

HOJA DE LABORATORIO 7

ANÁLISIS DE RUIDO

Integrantes

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

ACTIVIDADES		PUNTAJE
Experiencia 1	Cálculo de SNR en el sistema AM	3.5 puntos
Experiencia 2	Cálculo de SNR en el sistema FM	3.5 puntos
Experiencia 3	Análisis y conclusiones	1.0 punto

CORREGIDO POR	NOTA
Nombre	0.0/8.0

6.5



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.

EXPERIENCIA 1: Cálculo de SNR_o en el sistema AM convencional (3.5 puntos)


Objetivo de aprendizaje: Realizar el proceso de cálculo experimental del SNR_o en la modulación AM.

Realice siguientes los pasos, como se indican a continuación:

Armar el siguiente esquema de un sistema de transmisión AM con ruido mostrado en la figura 1. Para el demodulador AM considere $R_{V_1} = 20k\Omega$, $C_1 = 10nF$, y el diodo 1N4148.

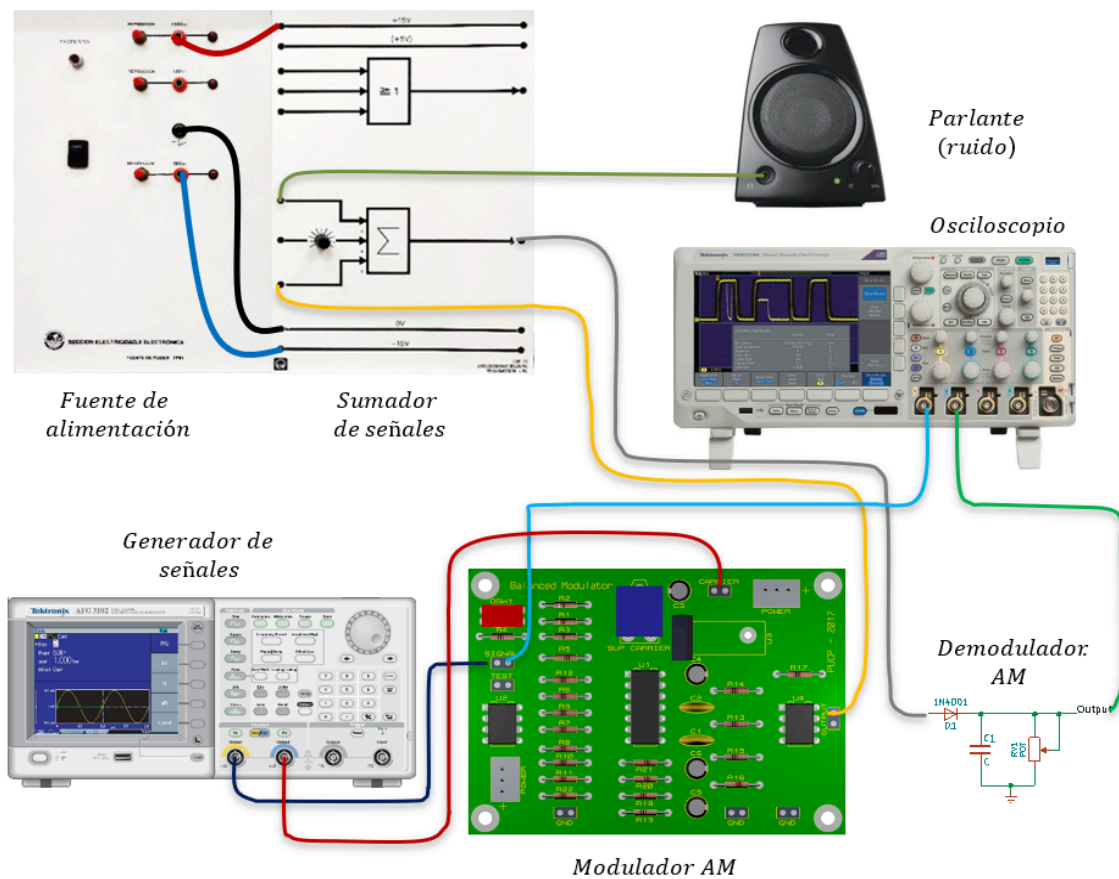


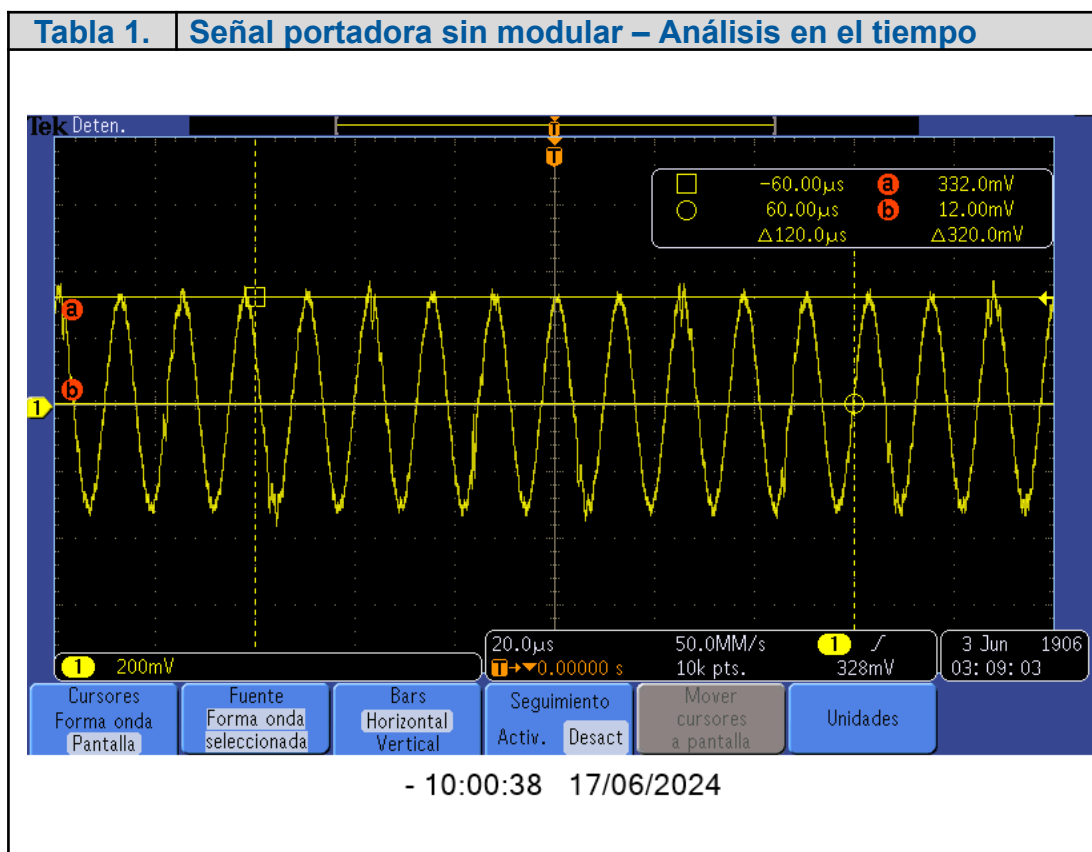
Figura 1 Sistema con ruido AM

En el canal 1 del generador de señales (u otro generador) configure una señal DC de **1.5V**. (*) En el generador Tektronix configurar DC en: Arb>>Others>>Built-in>>Others>>DC

En el canal 2 del generador de señales (u otro generador) configure una onda sinusoidal de frecuencia 80kHz y amplitud 1Vpp . (Portadora).

