

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INFORMÁTICA



## Laboratorio 2

Integrantes: Andrés Araya V.  
Felipe Cornejo I.  
Curso: Redes de computadores  
Profesor: Carlos González  
Ayudante: Nicole Reyes

10 de Enero de 2022

# Tabla de contenidos

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>2</b>
2.1. Amplitud . . . . .	2
2.2. Decibel . . . . .	2
2.3. Señales . . . . .	2
2.3.1. Señales Análogas . . . . .	2
2.4. Moduladores . . . . .	2
2.4.1. Modulación en AM . . . . .	3
2.4.2. Modulación en FM . . . . .	3
2.4.3. Demodulación . . . . .	3
2.5. Serie de Fourier . . . . .	3
2.6. Transformada de Fourier . . . . .	3
2.7. Tiempo . . . . .	4
2.8. Frecuencia . . . . .	4
<b>3. Desarrollo de la experiencia</b>	<b>5</b>
3.1. Parte 1: Modulación AM . . . . .	6
3.2. Parte 2: Modulación FM . . . . .	14
3.3. Parte 3: Anchos de Banda . . . . .	17
<b>4. Análisis de resultados</b>	<b>19</b>
4.1. Comparación de espectros de la señal . . . . .	19
4.2. Recuperación de la señal modulada en AM . . . . .	20
4.3. Usos de la Modulación AM y FM . . . . .	20
4.3.1. AM . . . . .	20
4.3.2. FM . . . . .	20
4.4. Costos al modular una señal . . . . .	21
4.5. Problemas al demodular una señal . . . . .	21
4.6. Al modificar el índice de modulación en AM . . . . .	22

## 5. Conclusión

23

## Bibliografía

24

# 1. Introducción

Una señal para poder ser transmitida a través de ondas electromagnéticas, se obtienen problemas físicos en cuanto enviar y recibir dicha información. La principal dificultad es que al realizar cálculos matemáticos se obtiene que una señal a una frecuencia determinada se necesita una antena de recepción de cientos a miles de kilómetros de largo. Por otro lado si se fija el largo de una antena a unos centímetros de largo, el conflicto se transforma a que solo podría recibir frecuencias de un orden muy alto:  $10^7$  aproximadamente, por lo tanto para solucionar estos problemas se requiere otra solución que modifique la señal original para que pueda ser recibida por aparatos convencionales, como una radio. Esa solución son los **Moduladores**, los cuales se pueden clasificar como AM, FM y PM para los análogos, para moduladores digitales existe una gran variedad que son modificaciones a los moduladores nombrados.

Como ya se conoce acerca de las señales, cabe la instancia de estudiar el envío de un mensaje a través de la modulación y demodulación de estas señales, tales como señales de radio las cuales están moduladas en AM o FM. Preguntarse como funcionan es una de las iniciativas de este proyecto, el cual se estructurará este informe como resultado de los experimentos hechos en el lenguaje de programación Python (3.10+), Empezando por el marco teórico se definirán conceptos y herramientas utilizadas para este experimento e informe, seguido por el desarrollo del experimento, un análisis de los resultados y finalmente una conclusión acerca de lo observado.

En este informe, como objetivo principal es analizar la implementación de un modulador AM y otro FM para una señal de audio, revisando con esto las funciones tanto en el dominio del tiempo como sobre las frecuencias y los anchos de banda. Luego de ello se realizará el mismo proceso para los demoduladores de ambas categorías.

## **2. Marco Teórico**

### **2.1. Amplitud**

La amplitud en aspectos de señales, es una medida que nos expresa la variación máxima del desplazamiento comparado al equilibrio medio de la señal o la magnitud de una onda de tensión o de corriente, la unidad de medida de la amplitud es en decibel (dB) dado a las señales acústicas que se presentan - Edelman (2011).

### **2.2. Decibel**

El decibel es la unidad de medida que se utiliza para expresar la relación entre relación y potencia, la cual se traduce como la intensidad del sonido y que tan fuerte se puede escuchar.

### **2.3. Señales**

Una señal es una función o onda, en este caso electromagnética que transmite información.

#### **2.3.1. Señales Análogas**

Las señales análogas se definen en Stallings (2008), como las ondas electromagnética que varían continuamente, y dependiendo el espectro, este puede propagarse en distintos medios como cables de fibra óptica y coaxiales, la atmósfera o el espacio. Una desventaja respecto a la señal digital es más susceptible a la interferencias de ruido, y una ventaja frente a las señales digitales, es en el ámbito de la atenuación.

### **2.4. Moduladores**

Los moduladores son un dispositivo, o para este caso, un algoritmo, que varia la forma de la onda de una señal de acuerdo con la técnica que se utilizará, para poder ser enviada por un canal de transmisión y así ser recibida por otro dispositivo el cual pueda leer el mensaje de la señal obteniendo la información de esta a través de una demodulación

### **2.4.1. Modulación en AM**

La modulación por amplitud o AM es una técnica que se utiliza en el procesamiento de señales, en esta técnica se hace variar la amplitud de una señal dependiendo de la información de está de forma en que la amplitud que tenga la señal se convierta en un mensaje sobre la información de esta.

### **2.4.2. Modulación en FM**

La modulación de frecuencia o FM es una técnica de modulación angular, o sea, que depende de la variación del ángulo en una onda sinusoidal, la cual permite transmitir información a través de una onda portadora donde la variación de la frecuencia contiene el mensaje a transmitir

### **2.4.3. Demodulación**

Conjunto de técnicas que se utilizan para recuperar información de una señal modulada. Pueden existir distintos tipos de desmodulación como AM o FM, solo por dar unos ejemplos, y distintos métodos para concretarlos.

## **2.5. Serie de Fourier**

La serie de fourier es una serie infinita, que dado una función periódica y continua convergerá, de esta manera, permite el análisis de señales periódicas (funciones periódicas).

## **2.6. Transformada de Fourier**

La transformada de fourier va hacer la extensión de la serie de fourier en las señales no periódicas, de esta manera, nos permite analizar las funciones no periódicas, siendo de esta manera una función real  $f$  definida en dominio de  $t$  (tiempo), la transformada de fourier y su inversa se definen como:

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j2\pi ft} dt$$

Figura 1: Transformada de Fourier

$$f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F(u)e^{2\pi iux} dx$$

Figura 2: Inversa Transformada de Fourier

## 2.7. Tiempo

El tiempo se define como la magnitud para medir la duración de uno o más eventos, siendo representada con la variable  $t$ , su unidad de medición para las señales sera el segundo ( $s$ ).

## 2.8. Frecuencia

Según Tippens (2011), sera la cantidad de oscilaciones de la señal, es decir, la velocidad de la señal dividido por la longitud, siendo su unidad de medición en hertz ( $Hz$ ).

### 3. Desarrollo de la experiencia

Esta exhaustiva y prolongada experiencia, se llevó a cabo mediante etapas las cuales se detallarán por secciones de este capítulo para un análisis específico de este experimento.

