

LABORATORIO DE TEORÍA DE COMUNICACIONES 1 – PARTE PRÁCTICA**TEMA: MODULACIÓN EN AMPLITUD****2024**

HOJA DE LABORATORIO 5

¹ MODULACIÓN EN AMPLITUD

Integrantes

NOMBRES Y APELLIDOS	CÓDIGO	GRUPO
Christopher Orlando Terrones Peña	20182048	1
Salvador Yábar Reaño	20200408	1

ACTIVIDADES		PUNTAJE
Experiencia 1	Modulación en amplitud - AM	4 puntos
Experiencia 2	Demodulación AM	2 puntos
Experiencia 3	Modulación y demodulación AM de audio	1 punto
Conclusiones y Observaciones		1 punto

CORREGIDO POR	NOTA
<i>Nombre del JP</i>	0.0/8.0



El contenido de esta guía es de carácter estrictamente personal y aplicable solo para el curso de Teoría de Comunicaciones 1 (TEL133). Cualquier tipo de plagio será sancionado de acuerdo con el reglamento disciplinario de la PUCP.

7

¹ **NOTA IMPORTANTE: CONSULTE A LOS JEFES DE PRÁCTICA ANTE CUALQUIER DUDA SOBRE EL MANEJO DE LOS EQUIPOS Y LAS CONEXIONES.**

EXPERIENCIA 1: Modulación en amplitud - AM (4 puntos)



Objetivo de aprendizaje: Analizar la técnica de modulación en amplitud (AM) mediante la medición de sus parámetros.

Indicaciones:

1.1 Implemente el diagrama de la figura 1.

SOLICITE LA VERIFICACIÓN DEL JP ANTES DE ENERGIZAR EL MÓDULO.

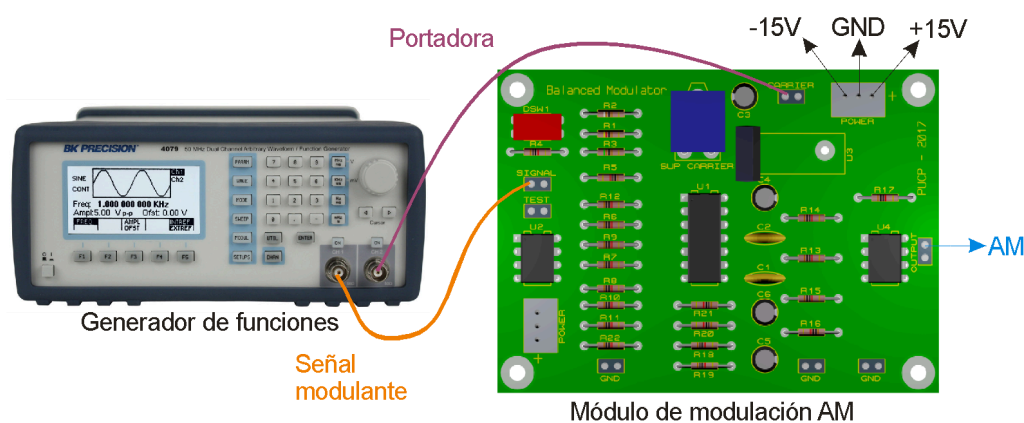


Figura 1. Diagrama de conexiones AM.

- 1.2 En el canal 1 del generador de señales configure la señal moduladora con los siguientes parámetros: sinusoidal de 2 kHz, 2 Vpp y 2 Volts de offset.
- 1.3 En el canal 2 del generador de señales o del otro generador configure la señal portadora con los siguientes parámetros: sinusoidal de 50 kHz y 0.5 Vpp.
- 1.4 Verificar la correcta generación de ambas señales visualizándolas en el osciloscopio con la escala adecuada. Insertar las gráficas correspondientes. **(0.5 puntos)**

Tabla 1.

