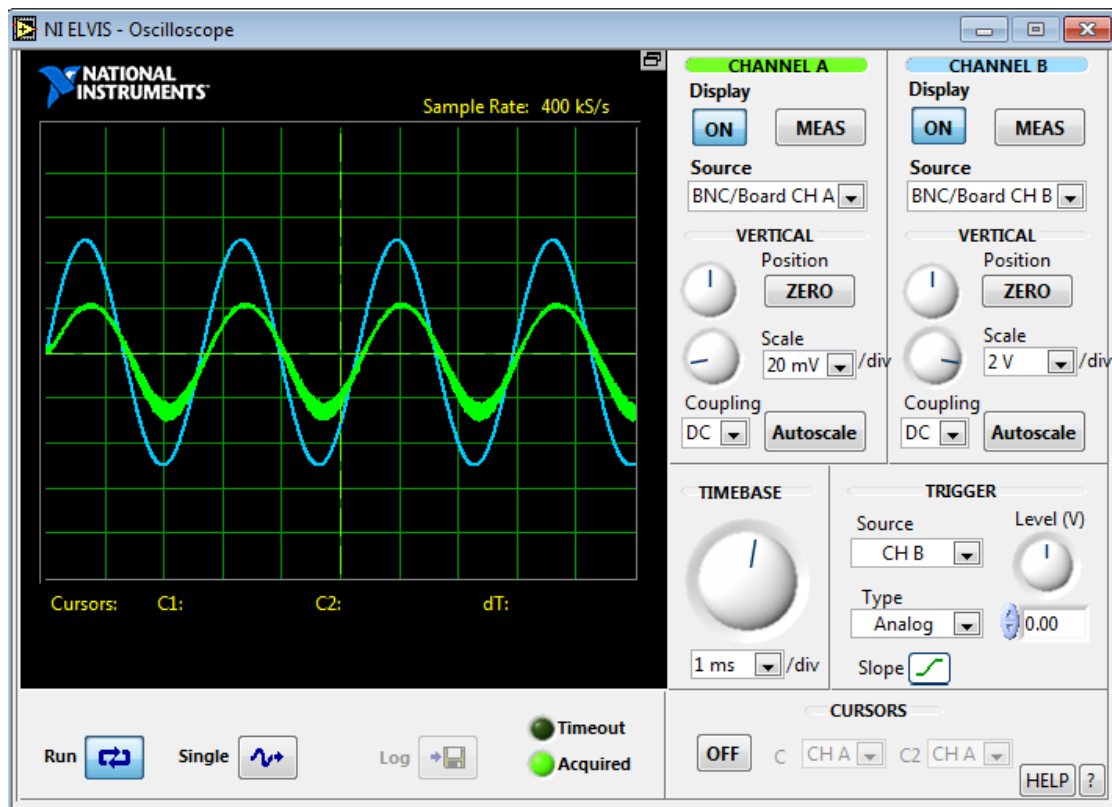


Figura 4.23 Señal filtrada de tipo senoidal.

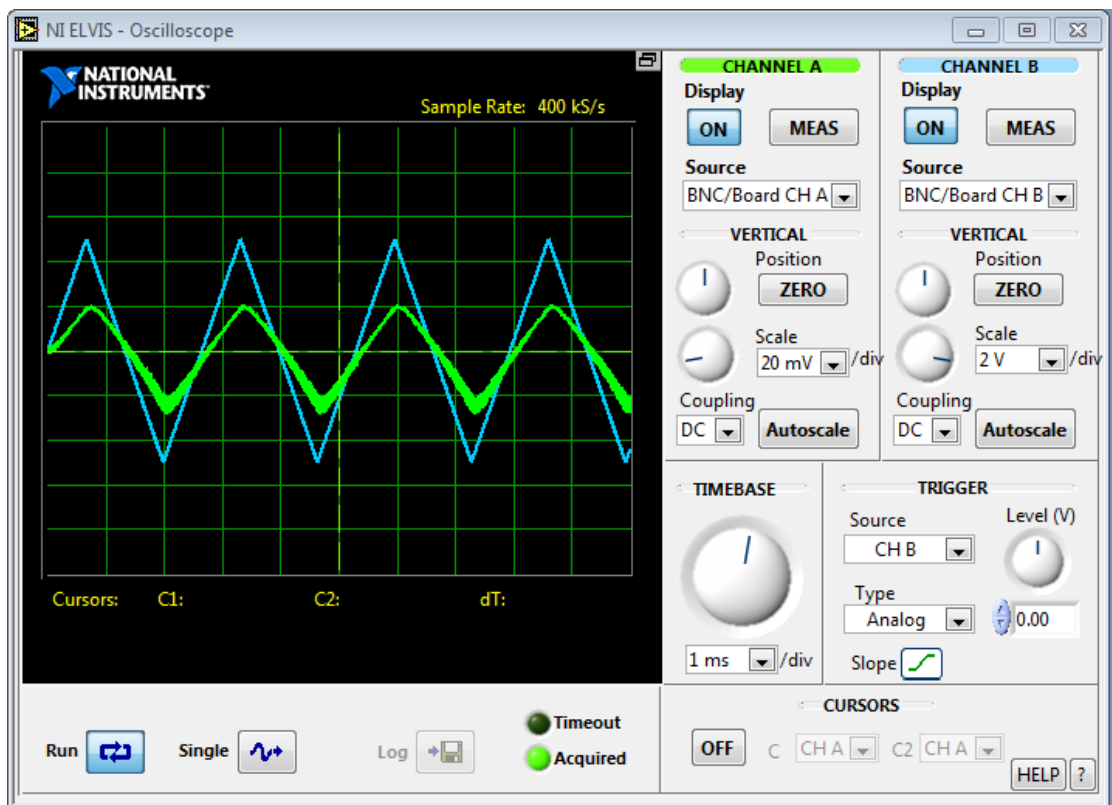


Figura 4.24 Señal filtrada de tipo triangular.