Antes de proseguir, para este experimento se ha hecho uso de un archivo de audio llamado *handle* con la extensión *wav* el cual al cargarlo al programa desarrollado en Python(3.10+) se desglosó obteniendo las amplitudes de la señal en un formato de arreglo y la frecuencia de la señal la cual es de  $8192[Hz]$

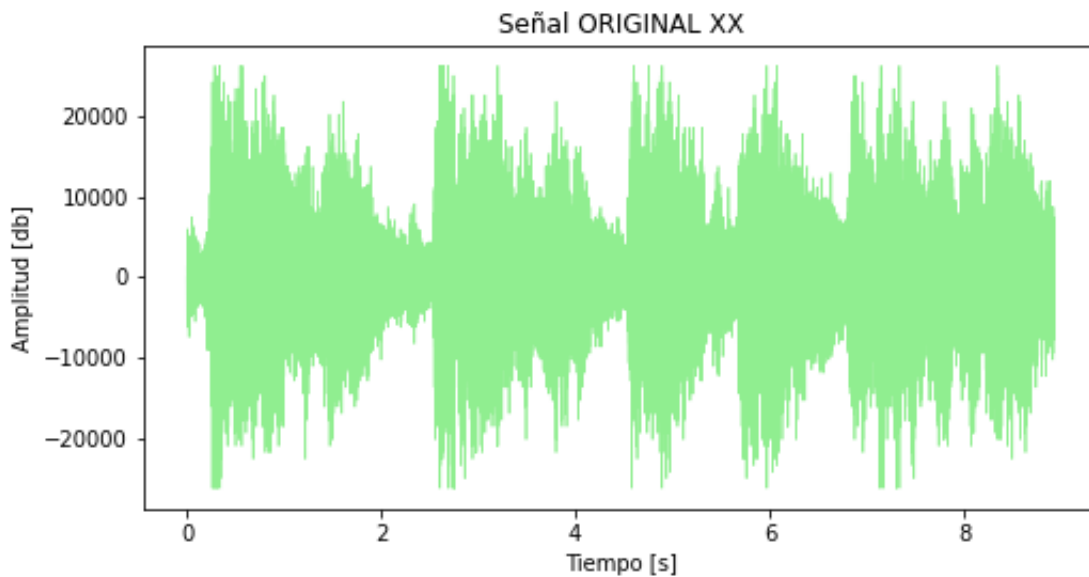


Figura 3: Señal original.

Para poder obtener resultados claros se alargó el dominio del tiempo diez veces su cantidad y junto con ello para mantener la misma relación entre periodo y frecuencia, esta también se subió diez veces. Así se obtuvo entonces 2 unidades de muestreo para realizar las distintas operaciones tanto de modulación como de transformadas de Fourier. Por otro lado también se utilizó la librería de *numpy* para proyectar la curva de la señal sobre el nuevo arreglo de tiempo, y con ello a su vez obtener la relación del tiempo con las amplitudes a través de *numpy.interp1d* y *numpy.interp*.

A su vez se escogió una frecuencia para las señales portadoras de  $20000[Hz]$  ya



que es el limite audible para el oído humano, lo cual al modular se espera que las frecuencias de la señal original lleguen a esos rangos no audibles.

Por otra parte, para cada una de las modulaciones se utilizará un índice de modulación ( $k$ ) de 1 y 1,25. Por tanto por cada modulación se obtendrán 2 resultados distintos para comparar.

### 3.1. Parte 1: Modulación AM

Lo que compete a este capítulo es la implementación y obtención de resultados de la modulación en AM de la señal original utilizando las variables de muestreo creadas para las pruebas. Se construyo una señal portadora a una frecuencia de 20000 el cual su expresión matemática es

$$y_p(t) = \cos(2\pi * f_p * t)$$

donde  $f_p$  es la frecuencia de la portadora y  $t$  es la variable de tiempo.

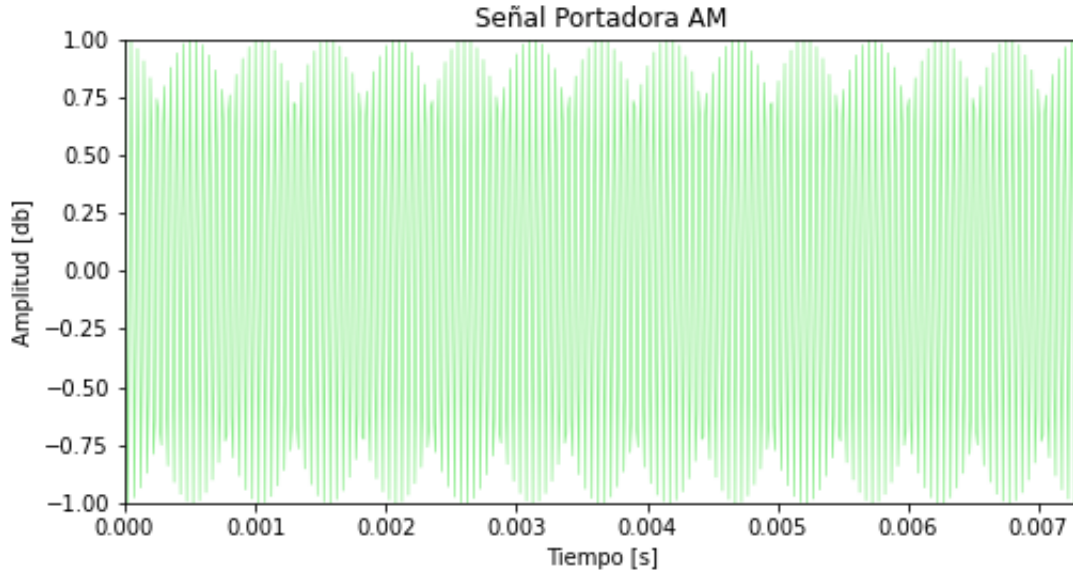


Figura 4: Señal portadora.

Su transformada de Fourier indica precisamente que los impulsos se encuentran a los 20000[Hz]. Esto mismo y para cada uno de los siguientes graficos de esta naturaleza, se obtuvo de la siguiente manera usando el módulo de *numpy.fft* para los cálculos de la

transformada; `fourier = np.fft.fft(data)`, donde `data` es un arreglo de amplitudes de la señal. Por otro lado para obtener las frecuencias; `ffreq = fftshift(aux/time)`

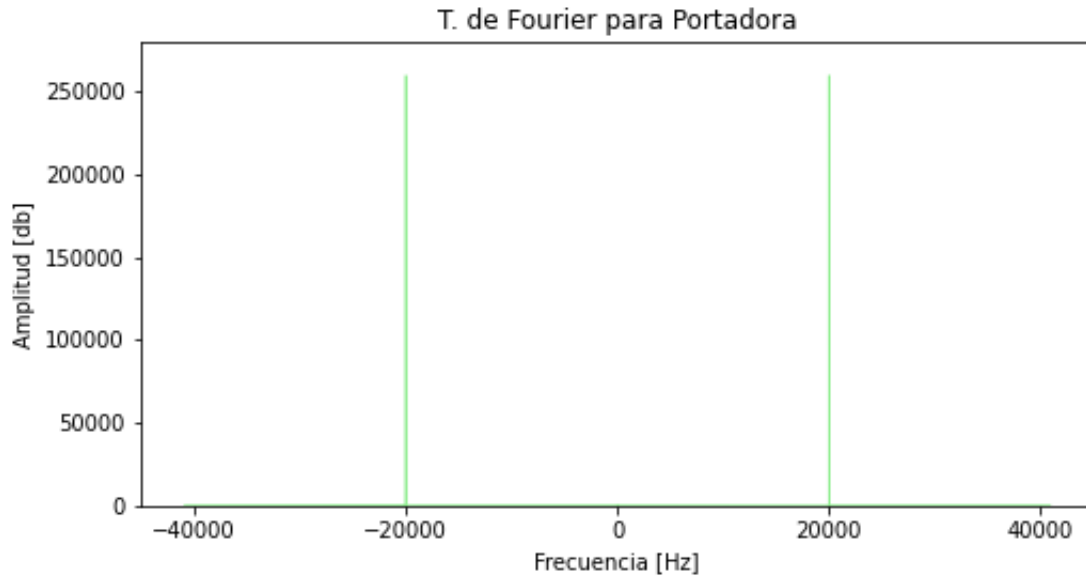


Figura 5: Transformada de Fourier para la Señal portadora.

Al multiplicar  $y_p(t)$  con el índice de modulación y la interpolación de la función de la señal original, desde ahora  $y_m(t)$  ya que será la señal a modular el cual contiene la información o "mensaje", se obtiene la señal modulada en AM, el cual es:

$$y_m(t) = k * m(t) * y_p(t)$$

$$y_m(t) = k * m(t) * \cos(2\pi * f_p * t)$$

Con la anterior operación se obtienen los siguientes resultados.