Señal modulante (canal 1) y portadora (canal 2) – Análisis en el tiempo

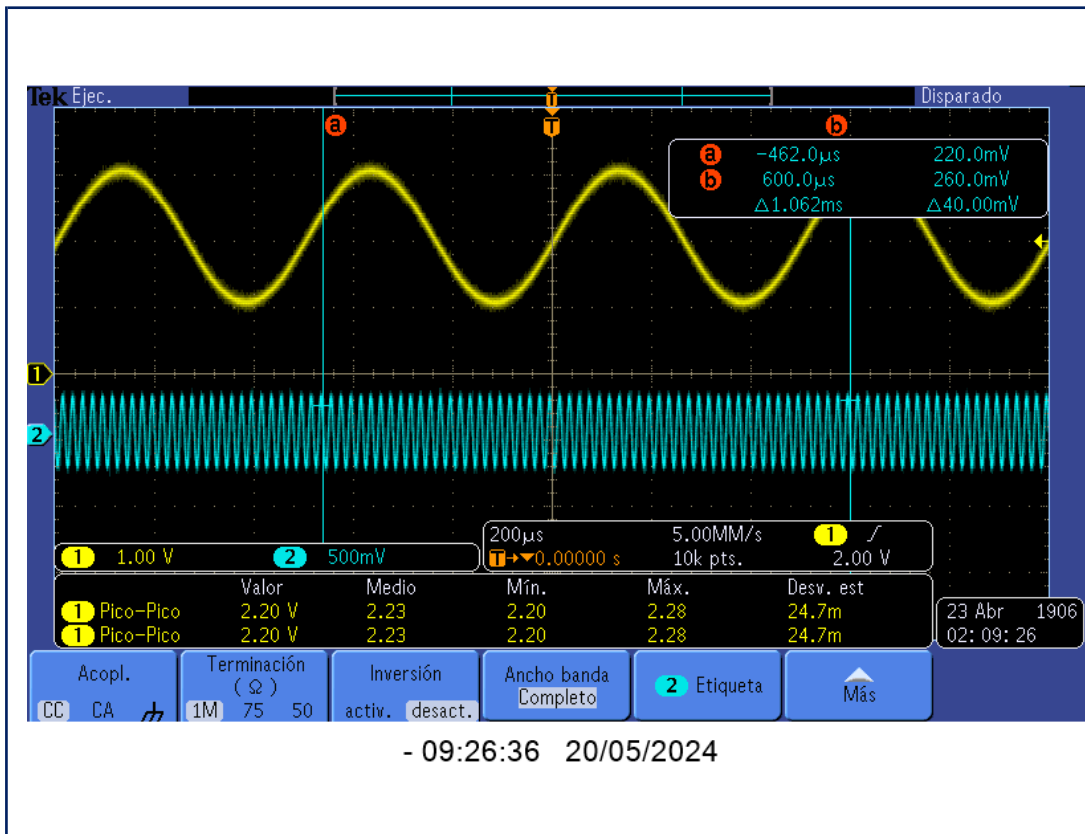
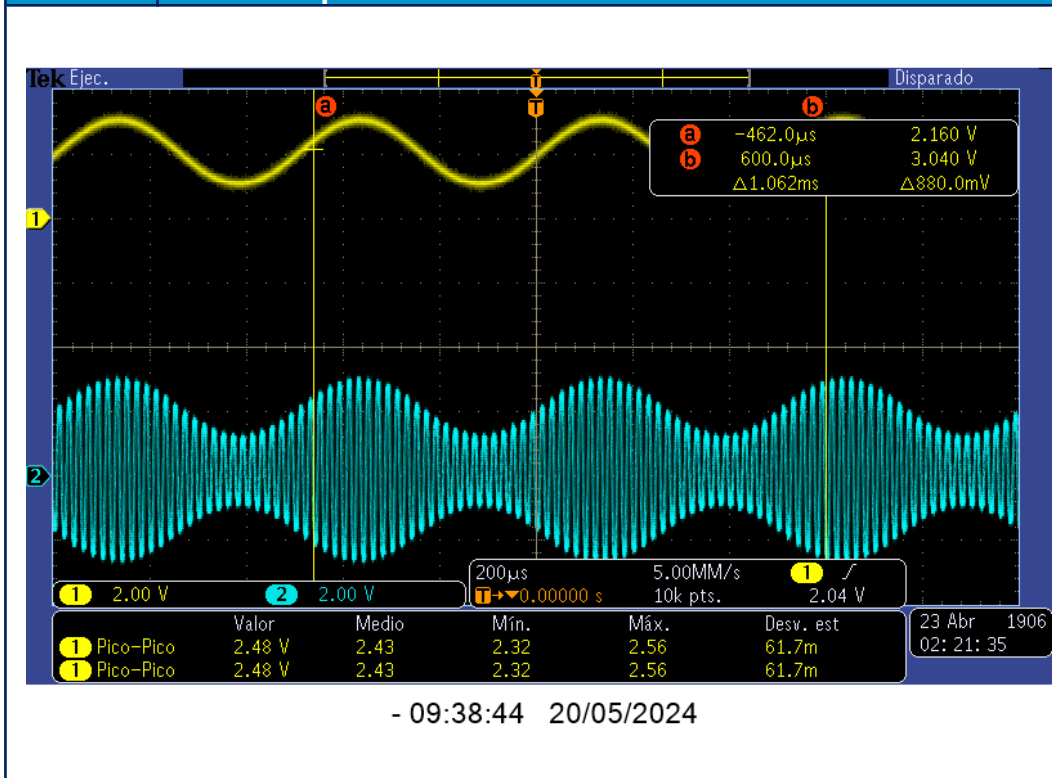


Tabla 2. Señal modulante (canal 1) y señal AM (canal 2) – Análisis en el tiempo



- 1.5 Mencione a qué tipo de modulación AM corresponde. ¿Por qué o para qué se agrega el offset a la señal moduladora? **(0.5 puntos)**

Se trata de AM-DSB-LC, con un índice de modulación ≤ 1 . Se agrega el offset para poder utilizar el circuito de detección por envolvente, ya que este requiere del offset para una demodulación adecuada.

0.25

Etapa de modulación: Permite generar la señal DSB-LC (que exista la portadora)

- 1.6 Con los cursores mida el valor máximo ' D ' y el valor mínimo ' d ' de la señal modulada AM (de acuerdo a lo indicado en la guía teórica). Anote las medidas y realice el cálculo del índice de modulación. **(0.5 puntos)**