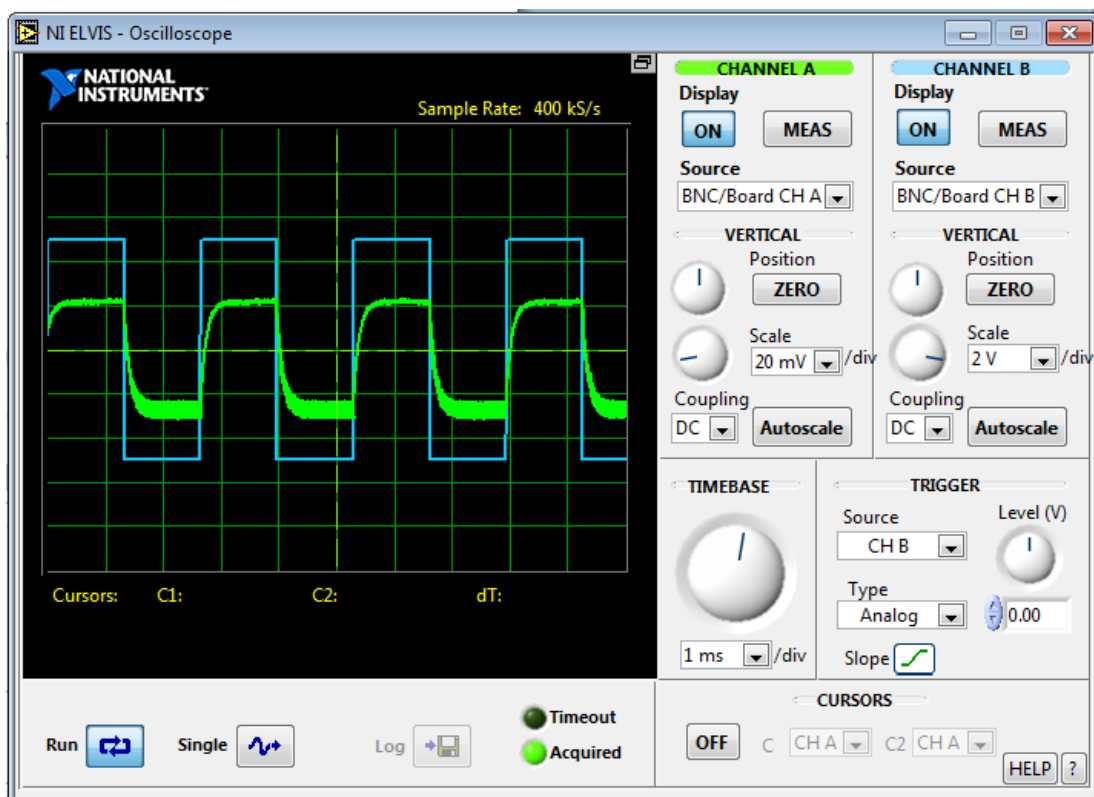


Figura 4.25 Señal filtrada de tipo cuadrada.