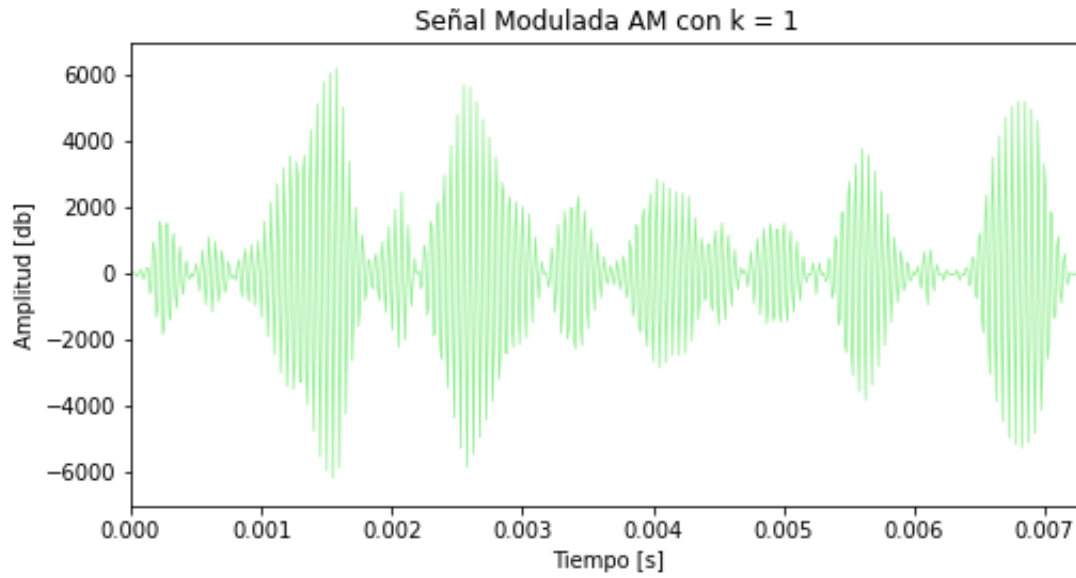


Figura 6: Señal modulada en AM con  $k = 1$

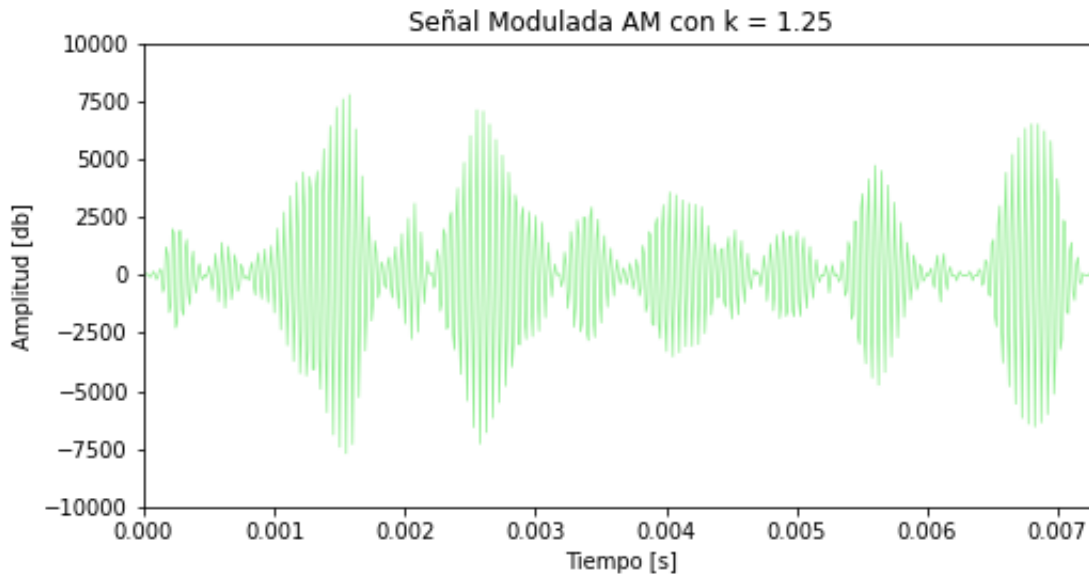


Figura 7: Señal modulada en AM con  $k = 1,25$ .

Cabe destacar que es solo una porción de la señal, ya que al mostrar la señal entera no se podría apreciar los cambios de amplitud ni lo estable de las frecuencias.

A continuación se muestran los espectros de frecuencia de cada modulación. Esto se hace a

partir del calculo de la transformada de Fourier de las señales moduladas en AM, para así tener un gráfico que muestra la Amplitud [dB] de la señal en el dominio de la Frecuencia[Hz].

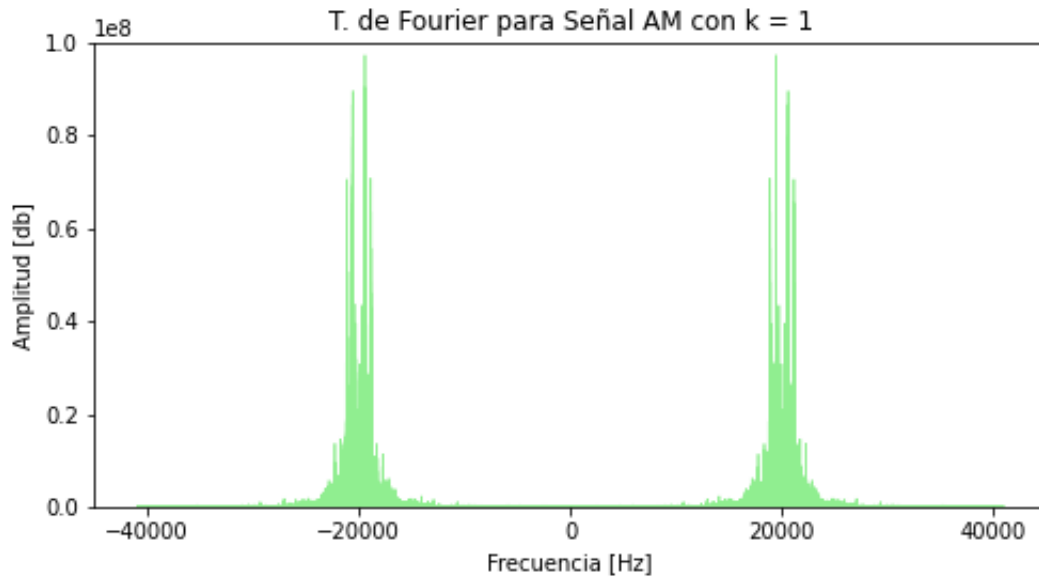


Figura 8: Transformada de Fourier de la Señal modulada en AM con  $k = 1$ .