$$D = 5.7$$

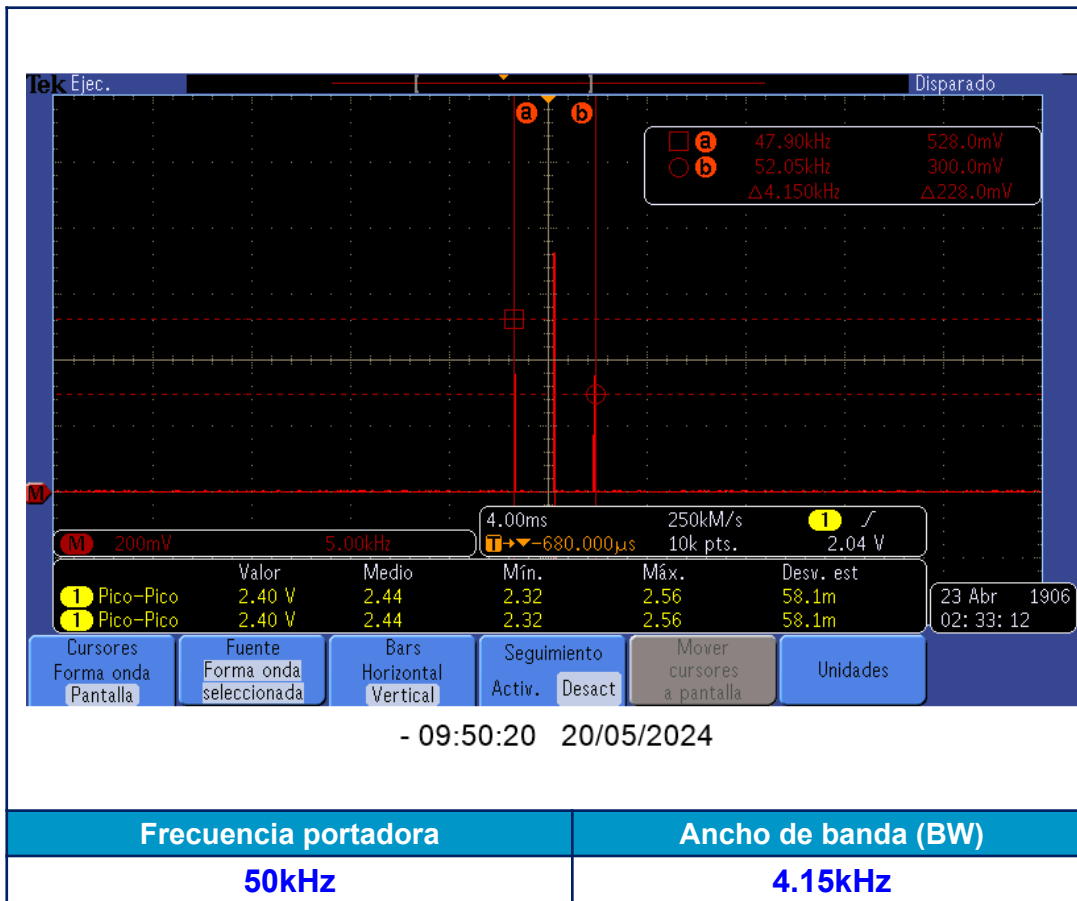
$$d = 2.2$$

$$m = 0.443$$

- 1.7 Obtenga el espectro de la señal AM con la función FFT. Mida con los cursores la frecuencia de la portadora y el ancho de banda. **(0.5 puntos)**

Tabla 3.

Espectro de la señal AM – Análisis en frecuencia



1.8 Explique detalladamente cuál es la relación entre el ancho de banda de la señal a AM y la frecuencia de la señal modulante. **(0.5 puntos)**

En teoría, el ancho de banda de la señal AM es el doble de la frecuencia máxima de la señal modulante. En este caso, al tratarse de un seno de una sola frecuencia, es el doble de la frecuencia (2 kHz). Al medir, obtuvimos una frecuencia ligeramente mayor, lo que puede atribuirse a errores en el instrumento.

Error de medición, escalar mejor para medir con mayor precisión

1.9 Si varía la amplitud y frecuencia de la señal modulante ¿Qué sucede con el ancho de banda y las bandas laterales del espectro? Explique. **(0.5 puntos)**

Si la frecuencia varía, también varía el ancho de banda, ya que esta es el doble de la frecuencia máxima de la señal modulante. Las bandas laterales del espectro se extenderían o acercarían a la componente de la portadora, dependiendo si la frecuencia aumenta o disminuye.

Al variar la amplitud, el ancho de banda no variaría, sin embargo, las bandas laterales del espectro presentarían un cambio en su amplitud.

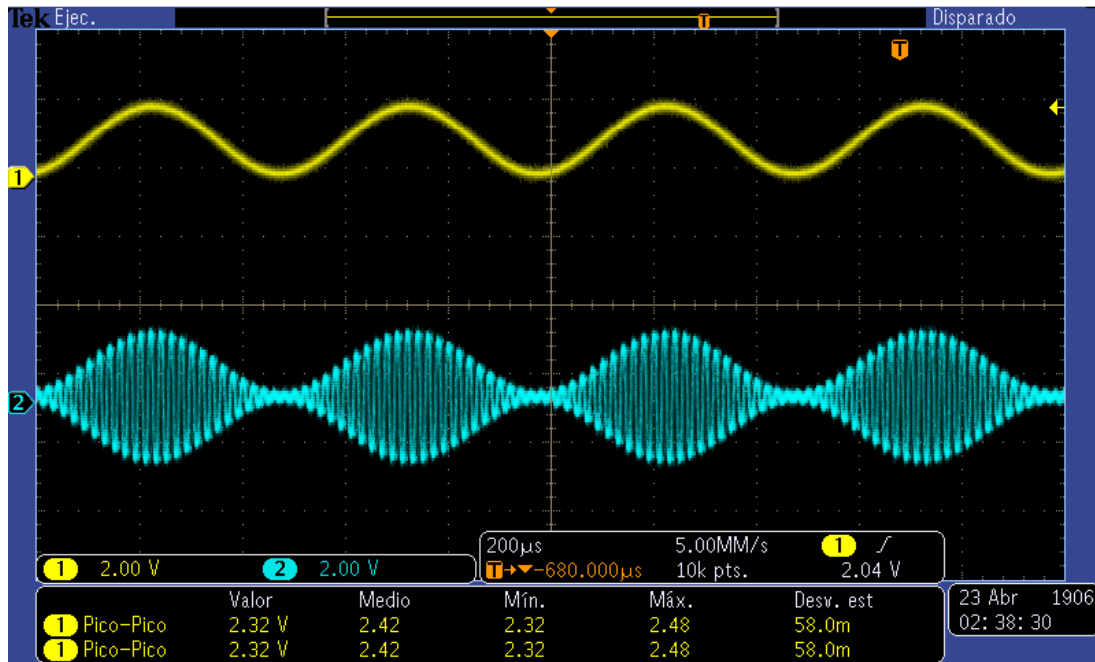
1.10 Observando la señal AM y su espectro, varíe el offset de la señal modulante a los siguientes valores de la tabla 4. **(1.0 punto)**