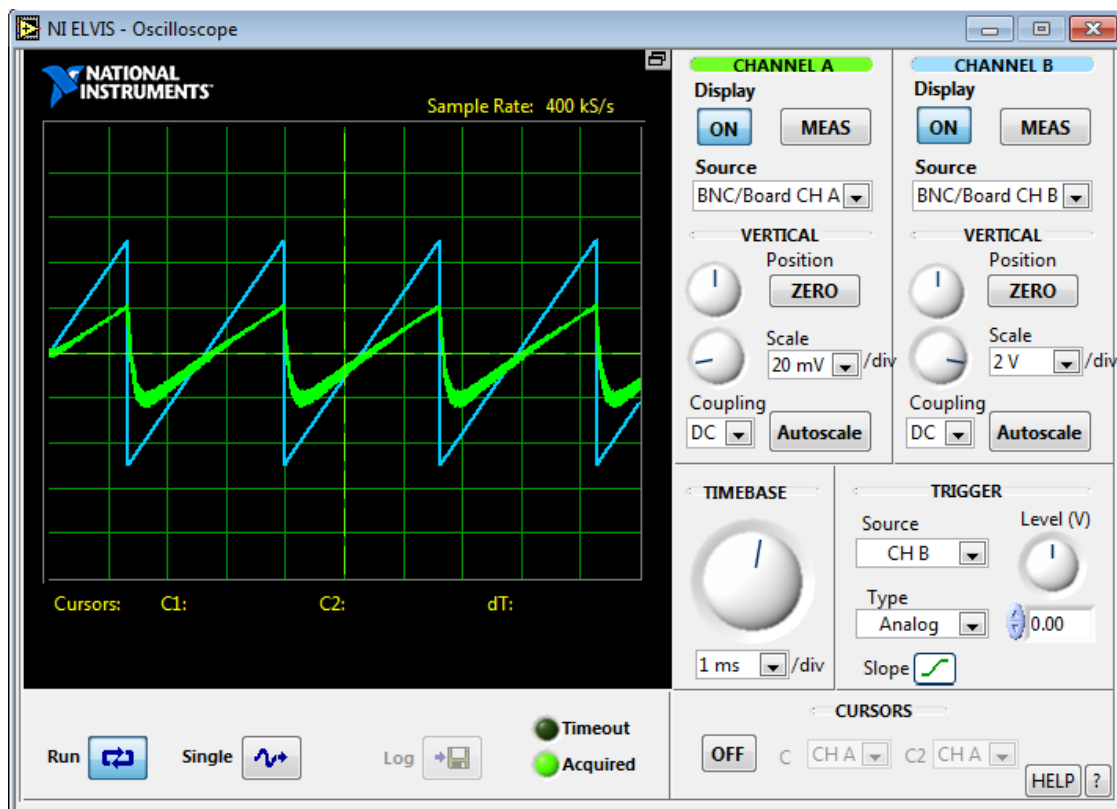


Figura 4.26 Señal filtrada de tipo diente de sierra.

4.4 Creación de una modulación en AM sin circuito integrado por medio de LabVIEW y NI ELVIS.

Ya que a veces resulta complicada la obtención de diversos circuitos integrados para el desarrollo de proyectos, NI ELVIS en combinación con LabVIEW nos permite realizar las funciones de dichos circuitos integrados. Para ello se debe considerar el proceso que dicho circuito realiza, y mediante una adecuada programación es posible evitar de la dependencia de un circuito integrado. En esta sección se realiza también una modulación en AM pero sin la necesidad de utilizar el circuito integrado de multiplicación de cuatro cuadrantes.

Para realizar este proceso es necesario conocer al detalle lo que se desea realizar, y de nuevo las ventajas de LabVIEW nos ayudan a obtener el objetivo, el entorno gráfico de programación permite realizar la simulación del proceso deseado, que en este trabajo en la sección 3.5 se muestra, y de una manera relativamente sencilla, mediante un bloque que nos conecta con NI ELVIS es posible evitar el uso de un circuito integrado.

Para la modulación en AM se llevó a cabo el siguiente diagrama de bloques mostrado en la figura 4.27.

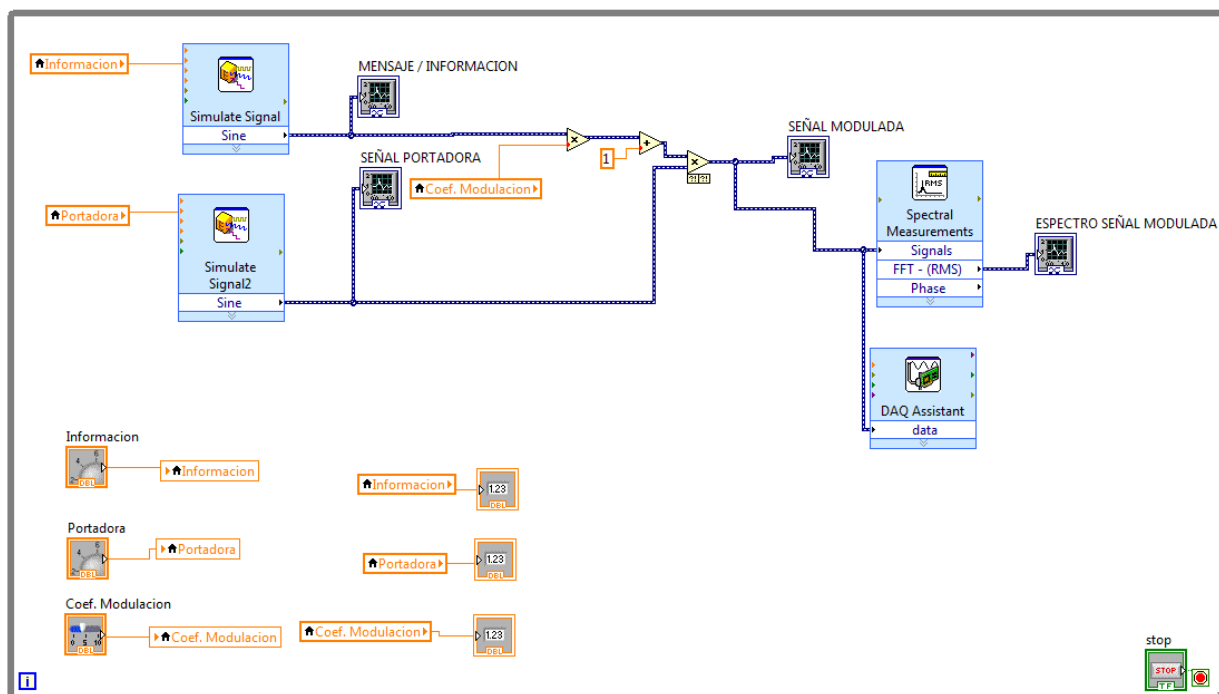


Figura 4.27 Script de programación en diagramas de bloques para modulación AM.

Este script nos arroja el siguiente panel frontal mostrado en la figura 4.28.