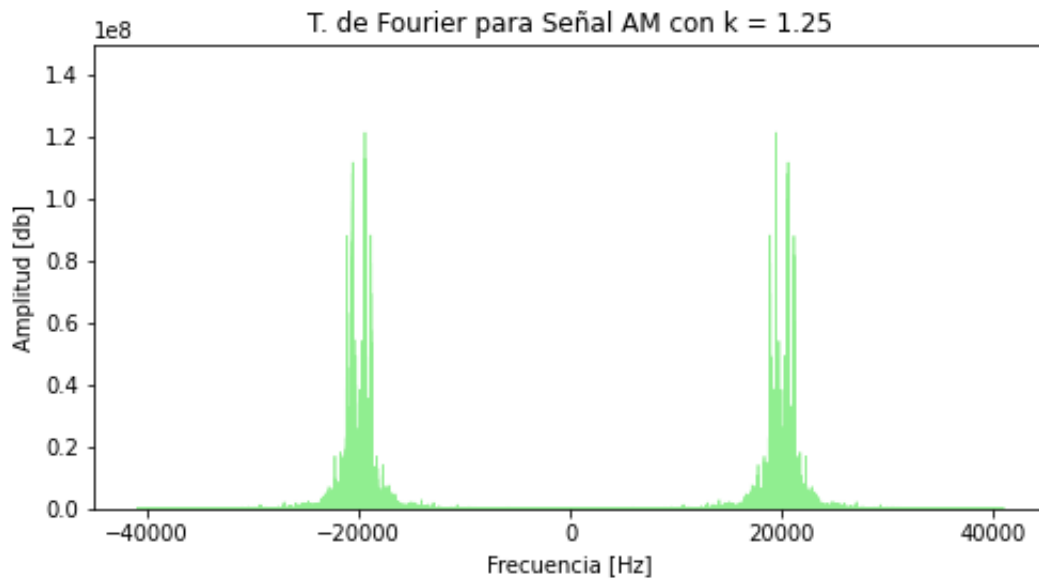


Figura 9: Transformada de Fourier de la Señal modulada en AM con  $k = 1,25$ .

Ahora, se implementará la demodulación AM para la señal, en donde se multiplica

la señal modulada por la señal portadora, dando como resultado la siguiente expresión:

$$y_{dm}(t) = y_m(t) * y_p(t)$$

$$y_{dm}(t) = y_m(t) * \cos(2\pi * f_p * t)$$

Con ello los resultados de la expresión son los siguientes.

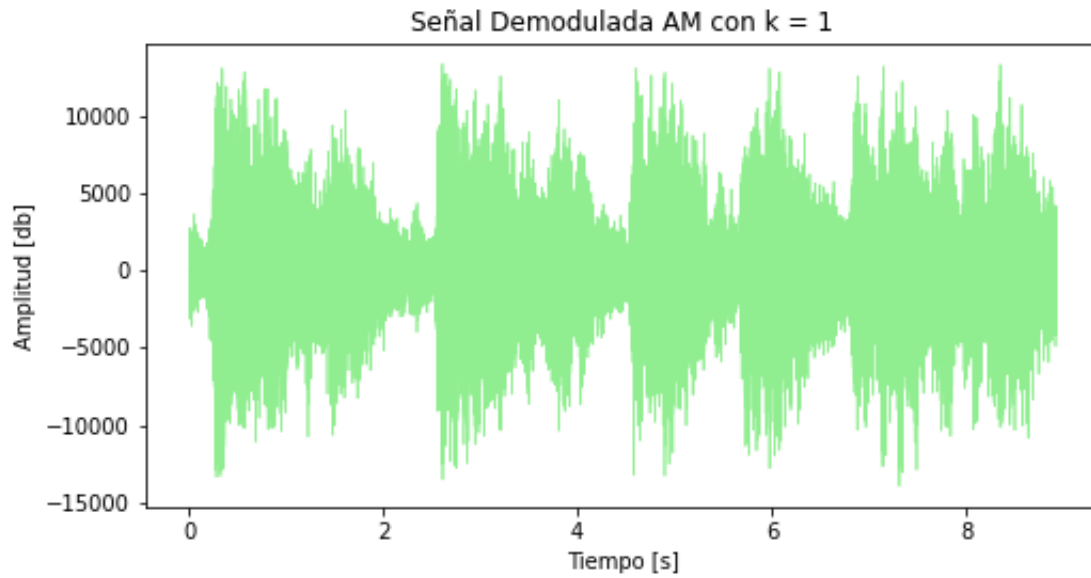


Figura 10: Señal demodulada en AM con  $k = 1$ .

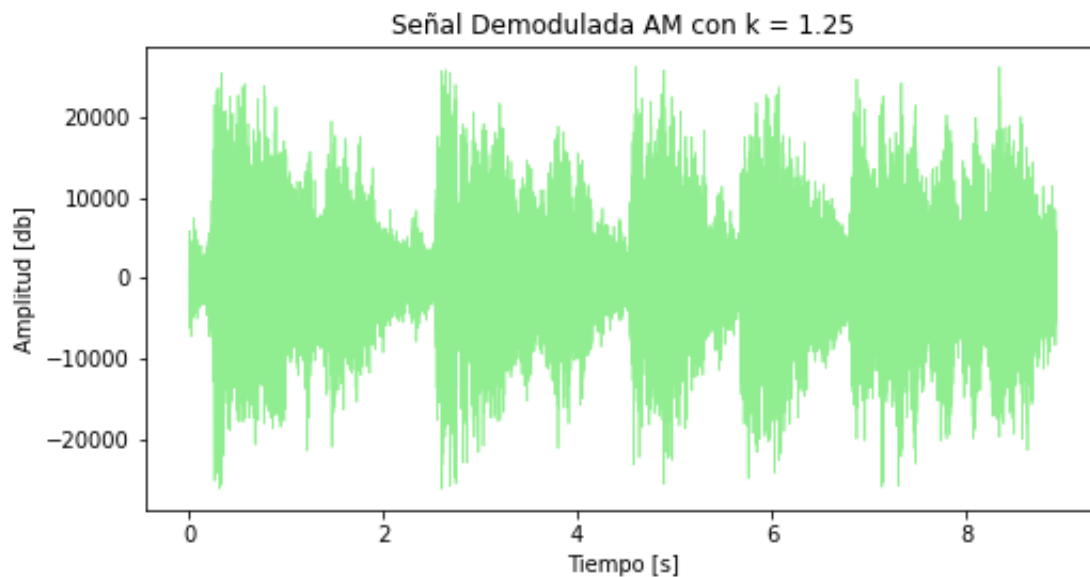


Figura 11: Señal demodulada en AM con  $k = 1,25$ .

Al cual si queremos ver su espectro de frecuencia, solo habrá que aplicarle la transformada de Fourier, dando como resultado la siguiente imagen:

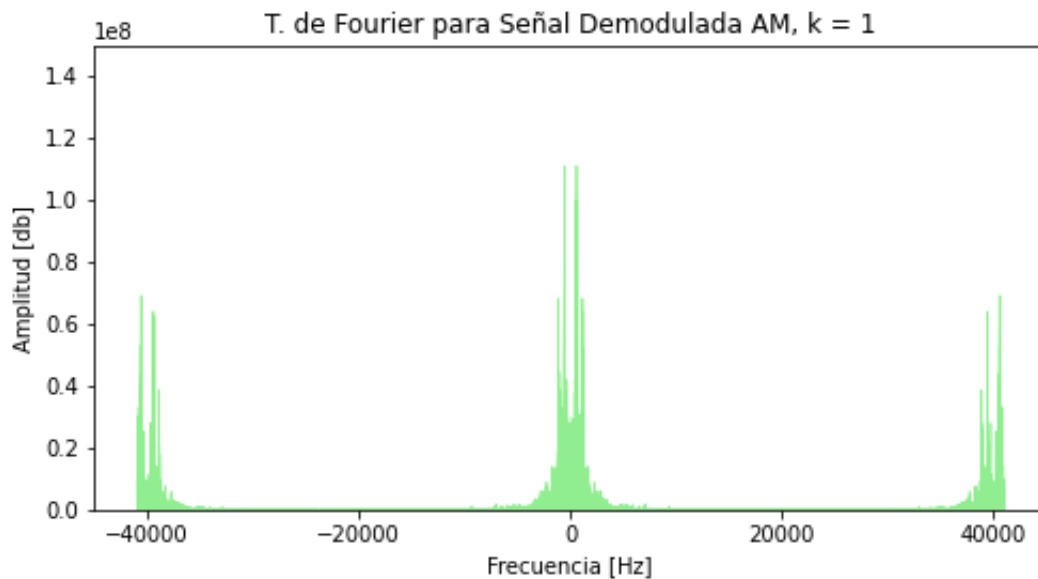


Figura 12: Transformada de Fourier de la Señal demodulada en AM con  $k = 1$ .