Tabla 4.	Valores de Offset
(a)	1 V
(b)	0.5 V
(c)	0 V

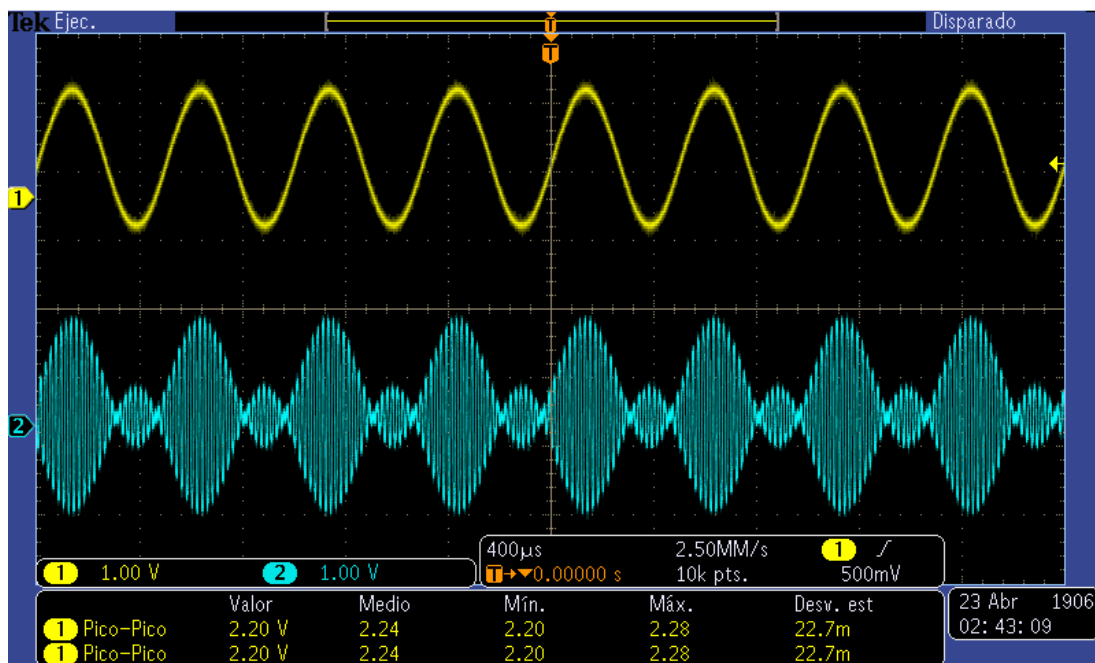
Calcule el índice de modulación para cada caso de la tabla 4 e indique que tipo de modulación AM es según el índice. (Sobremodulada, Submodulada, completamente modulada, AM-DSB-SC, AM-DSB-LC, AM-SSB)

a)	$m = (D-d)/(D+d) = (3.8-0.44)/(3.8+0.44) = 0.79$ Tipo = AM-DSB-LC - Submodulada Si se considerara d tiende a 0 m sería aprox 1
b)	$m = (2.8+0.9)/(2.8-0.9) = 1.9474$ Tipo = AM-DSB-LC - Sobremodulada
c)	$m = \text{infinito}$ Tipo = AM-DSB-SC - Sobremodulada

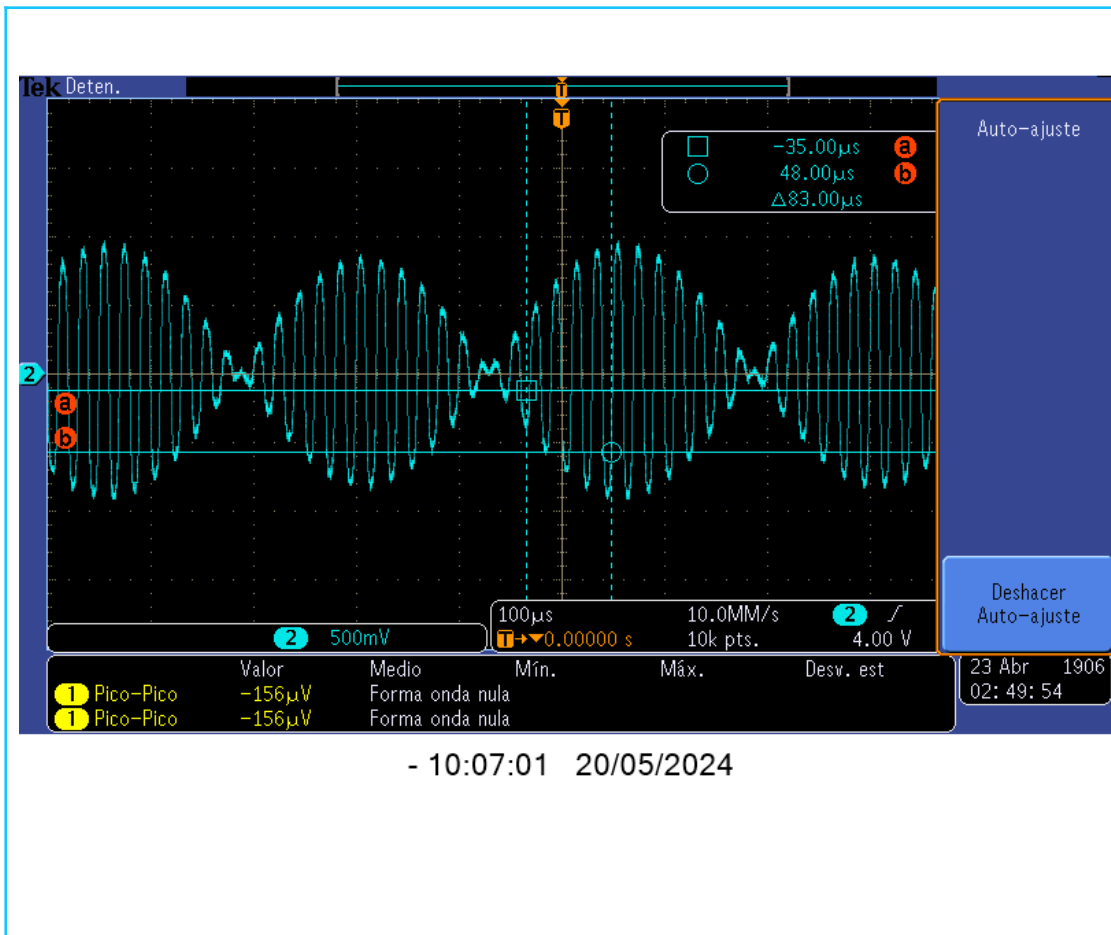
Inserte una captura de pantalla para cada caso.