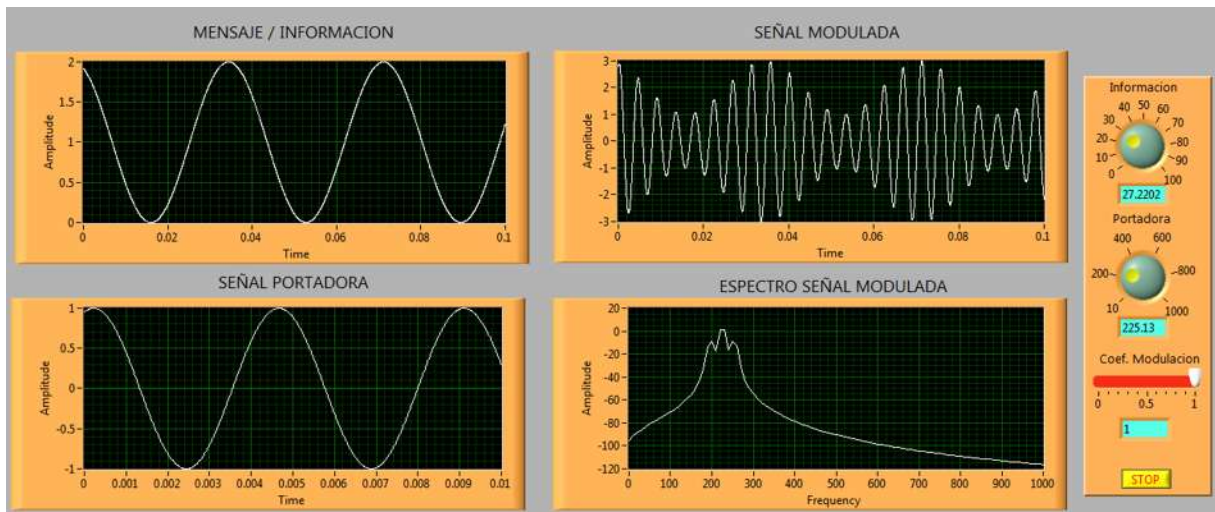


Figura 4.28 Pánel frontal del proyecto de modulación AM.

Dentro de las características con el que cuenta este esquema de simulación e implementación por medio de la NI ELVIS, se tiene control de la frecuencia tanto de la señal de información así como también de la señal portadora, se puede manipular el coeficiente de modulación y se observa cómo es modificada la señal modulada de igual manera es posible cambiar el tipo de señal por medio de variar algún parámetro en los bloques del programa, en nuestro caso solo se pretende demostrar la funcionalidad con una onda de tipo senoidal, también se cuenta con un analizador espectral que nos arroja un gráfico en el dominio de la frecuencia y que nos permite observar los armónicos con el que cuenta la señal si se pretende un análisis más detallado. Y la conexión realizada entre la salida de NI ELVIS y su osciloscopio es tan simple que solo es un cable de la salida analógica a su entrada de la misma, como se muestra en la figura 4.29.

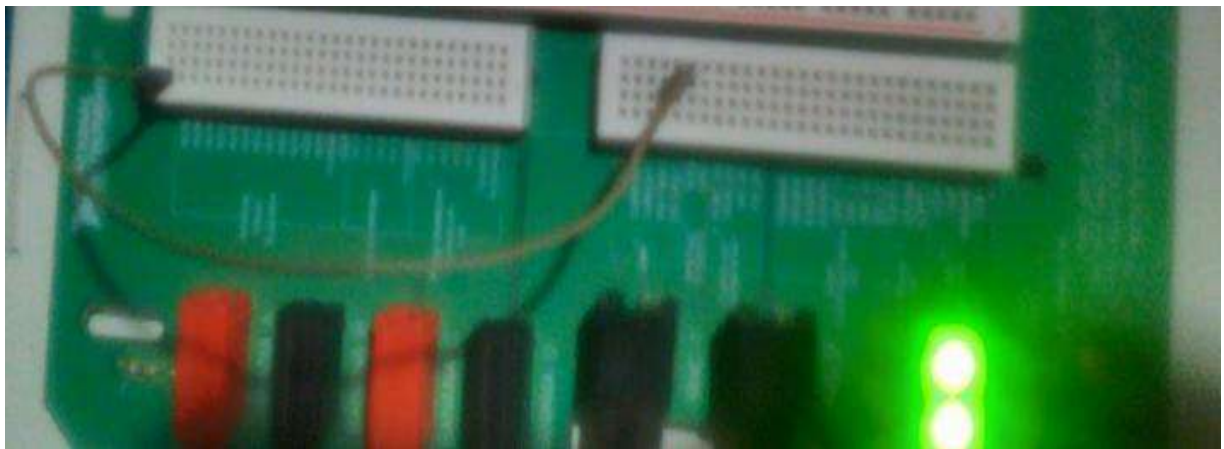


Figura 4.29 Conexión de la NI ELVIS entre la salida analógica y osciloscopio integrado.

Así y de nuevo aprovechando las ventajas y utilidades de la NI ELVIS en las figuras 4.30, 4.31, 4.32 se muestra el resultado obtenido en el osciloscopio con el que cuenta NI ELVIS y que nos permita corroborar el resultado obtenido.