Energice el módulo de la figura 1 y verifique la presencia de la portadora sin modular a la salida del modulador AM en el osciloscopio.

Mida la amplitud de la señal portadora. Solicite la verificación del jefe de prácticas antes de encender la fuente de voltaje. Inserte una gráfica de la señal portadora en la tabla 1. **(0.5 puntos)**

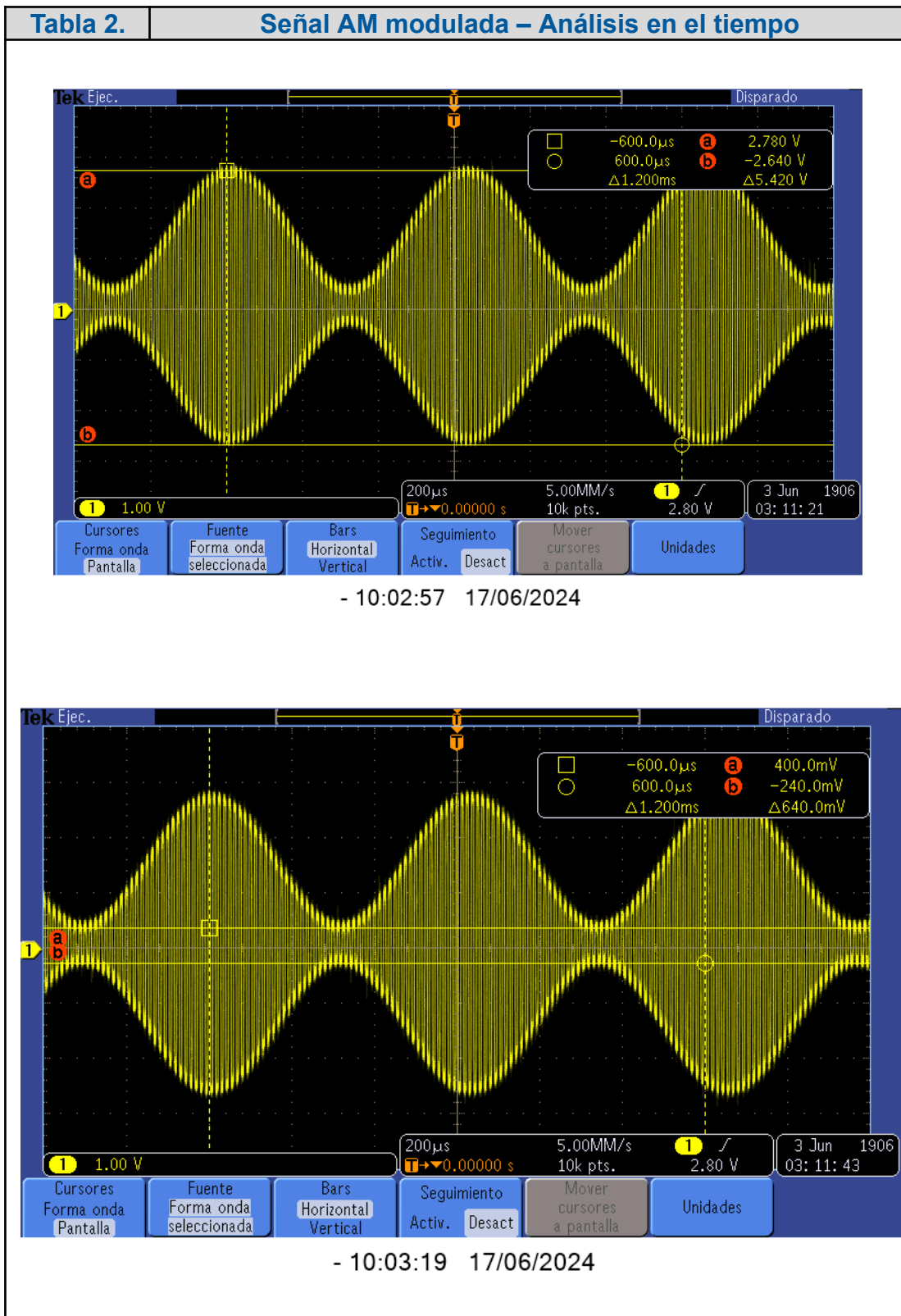


Mida la amplitud de la señal portadora sin modular y consigne ese valor.

$A_c =$	320mV
---------	--------------

En el canal 1 del generador de señales (u otro generador) configure una onda sinusoidal de frecuencia **1.6 kHz**, amplitud **2.5 Vpp** y offset **1.5 V**. (mensaje). Luego encienda el generador.

Module la señal portadora anterior con la señal del canal 1 del generador y obtenga la señal modulada AM. Complete la tabla 2.



Calcule el índice de modulación de la señal AM a partir de la gráfica en la tabla 2 **(0.5 puntos)**

$$m = (5.420 - 0.64) / (5.420 + 0.64)$$

$m =$	0.7887
-------	--------

Revise las fórmulas de la guía teórica y calcule el valor de la potencia del mensaje P. Considerar el voltaje pico de la onda y la impedancia de la línea de transmisión igual a 1Ω **(0.5 puntos)**