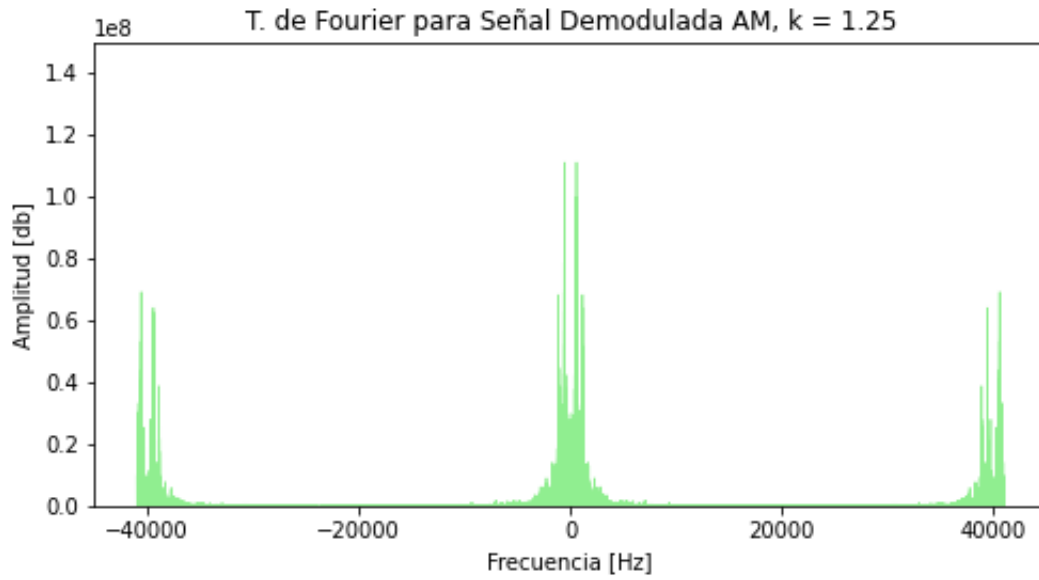


Figura 13: Transformada de Fourier de la Señal demodulada en AM con  $k = 1,25$ .

Esta señal ahora tiene residuos de la modulación, los cuales se pueden quitar con un filtro pasa bajos al rededor de la frecuencia  $0[Hz]$ , utilizando la llamada al modulo de *signal*, las cuales se pudo obtener los coeficientes para el filtro y directamente la señal modificada con la funcionalidad de `filtrada = signal.lfilter(coef,1.0,data)`, donde `coef` son los coeficientes de filtrado, dando un espectro de la siguiente forma:

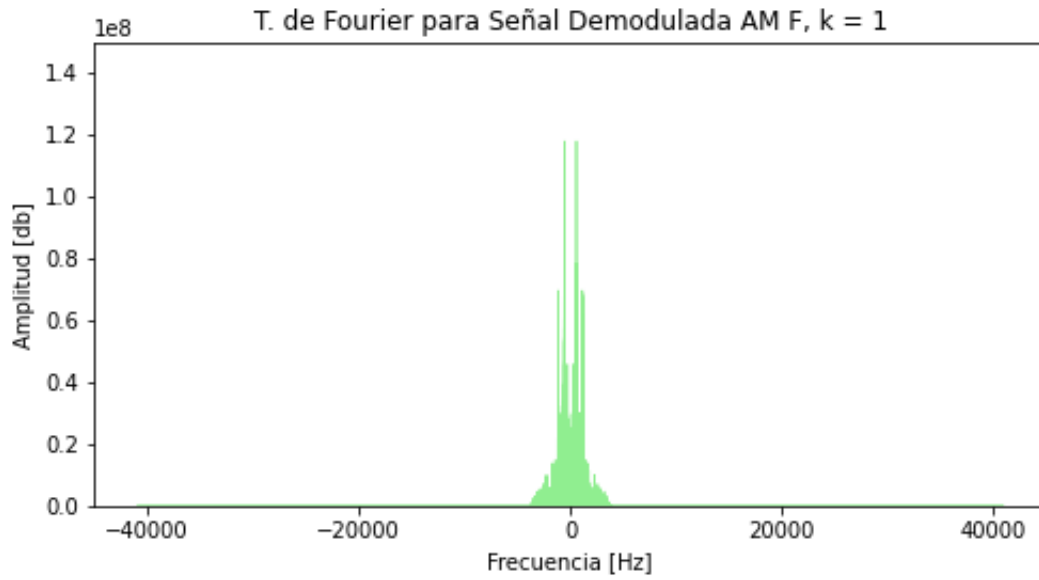


Figura 14: Transformada de Fourier de la Señal demodulada con filtro Pasa-bajos en AM con  $k = 1$ .

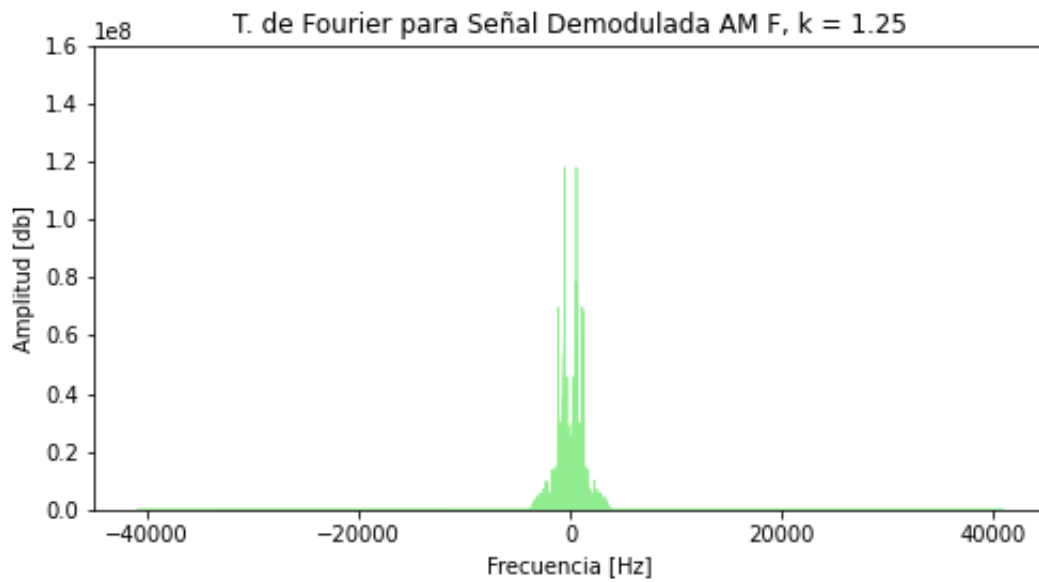


Figura 15: Transformada de Fourier de la Señal demodulada con filtro Pasa-bajos en AM con  $k = 1,25$ .

Por otra parte, el filtrado directamente obtiene las siguientes señales.