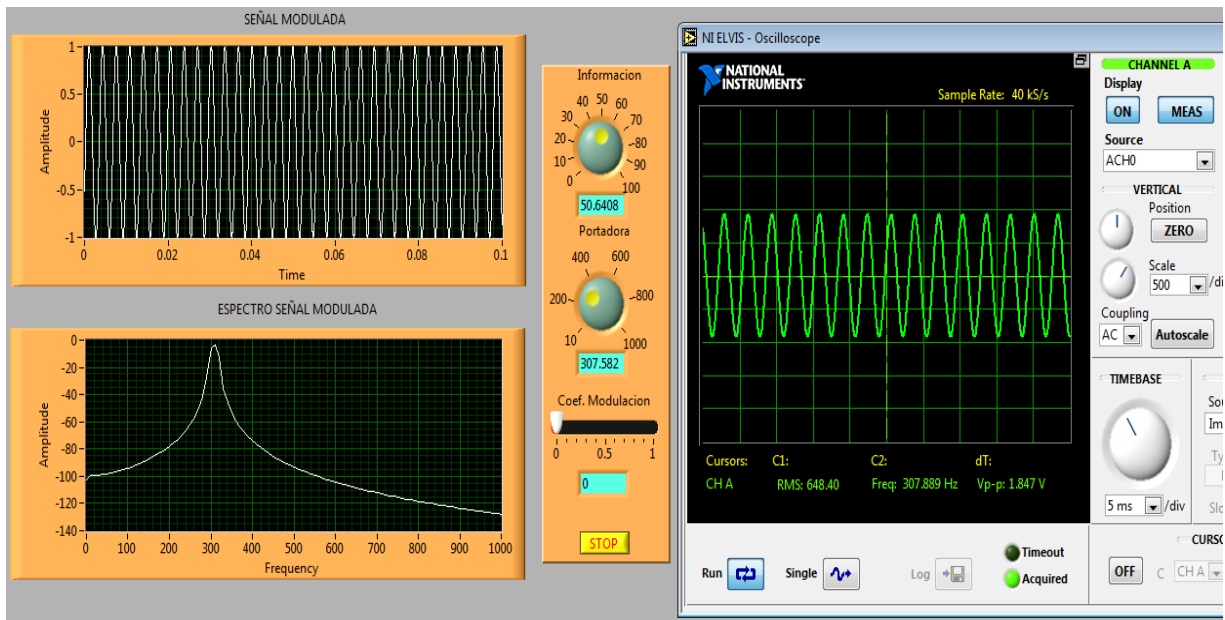


Figura 4.30 Comparación señal modulada y osciloscopio con coeficiente de modulación de 0%.

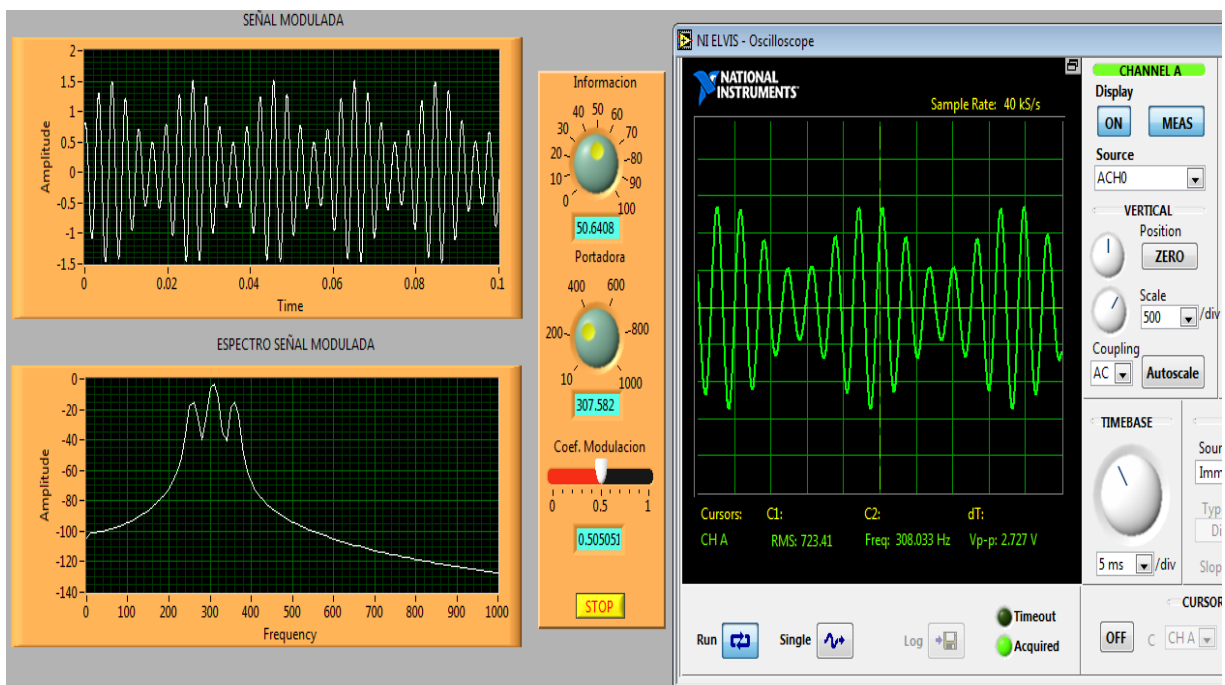


Figura 4.31 Comparación señal modulada y osciloscopio con coeficiente de modulación de 50%.