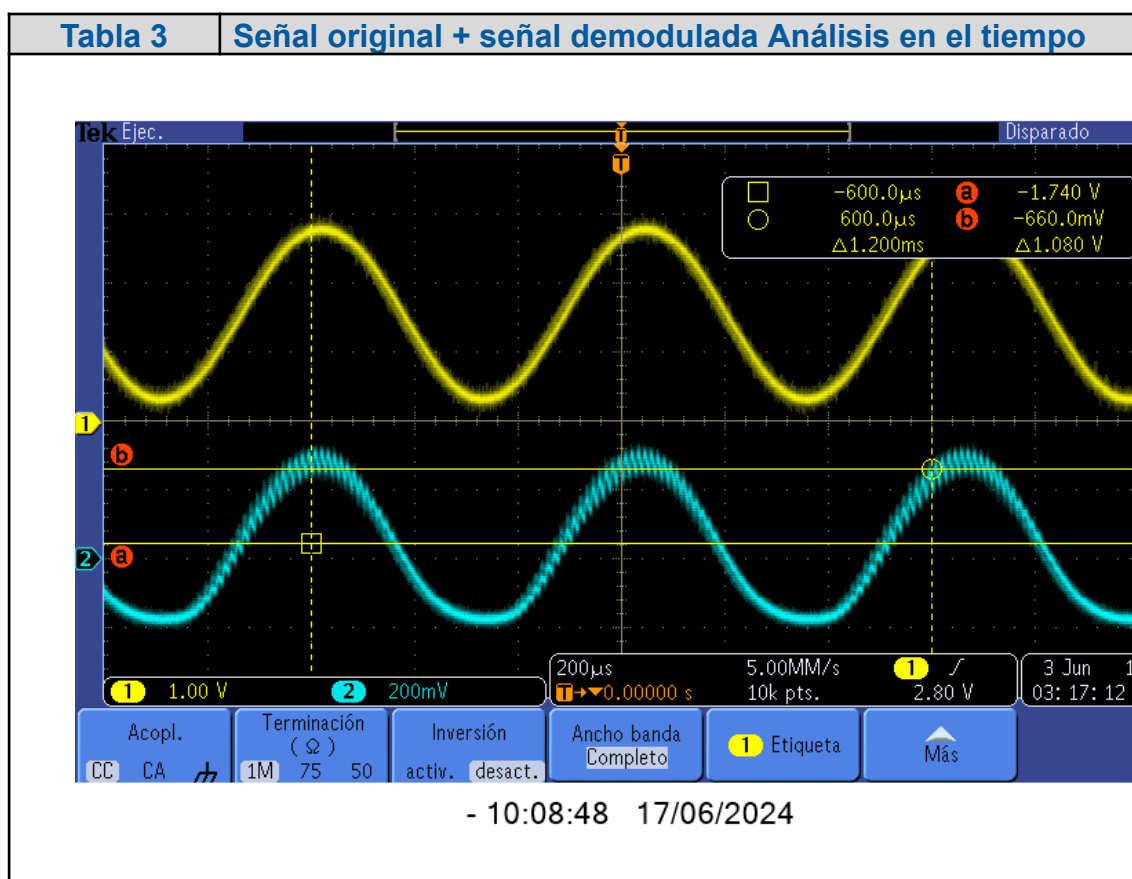
$$P = (1.5)^2 / 2$$

$P =$	1.125w
-------	--------

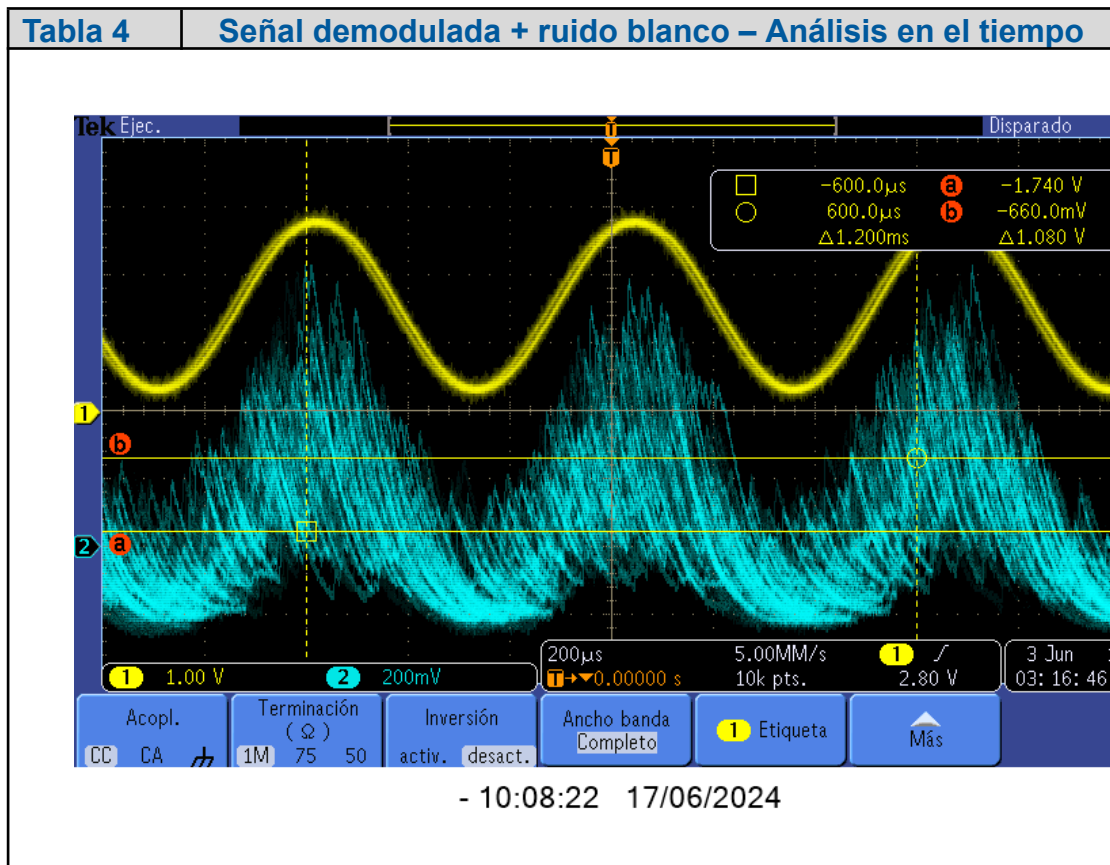
Demodulación AM con ruido

Con el ruido blanco en 0, ajustar el valor del potenciómetro del demodulador de la figura 1 para recuperar la señal demodulada lo más parecido posible a la señal modulante original.

Insertar una captura de la señal original y la señal demodulada usando 2 canales en la tabla 3. **(0.5 puntos)**