- 09:55:39 20/05/2024



- 10:00:17 20/05/2024



EXPERIENCIA 2: Demodulación AM (2 puntos)



Objetivo de aprendizaje: Estudiar el proceso de demodulación AM en los dominios del tiempo y la frecuencia.

Indicaciones:

Realice las siguientes configuraciones:

- 2.1 En el canal 1 del generador de señales configure la señal moduladora con los siguientes parámetros: sinusoidal de 5 kHz, 0.75 V_{pp} y 0.5 Volts de offset.
- 2.2 En el canal 2 del generador de señales o del otro generador configure la señal portadora con los siguientes parámetros: sinusoidal de 75 kHz y 1 V_{pp}.
- 2.3 Usando el protoboard, implemente el circuito demodulador de la figura 2, considerando los valores de la tabla 5.

SOLICITE LA VERIFICACIÓN DEL JP ANTES DE ENERGIZAR EL MODULO.

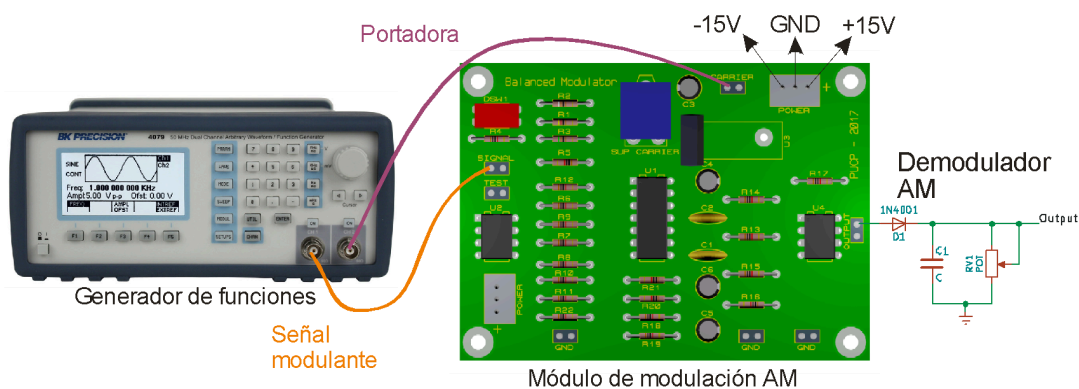
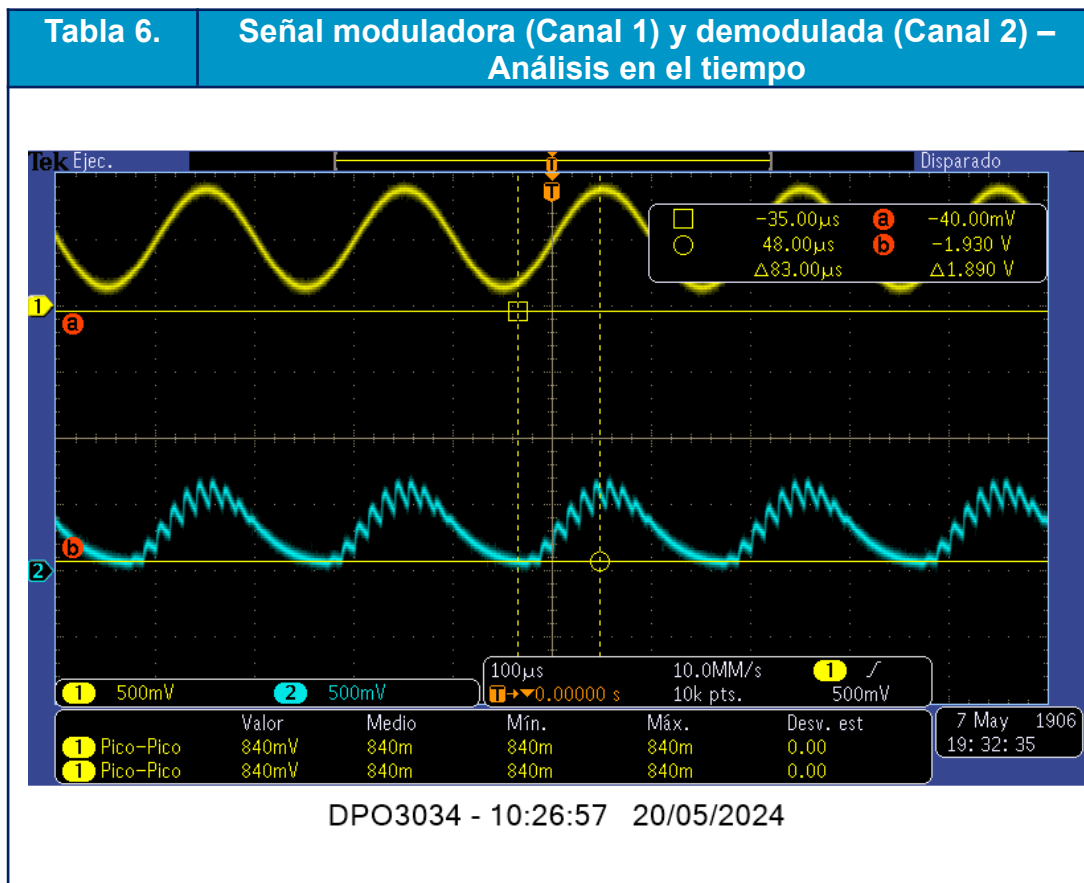


Figura 2. Diagrama de conexiones del demodulador AM.