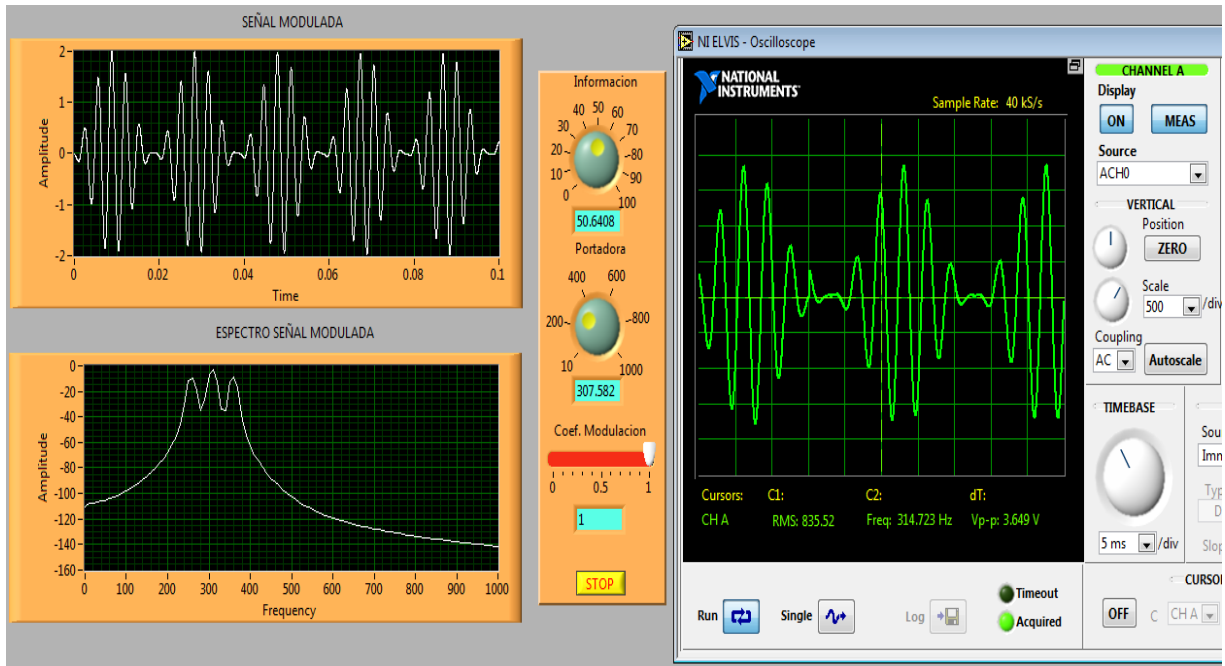


Figura 4.32 Comparación señal modulada y osciloscopio con coeficiente de modulación de 100%.

En la figura 4.30 en el gráfico del espectro de la señal observamos solo un pico, debido a que no existe una modulación solo se observa la señal de la portadora, de modo que si no hay señal de información o modulación, permanece la señal portadora (onda sinusoidal pura) con amplitud constante. Esto matemáticamente se representa de la siguiente forma:

$$y(t) = [A_c + A_1x(t)] \cos(2\pi f_c t) = A_c [1 + mx(t)] \cos(2\pi f_c t) \quad (24)$$

Donde:

A_c y A_1 = Son la amplitud de la señal, y a que a la vez definen el índice de modulación.

f_c = Es la frecuencia de la portadora.

$$m = \frac{A_1}{A_c} = \text{Índice de modulación.} \quad (25)$$

Si la máxima componente espectral de $x(t)$, es mucho menor que f_c , y $A_c > A_1x(t)$ el aspecto de la envolvente es idéntico al de la señal de la portadora $x(t)$.

En el otro caso que se muestra en las figuras 4.31 y 4.32 tenemos que:

$$\begin{aligned} y(t) &= A_c [1 + m \cos(2\pi f_m t)] \cos(2\pi f_c t) = \\ &= A_c \cos(2\pi f_c t) + \frac{m}{2} A_c [\cos 2\pi(f_c - f_m) * t + \cos 2\pi(f_c + f_m) * t] \end{aligned} \quad (26)$$

La señal modulada tiene tres componentes de frecuencias diferentes:

- La frecuencia de la portadora f_c .
- La frecuencia de la señal moduladora “montada” encima de portadora, $f_c + f_m$.
- La frecuencia de la señal moduladora “montada” debajo de portadora, $f_c - f_m$.

Por tanto, el ancho de banda de una señal AM por medio de una modulación en la frecuencia f_m es:

$$B_T = 2 f_m. \quad (26)$$

Donde:

B_T = Es ancho de banda .

f_m = Frecuencia modulada.