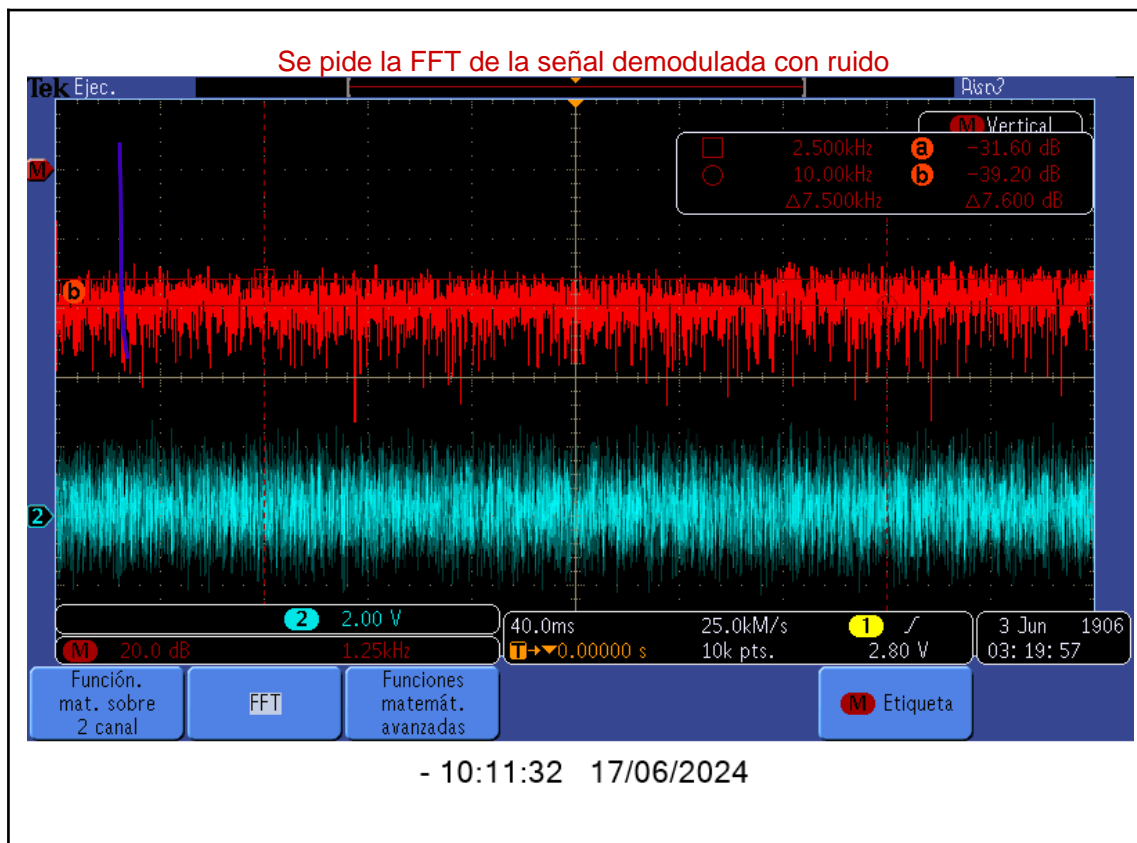


Usando el generador de ruido blanco de este [enlace](#), generar el ruido blanco con un valor promedio de **1.25 Vpp**. Calcular el nivel de ruido a la salida del parlante en el osciloscopio y complete la Tabla 4. **(0.5 puntos)**



Obtenga el espectro de la señal de ruido con la función FFT del osciloscopio.

Tabla 5.	<u>Señal demodulada + Ruido blanco – Análisis en la frecuencia</u>
----------	--



0.375

En el espectro de la tabla 5, medir el nivel de ruido promedio en la base del espectro de frecuencias en dB. Luego convierta el valor de dB a Watts (**0.5 puntos**)

$N_0 (dB) =$	-39.20 dB
$N_0 (W) =$	1.202×10^{-4}

Considerando todos los valores anteriormente medidos y calculados, obtener la **SNRo** de la modulación AM en dB. Consulte las fórmulas dadas en la guía teórica e inserte los cálculos efectuados. (**0.5 puntos**)

$$SNRo = 1 \cdot (0.7887)^2 \cdot 1.125 / (2 \cdot (1.202 \times 10^{-4})) = 2910.996885 \text{ W}$$

$$SNRo (dB) = 34.64 \text{ dB}$$

0.375

La SNR no tiene unidades
(adimensional).

$$S (W) / N (W)$$

EXPERIENCIA 2:

Cálculo de SNR_0 en la modulación FM de banda ancha (3.5 puntos)



Objetivo de aprendizaje: Realizar el proceso de cálculo experimental del SNR_0 en la modulación FM.

2.1. Realizar las conexiones de la figura 2 para configurar un sistema FM más ruido. Solicite la verificación de su JP antes de energizar el módulo FM.

Para el circuito demodulador FM, considere el IC TL081, $RV1 = 10k\Omega$, $RV2 = 20k\Omega$, $C_1 = 2nF$, $C_2 = 10nF$, el diodo 1N4148.