Tabla 5. Configuración de demodulador AM	
	1N4148
Potenciómetro (kOhm)	20
Capacitor (nF)	10

- 2.4 Mida la señal moduladora (canal 1 del osciloscopio) y la señal demodulada (canal 2 del osciloscopio). Luego, ajuste el valor del potenciómetro en el demodulador AM, con el fin de que la señal demodulada se asemeje lo máximo posible a la señal original. **(0.5 puntos)**



- 2.5 Con ayuda del multímetro, mida los valores de R y C fuera del circuito y calcule la constante de tiempo con los valores obtenidos **(0.5 puntos)**

0.25

$$\tau = RC = 4.3k \cdot 7.5n = 32 \times 10^{-6}$$

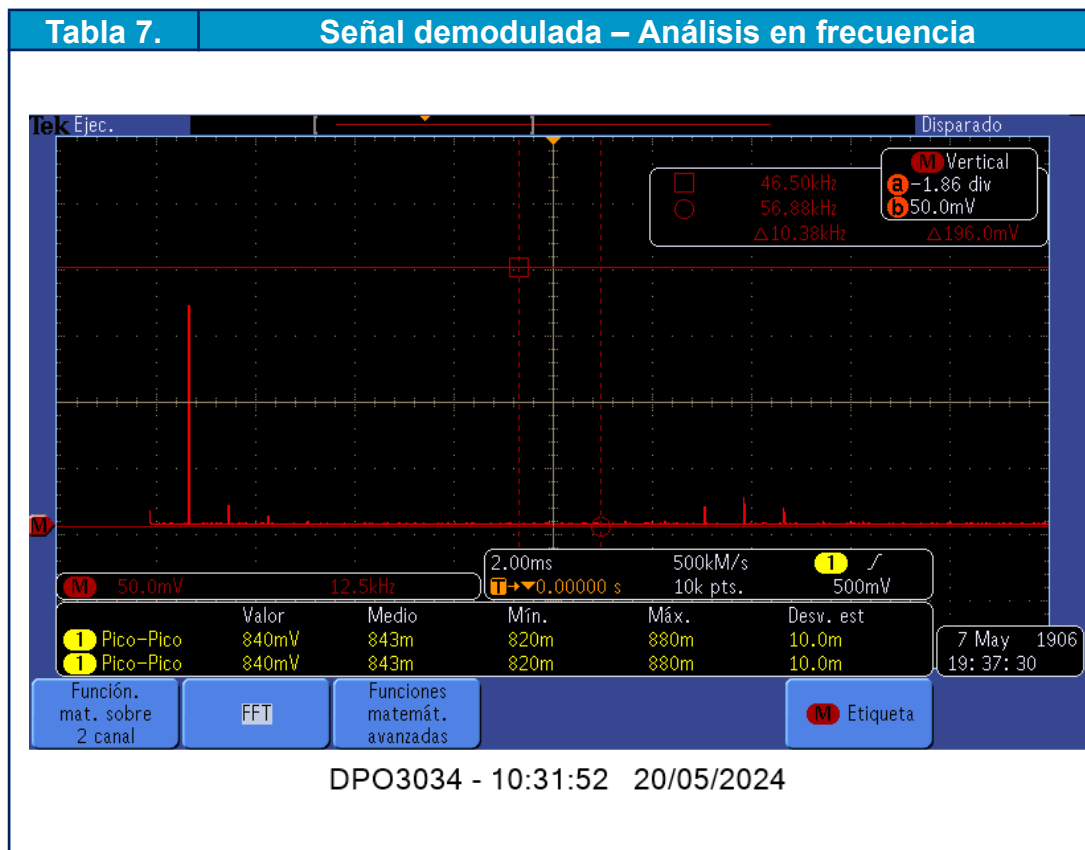
Kohms, nF, s Unidades

- 2.6 Explique qué tipo de demodulación se está utilizando (Síncrona, asíncrona y/o detector de envolvente) y verifique que se cumpla la siguiente relación de filtrado o detección AM. **(0.5 puntos)**

$$B \ll \frac{1}{2\pi RC} \ll f_c$$

Se emplea la demodulación por detección de envolvente, ya que se usa el circuito para este. El ancho de banda es $B = 5$ kHz, y la frecuencia de la portadora es 75 kHz. El resultado de $1/(2\pi\tau)$ es de 4.97 kHz. Esto sugiere que no se ajustó apropiadamente el valor de la resistencia, pues este valor debería ser mayor al ancho de banda de la señal modulante.

- 2.7 Realice la transformada de Fourier de la señal demodulada, elimine la componente de frecuencia DC y complete la tabla 7. **(0.5 puntos)**



EXPERIENCIA 3: Modulación y demodulación AM de audio (1 punto)



Objetivo de aprendizaje: Verificar el proceso de modulación y demodulación de una señal de audio.

Indicaciones:

Realice las siguientes configuraciones:

- 3.1 Implemente el sistema de la figura 3 (realice las conexiones a los parlantes de las PC's mediante cables de audio).