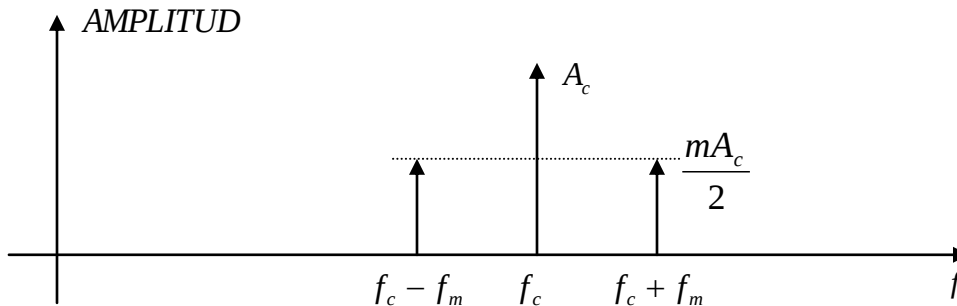
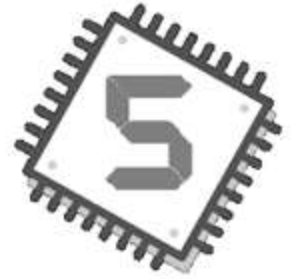


Figura 4.33 distribución de el espectro electromagnético de una señal de AM.

Según la transformación de Fourier, toda señal puede suponerse formada por la contribución de todas las frecuencias, cada una en una cuantía distinta. El efecto que le hará una modulación AM a cualquier componente de frecuencia será el mismo que el que le hace a un tono particular. [25]

En general, el espectro de la señal modulada AM, la parte de espectro por encima de la portadora se llama banda lateral superior, y su aspecto es idéntico al espectro de la señal moduladora, pero desplazada en frecuencia un valor f_c . Mientras que la parte de espectro por debajo de la portadora se llama banda lateral inferior, y su espectro está invertido respecto a la banda lateral superior (o a la banda base). El espectro de la señal AM es simétrico respecto a la frecuencia de la portadora f_c . La simetría es par en el módulo e impar en la fase. La información está duplicada y cada banda lateral contiene exactamente la misma información que la señal moduladora (banda base). [25]

CAPÍTULO



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La implementación de proyectos en entornos didácticos como NI ELVIS son de mayor atractivo tanto de manera didáctica así como práctica, ya que al tener cierta facilidad para desarrollar proyectos, permite enfocar la atención en las herramientas con el que cuenta este entorno. Además de poder establecer conexión con el software de LabVIEW y su entorno gráfico de programación, da la posibilidad de desarrollar procesos complejos de una manera relativamente sencilla, a causa de que LabVIEW posee bloques que resumen funciones complejas en simples controles de datos, y por medio de diversos medios tanto de control como de adquisición de datos, como son las DAQ, FPGA, micro-controladores, arduinos, etc.

Analizando las ventajas y desventajas de estas plataformas se concluye lo siguiente:

➤ Ventajas

- Facilidad para desarrollar y controlar procesos que por otros medios resultan complejos.
- Se cuenta con un medio de programación sencillo e intuitivo con amplio soporte del desarrollador NI.
- NI ELVIS cuenta con una versatilidad para tener diferentes medios que facilitan la transmisión y adquisición de datos.
- El uso de estas plataformas es usado en la industria, por que desarrollar proyectos genera cierta experiencia y conocimientos necesarios que si pueden ser utilizados en un futuro.
- Variedad de aplicaciones que permiten implementar simulaciones, ahorrando tiempo de diseño y costos de producción por posibles fallas en componentes.
- Respaldo de una empresa de renombre para soporte y distribución de elementos compatibles con los productos de NI.

- Multifuncionalidad en la tarjeta NI ELVIS, evitando adquirir un mayor número de equipos para desarrollar proyectos, generando un ahorro de recursos de interfaces.
- Mayor velocidad para implementación en el laboratorio.
- Mejor nivel de entendimiento de un proceso determinado.
- Disminución de fallas ya que se tiene una simulación previamente desarrollada.
- Mejoría en la interacción entre un usuario y el proyecto para su comprensión, facilidad para el análisis a más detalle y menor número de conexiones.

➤ Desventajas:

- Alto costo en cuanto al precio del software y del equipo para el desarrollo de proyectos.
- Se necesita equipo de cómputo de alto nivel para tener un mayor rendimiento en el equipo y el desarrollo del software.
- Diversos errores en cuanto a los drivers, que son ocasionados ya sea por el software o por el equipo de cómputo que no sea el adecuado.
- Los elementos que componen las conexiones de la estación NI-ELVIS resultan poco estéticos a la vista y de cierta dificultad de remplazo en caso de mal funcionamiento o pérdida.
- Poca información o información en otro idioma de versiones anteriores en cuanto a las tarjeta NI ELVIS. Esto por causa de que la empresa fabricante NI, ha sacado versiones recientes de la estación de trabajo, desplazando en este caso al modelo NI-ELVIS I que fue con el que se trabajo.
- No aplicable para desarrollo de proyectos con fines de lucro, solo laboratorio y pruebas

Así se determina que las ventajas son mayores en comparación a las desventajas, el trabajo en estas plataformas es más versátil y atractivo, y en un mismo dispositivo tener diversas funciones, esto genera que desarrollar proyectos tanto para realizar simulación o llevarlo a una implementación con hardware y controlarse por medio de software, sea ayuda y que todo se englobe en un sistema ya en vez de realizar un enfoque a diversos métodos tanto de programación como de implementación con hardware, así es posible hacer un enfoque a un lenguaje y método, evitando enredar conocimientos con otras metodologías. Concluyendo que para temas didácticos NI ELVIS y LabVIEW permite facilitar el entendimiento de procesos y evitar o comprender el uso de “cajas negras” como son los circuitos integrados, ya que en

ocasiones solo se busca en estos circuitos la manera en que se deben conectar y no se analiza la función que realizan.