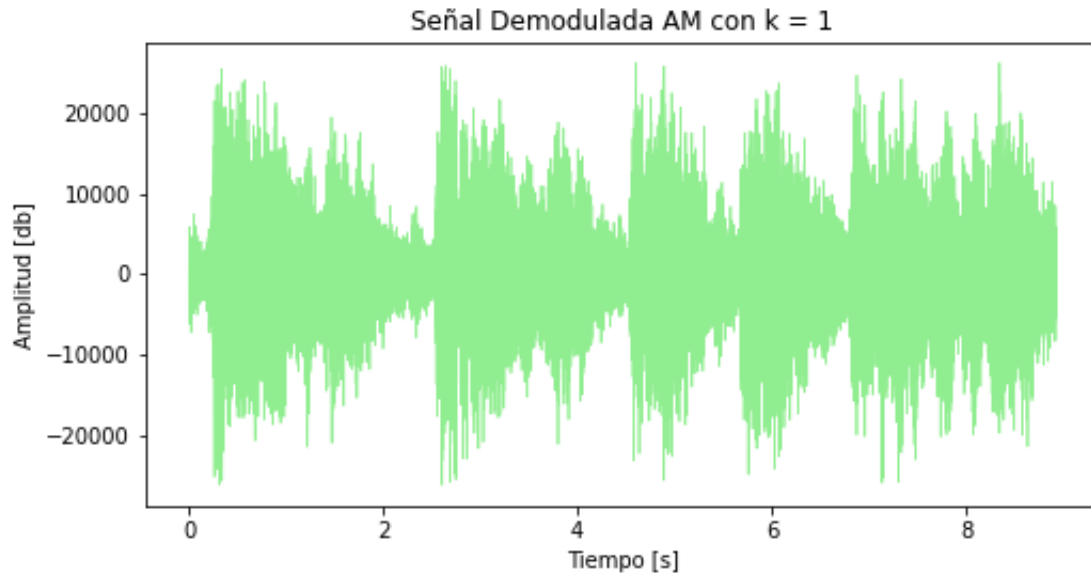


Figura 16: Señal demodulada con filtro Pasa-bajos en AM con  $k = 1$ .

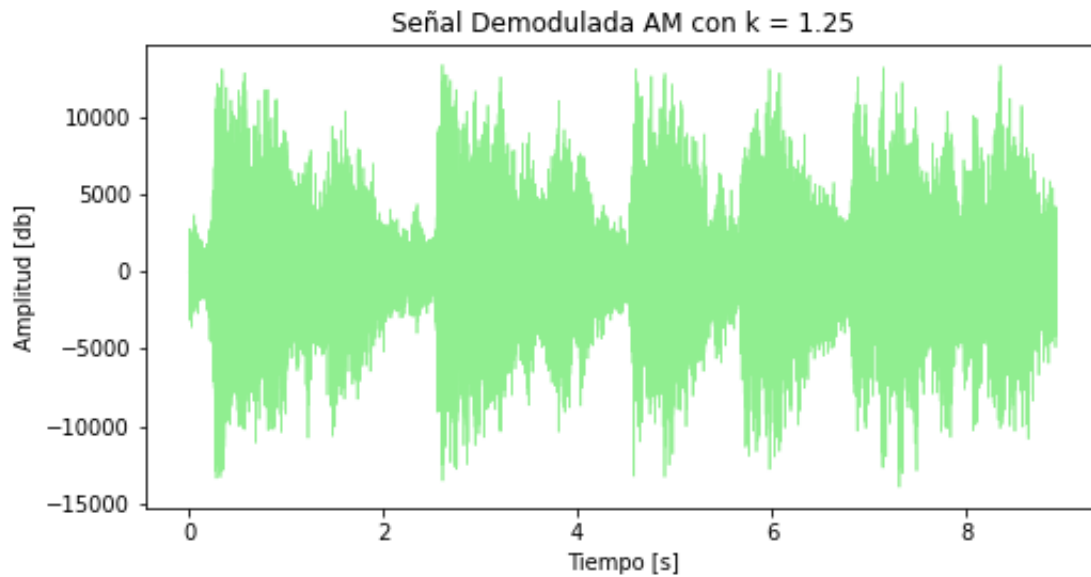


Figura 17: Señal demodulada con filtro Pasa-bajos en AM con  $k = 1,25$ .

### 3.2. Parte 2: Modulación FM

Lo que compete a este capítulo es la implementación y obtención de resultados de la modulación en FM de la señal original utilizando las variables de muestreo creadas para

las pruebas. Se construyo una función capaz de calcular la expresión:

$$y_FM(t) = \cos(2\pi * f_p * t + k * \int_0^t m(\tau) d\tau)$$

donde cada uno de estas variables son los mismos para la modulación AM.

Con ayuda de las funcionalidades que ofrece *scipy*, se utiliza las funcionalidades *integrate* para obtener en los primeros pasos la integral de  $m(t)$  con la siguiente expresión en el lenguaje de programación: `integral = integrate.cumtrapz(mt, t, initial = 0)`, donde `mt` es la función interpolada de la señal original, `t` es la variable de tiempo y `initial` es un parametro opcional en cuando es 0 devuelve desde el primer valor de la integral. Con esto se obtienen los siguientes resultados en el dominio del tiempo.

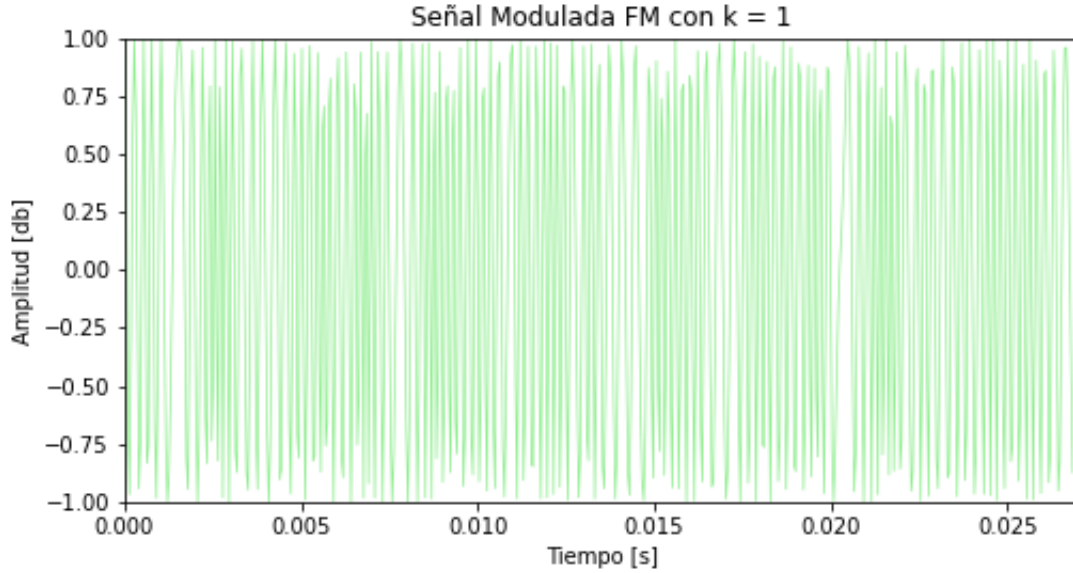


Figura 18: Señal Modulada FM con  $k = 1$ .

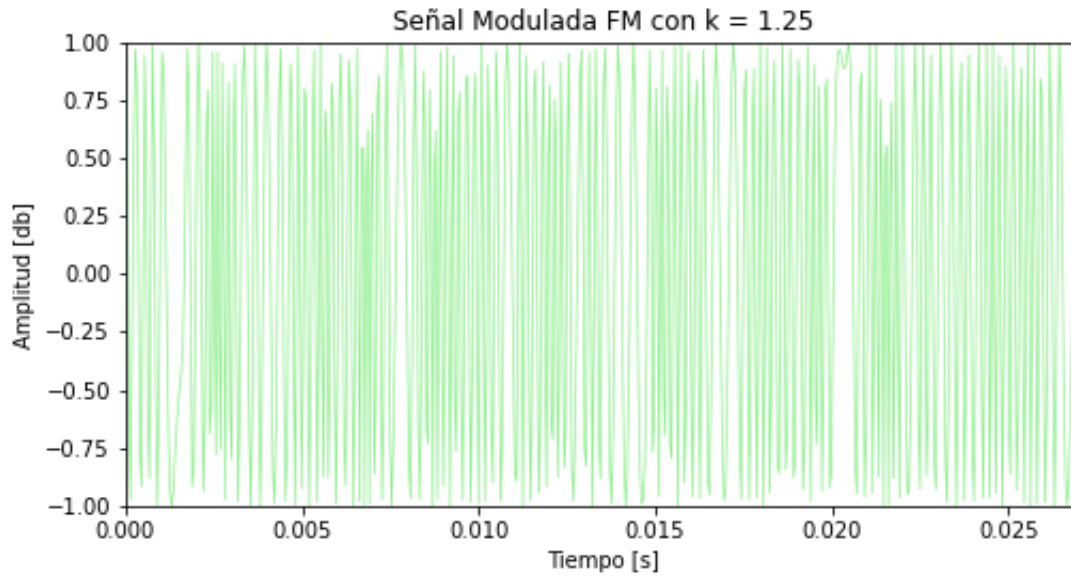


Figura 19: Señal Modulada FM con  $k = 1,25$ .