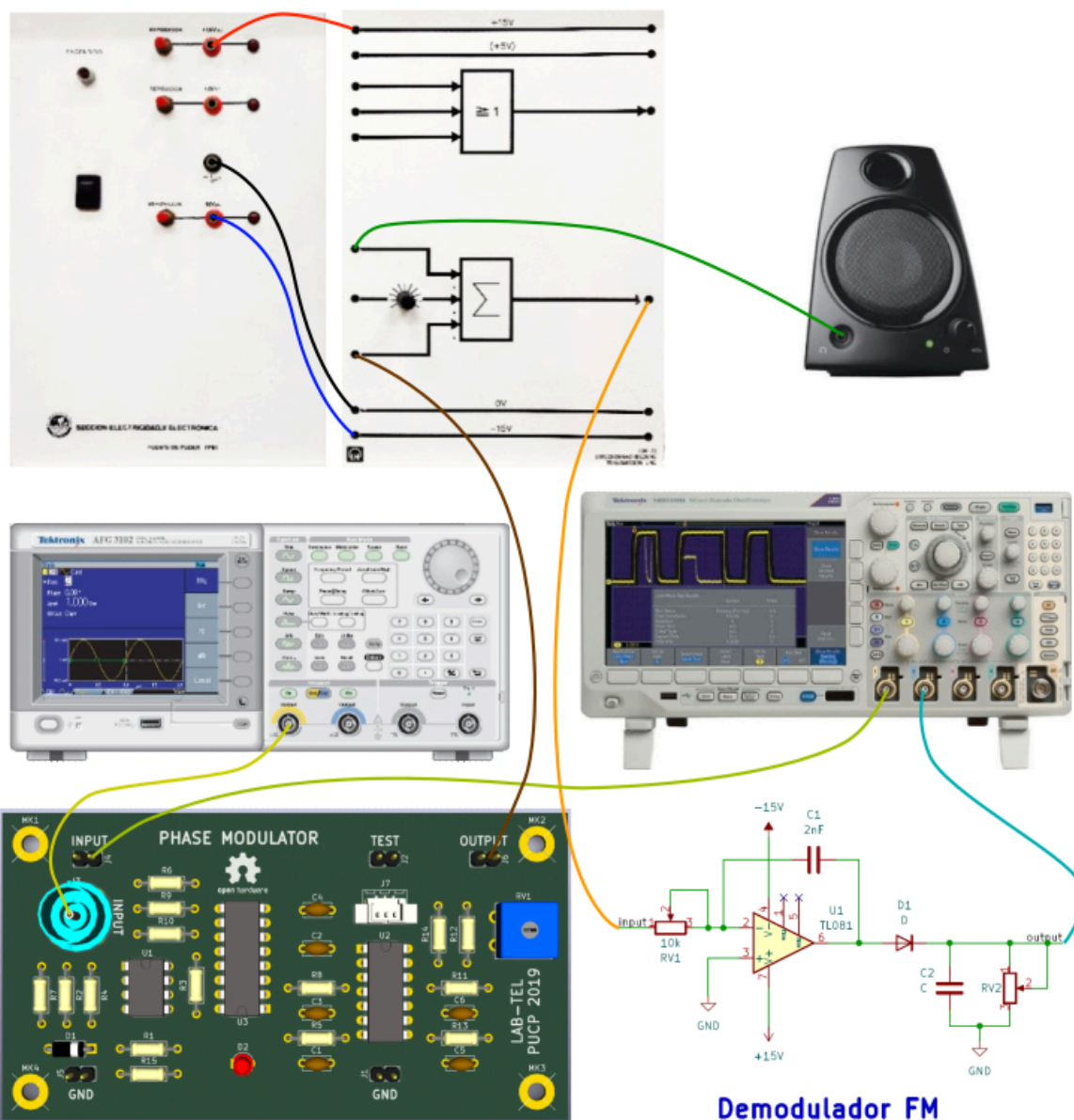
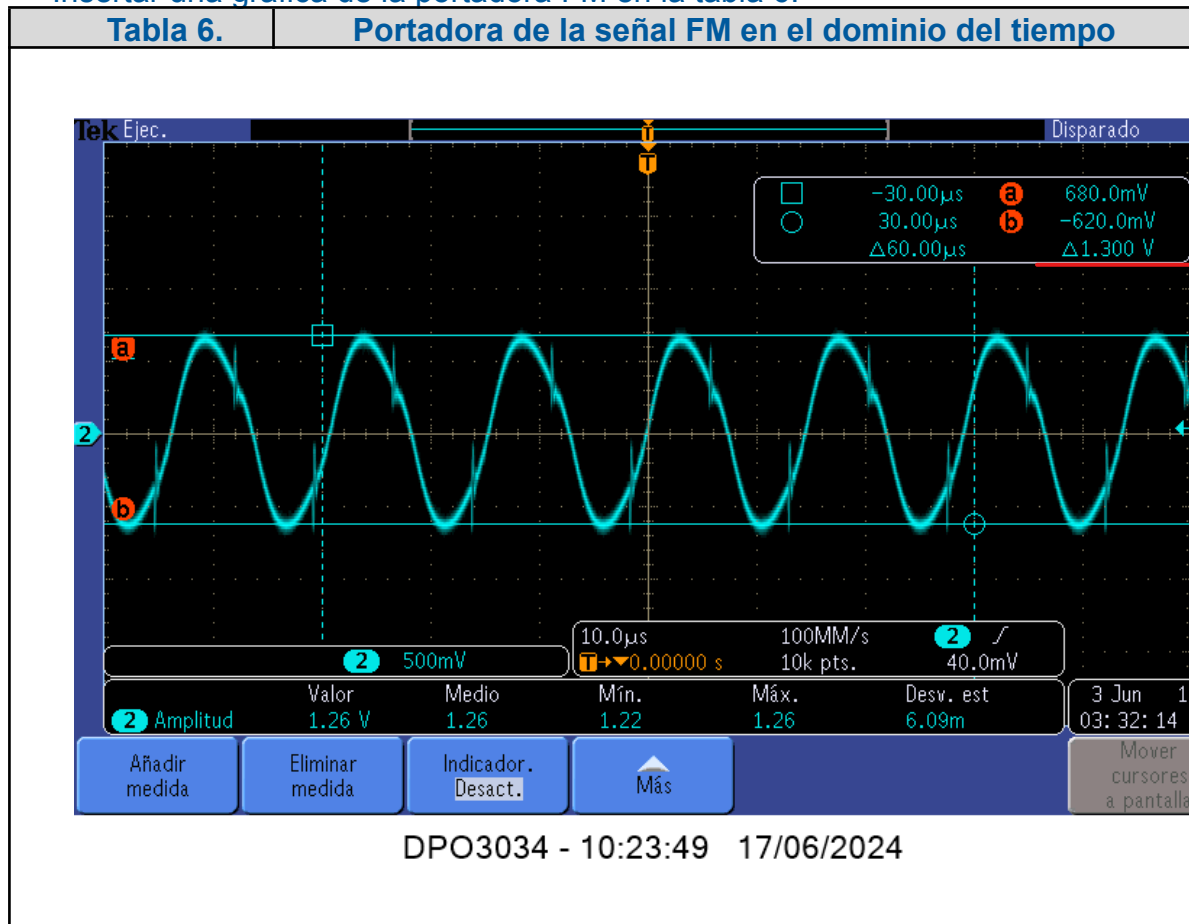


Figura 2 Sistema con ruido FM.

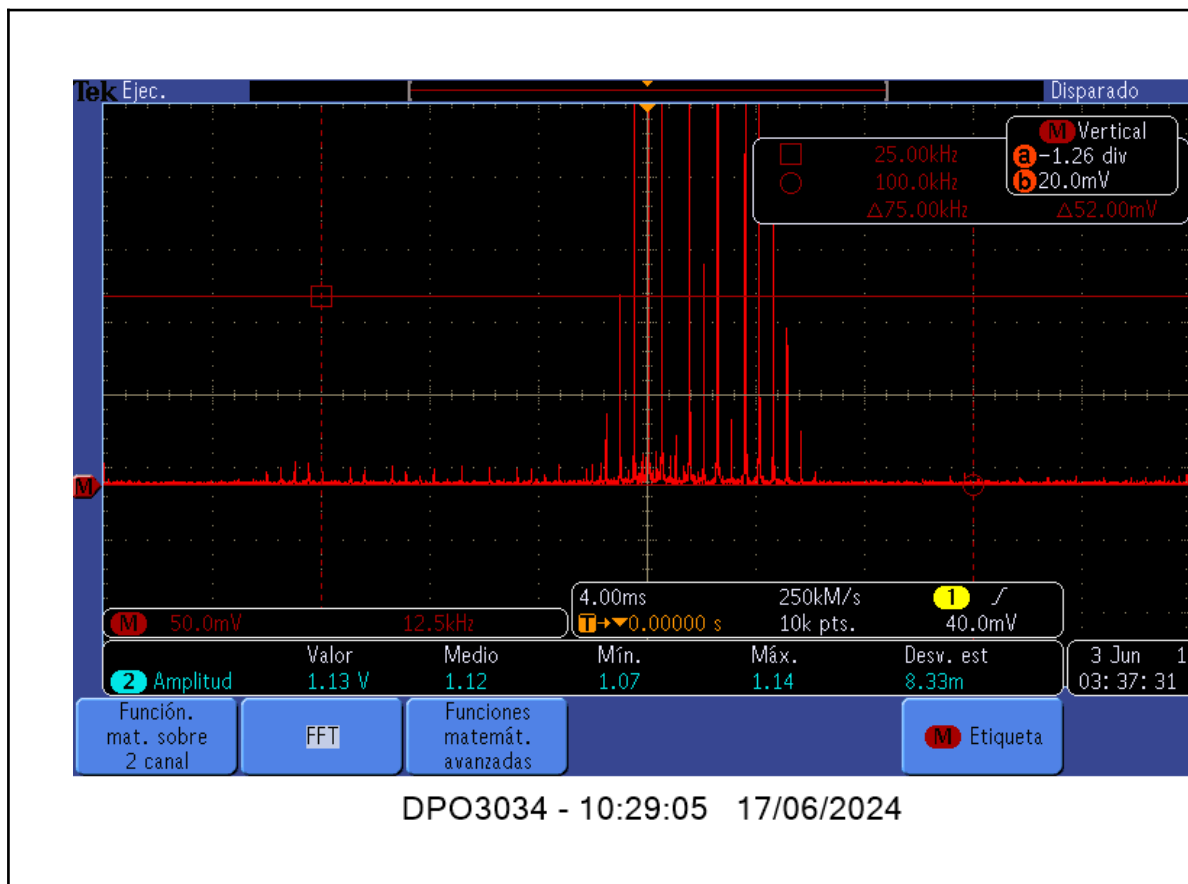
- 2.2. Encender el módulo FM y con RV1 y un “perillero” establecer la amplitud de la portadora sin modular igual a la portadora AM (sección 1.6). La entrada del modulador debe estar conectada a GND. Consulte a su JP para este caso. **(0.5 puntos)**