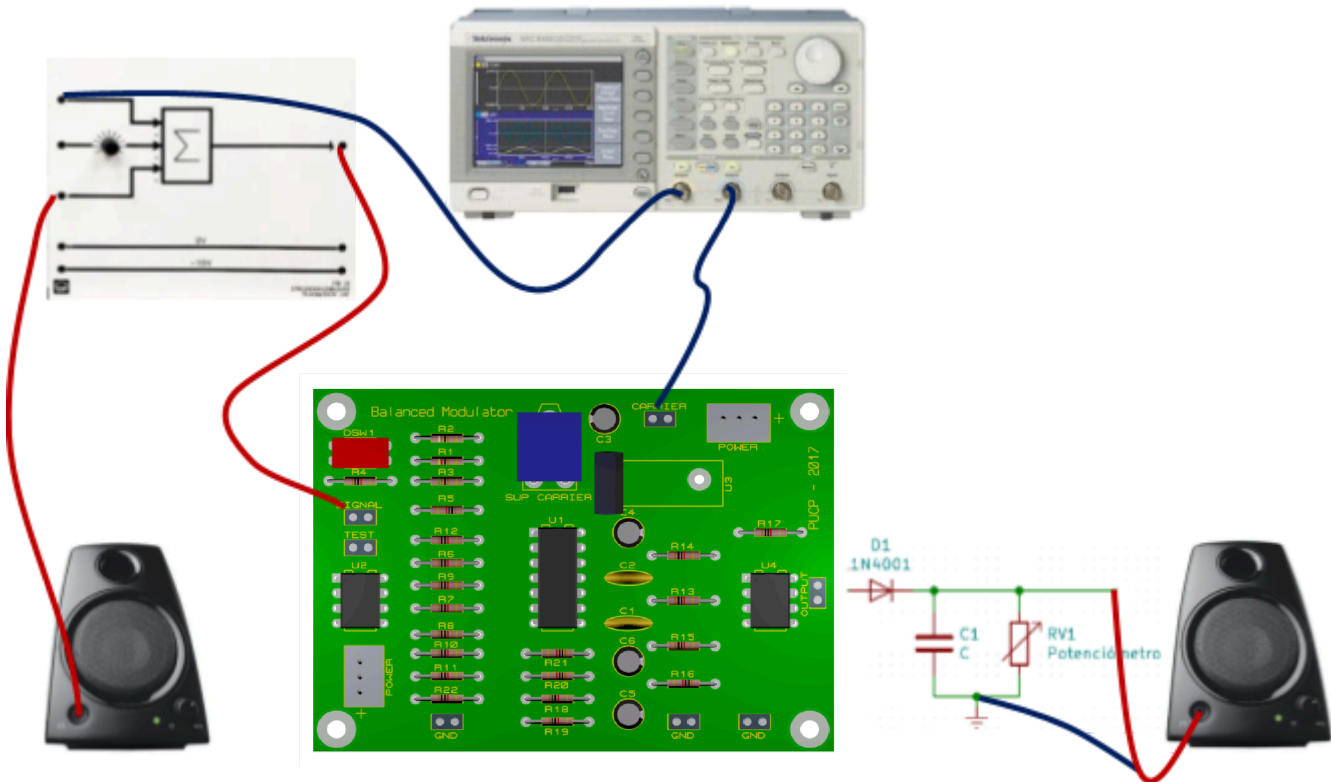


Figura 3. Modulación y demodulación AM para una señal de audio.

- 3.2 Usar una señal modulante de audio (un video de YouTube de su elección, de preferencia una canción) desde los altavoces de la PC. Usando el osciloscopio, verifique que la señal de audio no sobrepase los $2 V_{pp}$.
- 3.3 En el canal 1 del generador de funciones configure una señal DC de $+1.5V$.
- 3.4 En el canal 2 del generador de señales configure una señal portadora sinusoidal de $1 MHz$ y $1.5 V_{pp}$ (Portadora de AM comercial).
- 3.5 Usando el bloque sumador energizado con $\pm 15V$, sume las 2 señales anteriores.

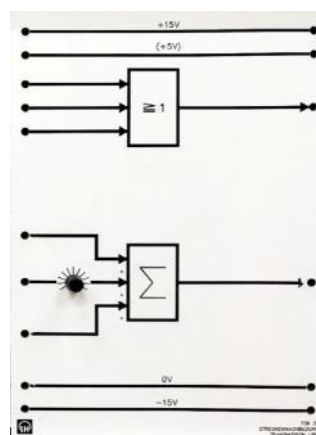
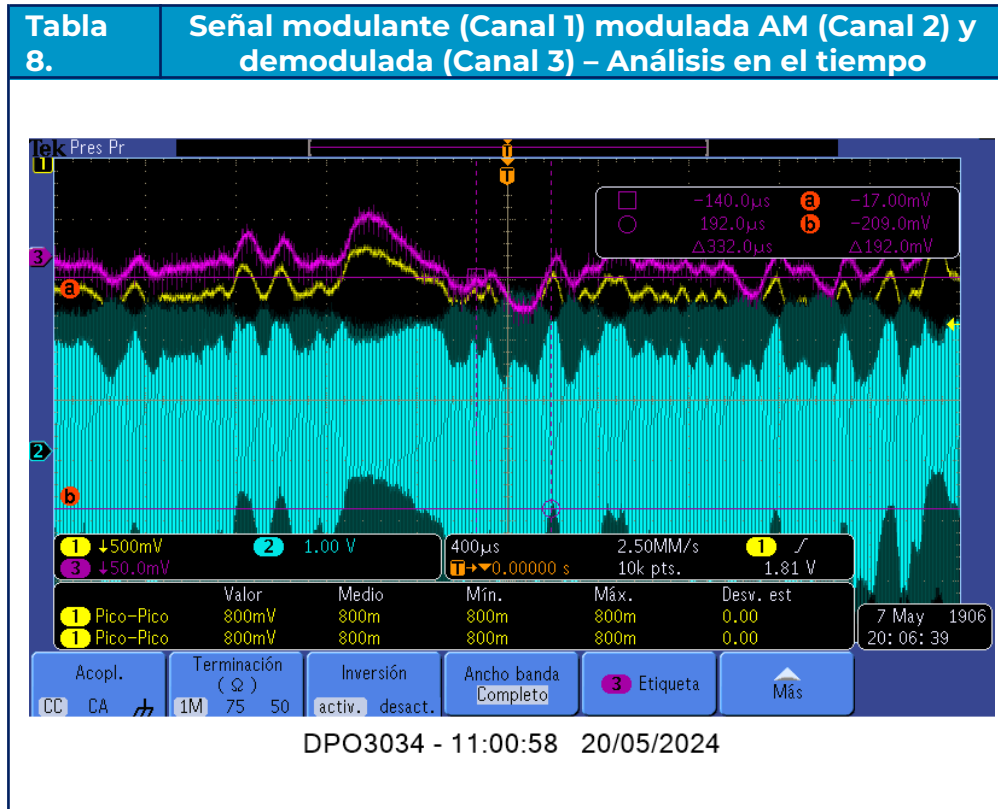


Figura 4. Sumador de señales.