Lo cual se puede, aplicando las mismas estrategias que para la modulación AM, obtener las transformadas de Fourier respectivas para cada una de las señales obtenidas.

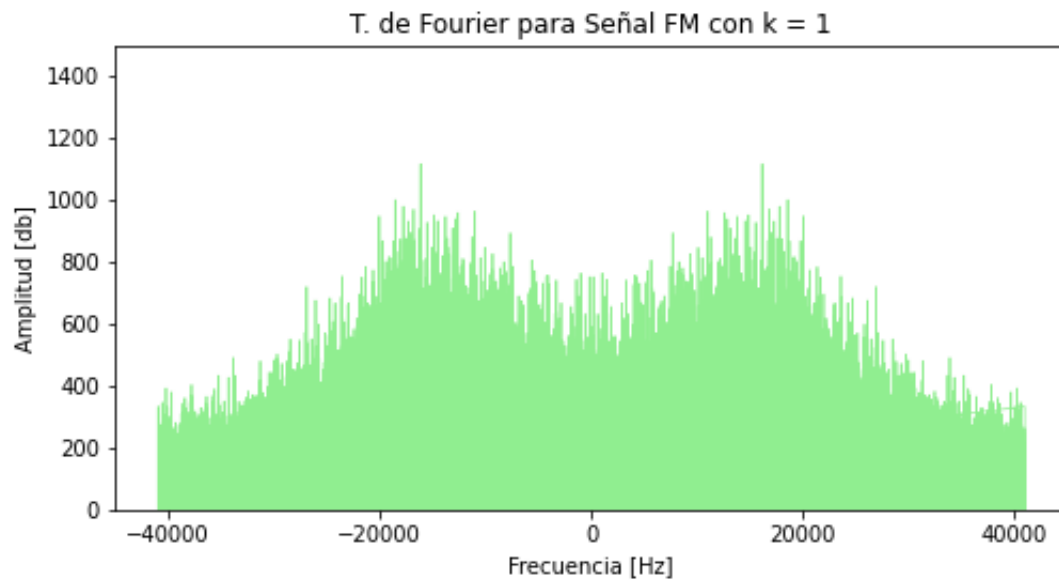


Figura 20: Transformada de Fourier de Señal Modulada FM con  $k = 1$ .

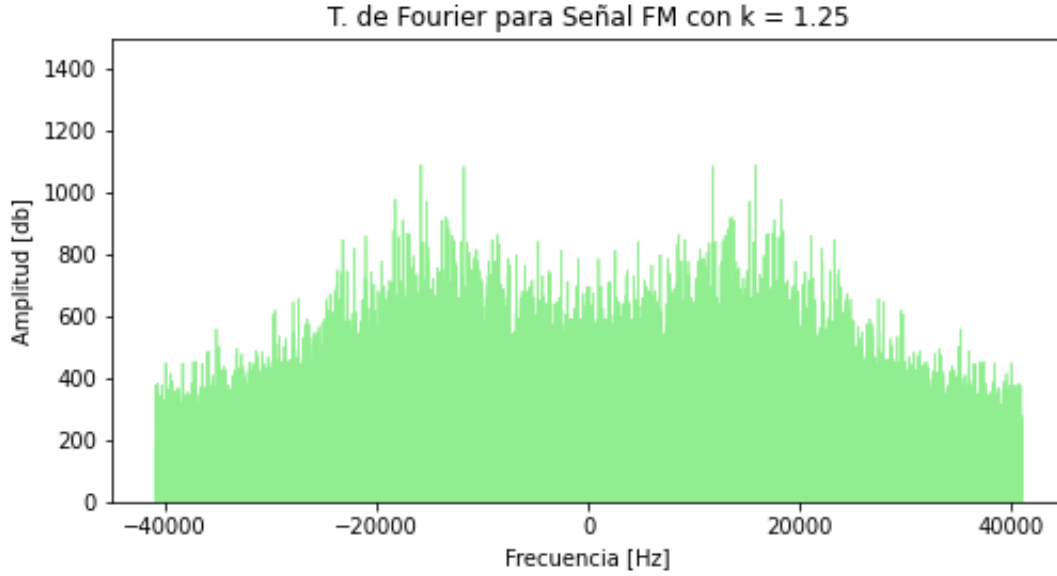


Figura 21: Transformada de Fourier de Señal Modulada FM con  $k = 1,25$ .

### 3.3. Parte 3: Anchos de Banda

Finalmente, para cada una de las modulaciones se obtuvo el ancho de banda de cada una de las señales. Lo cual se utilizarán técnicas distintas para cada una de las modulaciones.

Para la modulación AM desde la frecuencia portadora se obtiene la distancia la cual está definida por la frecuencia de la señal moduladora a la izquierda y derecha de  $20000[Hz]$ , al traducirlo a una formula matemática, se obtuvo de la siguiente manera:

$$BW_{AM} = (f_p + f_m) - (f_p - f_m)$$

donde  $f_p$  es la frecuencia de la señal portadora ( $20000[Hz]$ ) y  $f_m$  es el ancho de banda de la señal moduladora o frecuencia simplemente ya que al realizar la lectura del archivo otorgó solamente un valor;  $8192[Hz]$ . Se puede reducir la expresión a

$$BW_{AM} = 2 * f_m$$

lo cual otorga un resultado de  $16384[Hz]$  tanto para  $k = 1$  y para  $k = 1,25$

Por otra parte, la modulación FM es una forma distinta de obtener, a través de

la Regla de Carson, Santa Cruz (2010), la cual indica que

$$B = 2(\Delta f + f_m(\text{máx}))$$

donde  $\Delta f$  es la desviación de la frecuencia de la modulación. Este se puede obtener como

$$\Delta f = f_m * k$$

Por ende para  $k = 1$  el ancho de banda es  $32768[Hz]$  y para  $k = 1,25$  se obtiene un BW de  $36864[Hz]$

## 4. Análisis de resultados

Luego del desarrollo de esta instancia, se ha de comparar los resultados prácticos, con los realmente esperados por el equipo de trabajo en esta experiencia.

### 4.1. Comparación de espectros de la señal

Para el caso de modulación AM, se puede observa en el gráfico de la figura X que la amplitud es de 2,5 normalizado en  $1e8$ , y se puede apreciar que las frecuencias oscilan con gran amplitud entre los puntos cercanos a los  $4000[Hz]$  y  $-4000[Hz]$ . Mientras que al ver la figura X o X correspondiente al espectro de la señal modulada en AM con  $k = 1$  o  $k = 1.25$  respectivamente, se puede observa un cambio considerable en la amplitud de las frecuencias, la que es más baja que antes, teniendo su cenit en el valor cercano a los  $1e8$  para el caso de  $k = 1$  y  $2e8$  para el caso de  $k = 1.25$ . Además, el dominio de las frecuencias tuvo un desplazamiento, donde ahora las frecuencias con amplitudes significantes están en el rango de los  $-30000[Hz]$  hasta los  $-10000[Hz]$  y entre los  $10000[Hz]$  hasta los  $30000[Hz]$  aproximadamente. Con lo cual los gráficos nos muestran un cambio notable en sus espectros de señal antes y después de la modulación.