Insertar una gráfica de la portadora FM en la tabla 6.



- 2.3. Desconecte la entrada del modulador FM de GND.
- 2.4. Configure una onda sinusoidal de frecuencia **1.6 kHz**, amplitud **4 Vpp** y con esta onda module la portadora sin modular. Luego, obtener el espectro de la señal FM con ayuda de la FFT. (Usar la escala lineal de preferencia)
- 2.5. A partir del espectro FM, estime el índice de modulación β con ayuda de la tabla de coeficientes de Bessel en el anexo al final de la guía práctica. **(0.5 puntos)**

Tabla 7.	Espectro de la señal FM – Análisis en la frecuencia
----------	---



Sugerencia: Cuente los impulsos generados a un lado de la portadora y relacione la cantidad de impulsos significativos con los coeficientes de Bessel J_1 a J_n . Tome el valor de β de la fila de la tabla donde se halle la mejor coincidencia.

$\beta =$	5
-----------	---

2.6. Revise las fórmulas de la guía teórica y calcule el valor de la potencia del mensaje P para el sistema FM. Considerar la impedancia de la línea de transmisión igual a 1Ω (0.5 puntos)

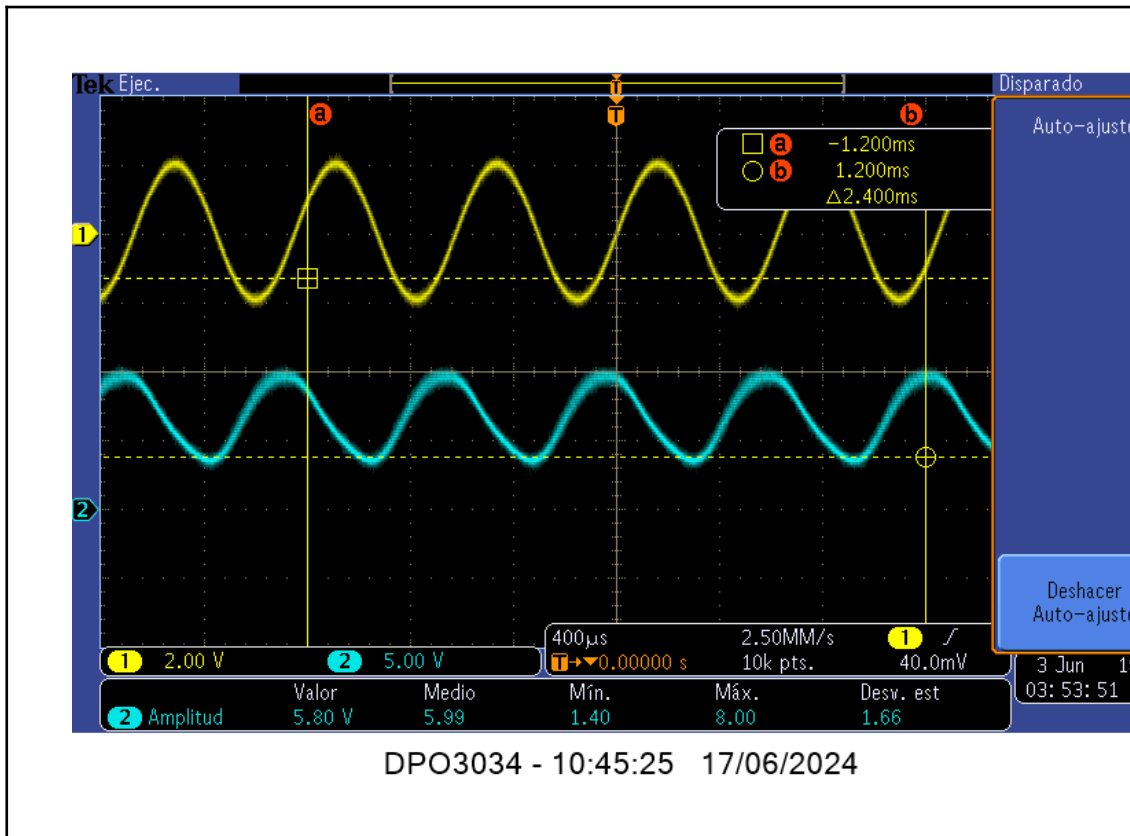
$P =$	8W
-------	----

$A = V_{pp}/2$

2.7. Realice la demodulación de la señal FM. Ajuste los potenciómetros del demodulador para hasta obtener una señal lo más parecida posible a la original.