La estación NI-ELVIS como medio para transmitir conocimiento, brinda un amplio entorno de posibilidades para desarrollar proyectos y hacer esquemas de información y de análisis, que permita a los estudiantes, comprender más fácil un proceso en específico que se quiera analizar. Se debe promover su uso para el remplazo de circuitos integrados que sean difíciles de conseguir o de un alto costo, haciendo que el estudiante, simule el proceso y que esto a la vez haga más fácil comprender la teoría que se da en clases, esto hace un entendimiento más completo, que a punto de vista personal, facilitaría en mayor medida algunos temas que llegan a tener un alto grado de dificultad para comprender teóricamente, y que por falta de un equipo o interfaz adecuada, no se pueden demostrar más ampliamente en un laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

[01]... <https://sistemascomunic.wordpress.com/sistemas-de-comunicacion/>

Fecha última consulta: 07/02/2019

[02]... <https://concepto.de/cuales-son-elementos-de-la-comunicacion/>

Fecha última consulta: 07/02/2019

[03]... <https://sistemascomunic.wordpress.com/sistemas-de-comunicacion/>

Fecha última consulta: 07/02/2019

[04]... <https://www.timetoast.com/timelines/evolucion-de-la-comunicacion-y-sus-medios-ad353e04-6495-4fc1-8bc2-261e90490b3a>

Fecha última consulta: 07/02/2019

[05]... https://www.ea1uro.com/eb3emd/Telegrafia_hist/Telegrafia_hist.htm

Fecha última consulta: 07/02/2019

[06]... <https://es.wikipedia.org/wiki/Shofar>

Fecha última consulta: 07/02/2019

[07]... Sistemas de comunicaciones electrónicas. Wayne Tomasi
Cuarta edición. Editorial Prentice Hall

[08]... <https://espaciociencia.com/quien-invento-el-telefono/>

Fecha última consulta: 07/02/2019

[09]... <https://socialesoakhouse.wordpress.com/2013/01/04/el-telegrafo/>

Fecha última consulta: 07/02/2019

[10]... <https://prezi.com/qa2ggz0u482u/diagrama-de-bloques-de-un-sistema-de-comunicacion/>

Fecha última consulta: 07/02/2019

[11]... <https://www.monografias.com/docs114/elementos-sistema-telecomunicaciones/elementos-sistema-telecomunicaciones.shtml>

Fecha última consulta: 07/02/2019

[12]... [https://es.wikipedia.org/wiki/Ruido_\(comunicacion\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Ruido_(comunicacion))

Fecha última consulta: 08/02/2019

[13]... [https://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_\(telecomunicacion\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_(telecomunicacion))

Fecha última consulta: 08/02/2019

[14]... <https://mx.depositphotos.com/33166643/stock-illustration-electronic-components.html>

Fecha última consulta: 08/02/2019

[15]... http://ingenieroandreotti.blogspot.com/2015/08/que-es-el-ber-bit-error-rate_21.html

Fecha última consulta: 08/02/2019

[16]... <https://es.slideshare.net/oferrero/modulaciondigital>

Fecha última consulta: 08/02/2019

[17]... http://www.academia.edu/29037832/Instituto_polit%C3%A9cnico_nacional_Modulaci%C3%B3n_digital_ALUMNO_

Fecha última consulta: 09/02/2019

[18]... http://13100650-lesg.mex.tl/2197354_Modulacion.html

Fecha última consulta: 09/02/2019

[19]... <https://teoriadelatelecomunicaciones.wordpress.com/unidad-2-tecnicas-de-modulacion/>

Fecha última consulta: 09/02/2019

[20]... <https://es.slideshare.net/JuanHerreraBenitez/digital-analogo>

Fecha última consulta: 09/02/2019

[21]... <http://www.udb.edu.sv/udb/archivo/guia/electronica-ingenieria/sistemas-de-comunicacion-ii/2013/ii/guia-5.pdf>

Fecha última consulta: 09/02/2019

[22]... <https://www.textoscientificos.com/redes/modulacion/ask>

Fecha última consulta: 09/02/2019

[23]... <http://www.ni.com/es-mx/shop/labview.html>

Fecha última consulta: 09/02/2019

[24]... <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ad633.pdf>

Fecha última consulta: 09/02/2019

[25]... <https://www.esi.uclm.es/www/isanchez/comdatos0910/tema3.doc>

Fecha última consulta: 10/02/2019

GLOSARIO

NI	National Instrument.
NI-ELVIS	NI – Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite.
LabVIEW	Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench.
AM	Amplitud Modulada.
FM	Frecuencia Modulada.
ASK	Amplitude Shift Keying.
FSK	Frequency Shift Keying.
PSK	Phase Shift Keying.
BER	Bit Error Rate.
Hz	Hertz.
CPS	Ciclo Por Segundo.
K	Kilo.
M	Mega.
G	Giga.
RF	Radio Frecuencia.
CD	Corriente Directa.
FI	Frecuencia Intermedia.
PSTN	Public Switched Telephone Network.
LED	Light Emitting Diode.
VI	Virtual Instrument.
DAQ	Data Acquisition.
FPGA	Field Programmable Gate Array