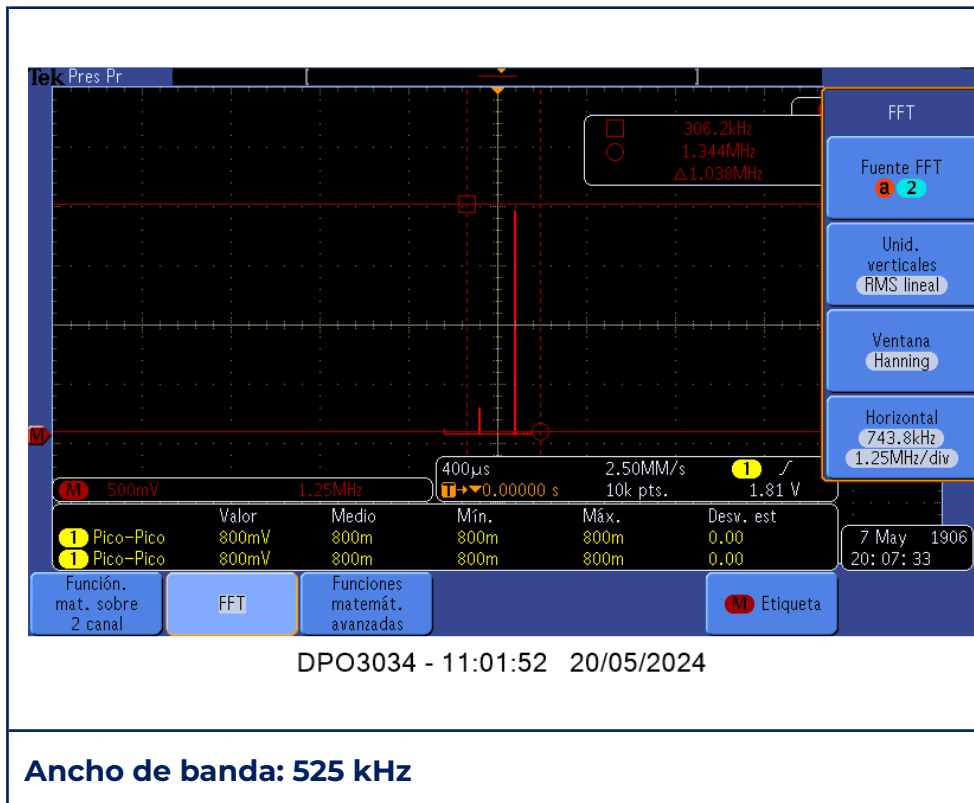
- 3.6 Conecte la salida del sumador en la entrada del modulador AM, analice las señales modulante y modulada en los canales 1 y 2 del osciloscopio respectivamente.
- 3.7 Realice y observe la demodulación de la señal AM en el canal 3 del osciloscopio. Luego, inserte una captura de las señales donde se muestre la mayor semejanza de la señal de audio original y la señal de audio demodulada. **(0.5 puntos)**



- 3.8 Obtener e insertar la gráfica del espectro de la señal modulada AM (Canal 2), Verifique la señal portadora y mida el ancho de banda usando los cursores. **(0.5 puntos)**

Tabla 9.	Señal modulada de audio – Análisis en la frecuencia
-----------------	--

0



CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES. (1 punto)

Al calcular el índice de modulación de la señal AM-DSB-SC se llegó a verificar que este valor se puede tomar como infinito. La portadora deja de estar presente.

Se concluye que variar la amplitud de la señal modulante no afecta al ancho de banda ya que este solo depende de la frecuencia.

Se observó la importancia del offset de DC en la demodulación, ya que permite emplear el circuito de detección de envolvente.

Se pudo implementar este circuito, y se observó lo sencillo y económico que es, razón por la que se usa en aplicaciones comerciales como la radiodifusión.

Se observó que al analizar la señal demodulada en frecuencia se presentan algunos armónicos, lo que sugiere que la señal obtenida no fue una representación completamente fiel a la señal modulante.

INSTRUCCIONES PARA LA ENTREGA

- La guía debe ser entregada con el formato **LABX_H69Y_GZ.PDF**, donde las letras de color rojo corresponden a los números de laboratorio, horario y grupo respectivamente.
- La entrega de la guía debe realizarse dentro del tiempo indicado en la actividad correspondiente en la plataforma PAIDEIA.
- Es responsabilidad de los integrantes del grupo verificar el documento enviado.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Criterios	Puntaje
Analizar las señales para la generación de la señal modulada	1 punto
Determinar el índice de modulación de una señal AM	0.5 puntos
Analizar el espectro de la señal modulada en amplitud	0.5 puntos
Verificar los tipos de modulación AM según el índice de modulación	1 punto
Responder adecuadamente mediante el análisis teórico y experimental	1 punto
Recuperar correctamente la señal modulante	1 punto
Analizar la señal recuperada en el dominio del tiempo y la frecuencia	1 punto
Realizar la modulación y demodulación de una señal de audio	1 punto
Concluir correctamente a partir de lo experimentado y observado	1 punto
Puntaje total	8 puntos