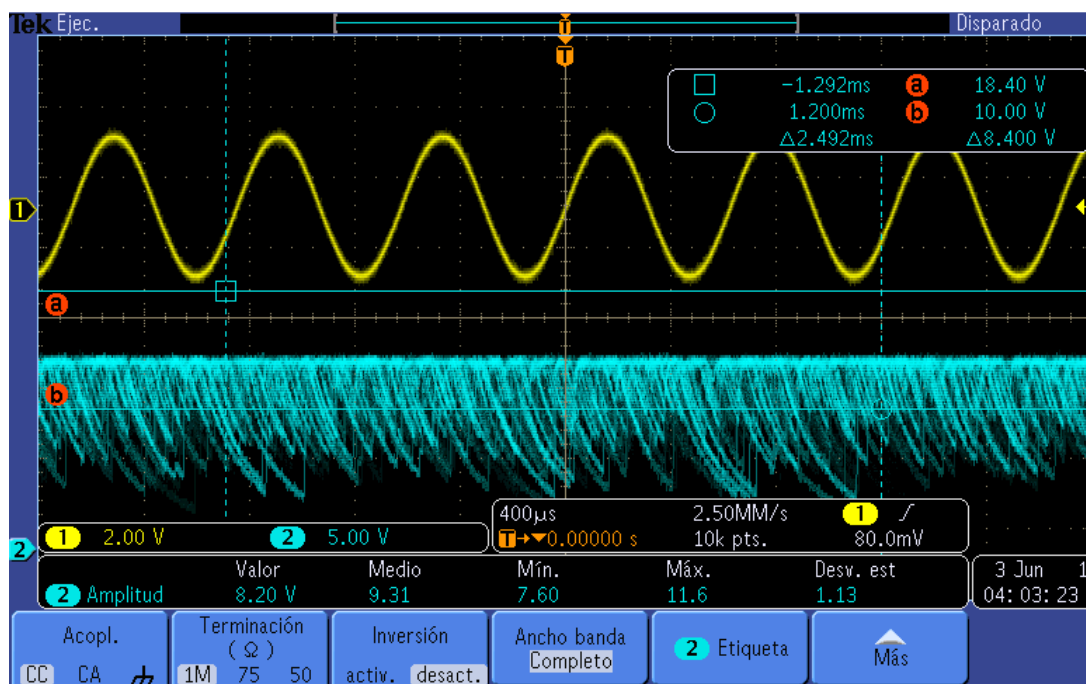
2.8. Insertar una captura de la señal original y la señal demodulada en la misma pantalla del osciloscopio y complete la tabla 8. (0.5 puntos)

Tabla 8. Señal original y señal demodulada - Análisis en el tiempo



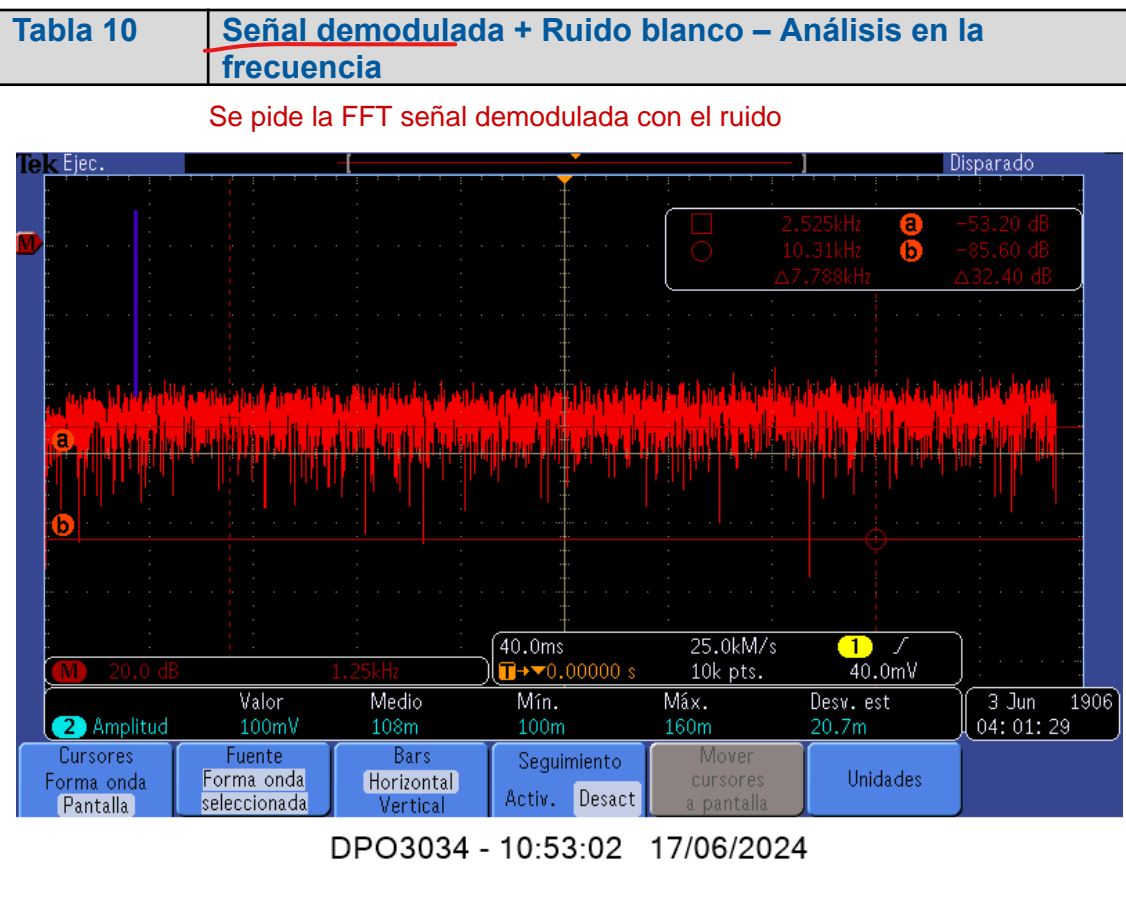
- 2.9. Usando el generador de ruido de este [enlace](#), configure el ruido blanco con un valor de **1.25 Vpp** y añada el ruido generado a la señal FM modulada.
- 2.10. Genere el espectro de la señal demodulada más el ruido con ayuda de la FFT y complete la Tabla 8. Usar la escala logarítmica para el eje 'Y'. **(0.5 puntos)**

Tabla 9	Señal demodulada + ruido blanco – Análisis en el tiempo
----------------	--



DPO3034 - 10:54:56 17/06/2024

2.11. Obtenga el espectro de la señal de ruido con la función FFT del osciloscopio.



DPO3034 - 10:53:02 17/06/2024

- 1.12. En el espectro de la tabla 10, medir el nivel de ruido promedio en la base del espectro de frecuencias en dB. Luego convierta el valor de dB a Watts **(0.5 puntos)**

N_0 (dB)=	-53.2
N_0 (W)=	$4.786 \cdot 10^{-6}$

- 2.13. Considerando todos los valores anteriormente medidos, calcule la **SNRo** de la modulación FM. Consulte las fórmulas dadas en la guía teórica e inserte los cálculos efectuados. **(0.5 puntos)**

0.375


$$SNRo = 3 \cdot 1 \cdot 25 \cdot 8 / (2 \cdot 4.786 \cdot 10^{-6}) = 62682824.91 \text{ W}$$

$$SNRo \text{ (dB)} = 77.97 \text{ dB}$$

La SNR no tiene unidades (adimensional).

S (W) / N (W)

EXPERIENCIA 3: ANÁLISIS Y CONCLUSIONES (1 punto)



Objetivo de aprendizaje: Comparar de forma cuantitativa y cualitativa la afectación del ruido en los sistemas AM y FM.