Teniendo en cuenta las observaciones al gráfico del espectro de frecuencias para la señal original hechas previamente. Podemos también hacer una comparación de esta con las de las figuras x y x correspondientes al espectro de frecuencias para la señal en FM con  $k = 1$  y  $k = 1.25$  respectivamente; en donde se observa que la frecuencia dibuja una figura totalmente diferente con respecto a la señal original. Aquí se muestra que el espectro de frecuencia fluctúa mas allá de los  $-40000[Hz]$  y de los  $40000[Hz]$ , sin la existencia de zonas intermedias con frecuencias de amplitud 0 o muy cercana al 0. Otro punto notable a tener en cuenta en el espectro de frecuencias FM es que en general, las amplitudes son mucho más bajas que en la señal original donde la máxima amplitud observada está en el rango de los  $1200[dB]$  tanto en la modulación con  $k = 1$  como en la que tiene  $k = 1.25$ .

## 4.2. Recuperación de la señal modulada en AM

Como se puede ver en las figuras X Y y Z, éstas son muy similares por no decir idénticas, donde en las figura Y y Z se muestra la señal de audio demodulada en AM con  $k = 1$  y  $k = 1,25$  respectivamente. Concluyendo así en base a los resultados obtenidos que sí se puede recuperar la señal original independiente del índice de modulación utilizado.

## 4.3. Usos de la Modulación AM y FM

### 4.3.1. AM

Para la modulación AM es utilizado por las Radiotransmisoras, el cual tiene la ventaja de poder transmitirse a grandes distancias debido al control sobre la amplitud de la señal modulada, permitiendo modificar la cantidad de energía la cual se va a introducir en la modulación para poder enviarla. Por esto mismo es muy facil captar esta frecuencia, considerando que el ancho de banda no grande comparado con las modulaciones FM, se pueden obtener un espectro mayor de canales para las Radios AM, cabe añadir que entre canales existe un distanciamiento para que estas no interfieran con otros canales en frecuencias adyacentes (controlado por la frecuencia de la señal portadora, realizado por un oscilador). Por otra parte, el uso de la modulación AM ha tomado gran control del procesamiento de señales en el área musical, para la implementación de efectos en guitarras y pedales para estas. Alguno de los efectos son más populares son el *tremolo*, el cual con una señal portadora de muy baja frecuencia ( $20[Hz]$ ) aumenta y disminuye el volumen de las tonalidades que se están tocando.

### 4.3.2. FM

Los principales usos para la modulación FM son la modulación de señales sonoras como las de las radiodifusoras, tanto en una vía como para transmitir voz en la radio de dos vías, También se utiliza mucho en el campo de la comunicación espacial, donde se utilizan ondas en FM para enviarlas al espacio, esto es debido a que la modulación FM es muy buena para sistemas de recepción- transmisión, debido a que la relación señal-ruido es muy

favorable, haciendo que se la señal tenga una forma de transmitirse muy segura y por ende, con poca perdida de información. Por esto mismo es que existen micrófonos con modulación en FM.

#### **4.4. Costos al modular una señal**

Para empezar se ha visto a lo largo de la experiencia en la sección de Ancho de Banda, se ha visto que para ambas modulaciones ha aumentado el Ancho de Banda, como mínimo el doble de la señal original. Incluso analizando entre ambos costos de Anchos de Banda, podemos apreciar que para la modulación en amplitud, será el doble del ancho de banda de la señal original, por otro lado el mínimo que puede optar la modulación por frecuencias es esa cantidad (cuando la desviación de frecuencias es igual a  $0[Hz]$ ), por ende el costo (en ancho de banda) para la Modulación FM nunca será más angosto que la Modulación AM, haciendo así que esta última ocupe un mayor espectro de frecuencias en las cuales le quita la posibilidad a otros canales de ocupar algunas de esas, por ejemplo en una radial FM, es por ello también que la modulación por amplitud permite mayor número de canales.

#### **4.5. Problemas al demodular una señal**

Entre los problemas que pueden haber al momento de demodular una señal está el decaimiento de la señal, la cual dependiendo de la distancia a la que se transmita podría decaer y por ende no dar la misma señal al momento de demodular. Otro de los problemas con los que tiene que lidiar la demodulación es con el ruido, el cual al ser demodulada una señal con que haya adquirido ruido en el camino, no podrá obtener la señal original por completo, o puede ser saber el índice de modulación para aplicar el calculo opuesto. Al final y al cabo el problema mas común al demodular es la perdida de información o la mutación de esta debido a que al momento de utilizar un método de demodulación, pueden ocurrir cosas como que se detecta la envolvente con una pequeña variación alterando la señal para el caso de la FM, o que ocurra un corrimiento de fase para el caso de AM.



## 4.6. Al modificar el índice de modulación en AM

Al realizar este experimento se han usado índices de modulación con valores de 1 y 1,25, lo cual se entiende que para la modulación AM debería ser un número de 0 a 1, representando la diferencia porcentual entre la amplitud de la señal moduladora y la señal portadora, es por ello que al usar una amplitud mayor a 1, en este caso 1,25, la señal resultará en una **Sobremodulación**, en la cual significa que la amplitud de la señal portadora es mayor a la señal moduladora. En este caso no se vio perdidas de información en la onda, pero si variaciones de amplitud en la cual los resultados solo presentaron eso, ya que tienen el mismo comportamiento. Para seguir comprobando aquello se elevó, en una instancia aparte el valor del índice de modulación por sobre 26214[db] que es la máxima amplitud de la señal a modular. En el cual se ve una deformación de la señal.

## 5. Conclusión

A lo largo de este reporte se ha estudiado el resultado de los Modulares tanto de amplitud (AM) como los de frecuencia (FM), en los cuales se analizó especialmente la correcta implementación de moduladores sobre una señal de audio, las transformadas de fourier por cada etapa de la modulación y finalmente los anchos de banda de cada uno de los moduladores.

Con esto se han cumplido los objetivos propuestos al inicio de este reporte, los cuales se han cumplido, exceptuando la implementación completa del demodulador FM, el cual las complicaciones que se sufrieron fue que el código no resultaba con los datos esperados para obtener el gráfico de la derivada de la señal modulada en FM, por tanto se comentó en el código de fuente, para mantener el orden del código y evidencia de que se intentó implementarlo.

Para la parte de modulación, se obtuvieron datos esperados, los cuales debido al índice de modulación cambiara la amplitud para las modulaciones en AM y para la modulación en FM solo cambiara la frecuencia en la cual se moduló. Junto con ello los anchos de banda se puede ver que los resultados de AM se puede ver claramente al revisar el ancho de las frecuencias en su transformada. Por otra parte siguiendo las reglas de Carson también se pudieron obtener efectivamente el ancho de banda de FM, dando a conocer la cantidad del coste que significa respecto a la modulación AM.

# Bibliografía

- Edelman, S. K. (2011). Ultrasound physics. ascexam. page 5. <https://docplayer.net/20982411-Ultrasound-physics-ascexam-review-2011-sidney-k-edelman-ph-d-director-esp.html>.
- Gutierrez, F. H. G. (2019). *Modulación y demodulación de AM Examen de Suficiencia Profesional Resolución N° 0848-2018-D-FATEC*.
- John G. Proakis, Masaoud Salehi, G. B. (2011). *Contemporary Communication Systems using Matlab*. CENGAGE Learning.
- Oppenheim, A. (2011). *Signals and Systems*. Creative Commons.
- Pascua, A. P. (2016). *“Implementación de un demodulador de radio FM definido por Software*.
- Santa Cruz, O. M. (2010). *Requerimientos del ancho de banda para las ondas, con modulación angular*.
- Stallings, W. (2008). *Comunicaciones y Redes de Computadores*. Pearson.
- TheSciPyCommunity (2021). *SciPy User Guide*.
- Tippens, P. E. (2011). *Física - Conceptos y aplicaciones*. McGrawHill.