- 3.1. Comparar las señales de la demodulación AM con ruido y demodulación FM con ruido (Tabla 4 y Tabla 9). Comente a que señal afecta más el ruido y por qué **(0.25 puntos)**

En teoría, la señal AM debería verse más afectada por el ruido, debido a que este es de naturaleza aditiva y se sumaría a la amplitud modulada. Como la amplitud de la señal modulada no es relevante para FM, entonces el ruido no debería afectarle. Sin embargo, en la práctica no se observó esto, dado que ambas señales fueron afectadas por el ruido, se aprecia que la AM se afectó en menor medida.

0.125

AM --> SNR = 34.64 dB

FM --> SNR = 77.97 dB

SNR de FM > SNR de AM

- 3.2. En base a las mediciones realizadas, ¿qué tipo de modulación (AM o FM) es más robusta al ruido? ¿A qué tipo de ruido? Explique en función del SNR. **(0.25 puntos)**

En base a las mediciones realizadas, la modulación AM debería ser más robusta al ruido. En teoría, esto no es así, por lo que pueden haber errores en los experimentos realizados. El ruido empleado es el ruido blanco, constante en todo el espectro de frecuencias, y de naturaleza aditiva.



3.3 CONCLUSIONES (0.5 puntos)

Se logró implementar los circuitos de demodulación AM y FM, y mediante estos observar cómo el ruido afecta a estos dos tipos de modulación. Se calcularon los parámetros necesarios para ello, como el SNR. El análisis fue realizado tanto en el dominio del tiempo, como en la frecuencia, donde se pudo observar cómo afecta el ruido en ambos dominios. Se observó que el ruido afectó a ambos tipos de modulación, lo cual es un resultado inesperado, ya que la modulación FM debería presentar mayor robustez frente al ruido.

0.25

- 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
Medición y cálculo de la SNRo en el sistema de transmisión AM	3.5 puntos
Medición y cálculo de la SNRo en el sistema de transmisión FM	3.5 puntos
Comparación cualitativa entre las señales demoduladas usando AM y FM	0.25 puntos
Comparación cuantitativa entre las SNRo de los sistemas AM y FM	0.25 puntos
Conclusiones de las comparaciones y de la afectación del ruido en los sistemas AM y FM	0.5 puntos
Puntaje total	8 puntos

ANEXO

Coeficientes de las Funciones de Bessel de 1er. Orden											
β	J_0	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_8	J_9	J_{10}
0	1										
0.2	0.99	0.1									
0.4	0.96	0.2	0.02								
0.6	0.91	0.29	0.04								
0.8	0.85	0.37	0.08	0.01							
1	0.77	0.44	0.11	0.02							
1.2	0.67	0.5	0.16	0.03	< 0.01						
1.4	0.57	0.54	0.21	0.05	< 0.01						
1.6	0.46	0.57	0.26	0.07	0.01						
1.8	0.34	0.58	0.31	0.1	0.02						
2	0.22	0.58	0.35	0.13	0.03	< 0.01					
2.2	0.11	0.56	0.4	0.16	0.05	0.01					
2.4	0	0.52	0.43	0.2	0.06	0.02					
2.6	-0.1	0.47	0.46	0.24	0.08	0.02	< 0.01				
2.8	-0.19	0.41	0.48	0.27	0.11	0.03	< 0.01				
3	-0.26	0.34	0.49	0.31	0.13	0.04	0.01				
3.2	-0.32	0.26	0.48	0.34	0.16	0.06	0.02				
3.4	-0.36	0.18	0.47	0.37	0.19	0.07	0.02	< 0.01			
3.6	-0.39	0.1	0.44	0.4	0.22	0.09	0.03	< 0.01			
3.8	-0.4	0.01	0.41	0.42	0.25	0.11	0.04	0.01			
4	-0.4	-0.07	0.36	0.43	0.28	0.13	0.05	0.02			
4.2	-0.38	-0.14	0.31	0.43	0.31	0.16	0.06	0.02	< 0.01		
4.4	-0.34	-0.2	0.25	0.43	0.34	0.18	0.08	0.03	< 0.01		
4.6	-0.3	-0.26	0.18	0.42	0.36	0.21	0.09	0.03	0.01		
4.8	-0.24	-0.3	0.12	0.4	0.38	0.23	0.11	0.04	0.01		
5	-0.18	-0.33	0.05	0.36	0.39	0.26	0.13	0.05	0.02	< 0.01	
5.2	-0.11	-0.34	-0.02	0.33	0.4	0.29	0.15	0.07	0.02	< 0.01	
5.4	-0.04	-0.35	-0.09	0.28	0.4	0.31	0.18	0.08	0.03	< 0.01	
5.6	0.03	-0.33	-0.15	0.23	0.39	0.33	0.2	0.09	0.04	0.01	
5.8	0.09	-0.31	-0.2	0.17	0.38	0.35	0.22	0.11	0.05	0.02	< 0.01
6	0.15	-0.28	-0.24	0.11	0.36	0.36	0.25	0.13	0.06	0.02	< 0.01
6.2	0.2	-0.23	-0.28	0.05	0.33	0.37	0.27	0.15	0.07	0.03	< 0.01
6.4	0.24	-0.18	-0.3	-0.01	0.29	0.37	0.29	0.17	0.08	0.03	0.01
6.6	0.27	-0.12	-0.31	-0.06	0.25	0.37	0.31	0.19	0.1	0.04	0.01
6.8	0.29	-0.07	-0.31	-0.12	0.21	0.36	0.33	0.21	0.11	0.05	0.02
7	0.3	0	-0.3	-0.17	0.16	0.35	0.34	0.23	0.13	0.06	0.02
7.2	0.3	0.05	-0.28	-0.21	0.11	0.33	0.35	0.25	0.15	0.07	0.03
7.4	0.28	0.11	-0.25	-0.24	0.05	0.3	0.35	0.27	0.16	0.08	0.04
7.6	0.25	0.16	-0.21	-0.27	0	0.27	0.35	0.29	0.18	0.1	0.04
7.8	0.22	0.2	-0.16	-0.29	-0.06	0.23	0.35	0.31	0.2	0.11	0.05
8	0.17	0.23	-0.11	-0.29	-0.11	0.19	0.34	0.32	0.22	0.13	0.06
8.2	0.12	0.26	-0.06	-0.29	-0.15	0.14	0.32	0.33	0.24	0.14	0.07
8.4	0.07	0.27	0	-0.27	-0.19	0.09	0.3	0.34	0.26	0.16	0.08
8.6	0.01	0.27	0.05	-0.25	-0.22	0.04	0.27	0.34	0.28	0.18	0.1
8.8	-0.04	0.26	0.1	-0.22	-0.25	-0.01	0.24	0.34	0.29	0.2	0.11