

Laboratorio N°1

SEÑALES ANÁLOGAS Y DIGITALES

Joaquín Villagra Pacheco joaquin.villagra@usach.cl

Profesor Carlos González Cortés carlos.gonzalez.c@usach.cl

Ayudantes

Cátedra: Pablo Reyes Díaz pablo.reyesd@usach.cl

Laboratorio: Maximiliano Pérez Rodríguez maximiliano.perez@usach.cl

ÍNDICE

[INTRODUCCIÓN](#)

[GLOSARIO](#)

[DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA](#)

[ANÁLISIS DE RESULTADOS](#)

[CONCLUSIONES](#)

[REFERENCIAS](#)

INTRODUCCIÓN

Dentro del estudio de redes de comunicación existe un elemento clave, el cual hoy en día es mirado en menos producto de la popularización de internet y de las redes de computadoras, este término que quizás puede ser desconocido se denomina “señal”. Una señal consiste en la propagación de una perturbación de alguna propiedad del espacio, por ejemplo, densidad, presión, campo eléctrico o campo magnético, implicando un transporte de energía sin transporte de materia. El espacio perturbado puede contener materia o no, es decir puede ser generada una señal en el vacío.

En el presente informe se dejará evidencia del trabajo realizado al analizar una perturbación en el aire, tal como lo es un registro de audio, el cual es una señal de comunicación con el satélite chileno SUCHAI. El trabajo consiste en decodificar la señal de audio entregada y graficar el espectro de ondas involucradas en el dominio del tiempo. Posteriormente, se deberá ocupar los fundamentos teóricos para pasar dicha señal al dominio de la frecuencia (haciendo uso de la transformada de Fourier). Se comparan resultados y se itera el procedimiento restringiendo el conjunto de datos para así estudiar de mejor manera la transformada de Fourier.

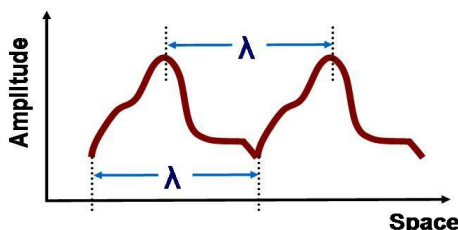
Este informe contempla:

1. Introducción
2. Glosario, donde se especifican ciertos conceptos clave para el análisis de señales.
3. Desarrollo de la experiencia, donde se indica en detalle el desarrollo del software decodificador de señales.
4. Análisis de Resultados, donde se interpretan los resultados contrastados con los fundamentos teóricos del análisis de señales de comunicación.
5. Conclusiones, se entrega una síntesis del trabajo realizado, indicando los conceptos y teoremas comprobados.
6. Referencias Bibliográficas, se deja evidencia de toda fuente de información consultada o referenciada para la construcción del presente informe.

GLOSARIO

Antes de ahondar en la lectura de este trabajo, es necesario conocer ciertos conceptos claves de las ciencias básicas de la ingeniería, tales como la física y matemática aplicadas al ámbito de las comunicaciones.

- Período (T): El periodo es el tiempo que tarda la onda en ir de un punto de máxima amplitud al siguiente.
- Amplitud (A): La amplitud es la distancia vertical entre una cresta y el punto medio de la onda. Nótese que pueden existir ondas cuya amplitud sea variable, es decir, crece o decrece con el paso del tiempo.
- Frecuencia (f): Número de veces que es repetida dicha vibración por unidad de tiempo. En otras palabras, es una simple repetición de valores por un período determinado.
- Longitud de onda (λ): Es la distancia que hay entre el mismo punto de dos ondulaciones consecutivas, o la distancia entre dos crestas consecutivas.



- Transformada de Fourier: es una transformación matemática empleada para transformar señales entre el dominio del tiempo (o espacial) al dominio de la frecuencia, que tiene muchas aplicaciones en la física y la ingeniería. Es reversible, siendo capaz de transformarse en cualquiera de los dominios al otro.

$$\mathcal{F}\{f\} : \xi \mapsto \hat{f}(\xi) := \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-2\pi i \xi x} dx,$$

- Señal analógica: Es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético y que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo (representando un dato de información) en función del tiempo. Algunas magnitudes físicas comúnmente portadoras de una señal de este tipo son eléctricas como la intensidad, la tensión y la potencia, pero también pueden ser hidráulicas como la presión, térmicas como la temperatura, mecánicas.
- La **señal digital** es un tipo de señal en que cada signo que codifica el contenido de la misma puede ser analizado en término de algunas magnitudes que representan valores discretos, en lugar de valores dentro de un cierto rango. Esto no significa que la señal físicamente sea discreta, sino que en general existe una forma de discretizar.

DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

Se solicita a través del desarrollo de un software en el lenguaje de programación Python, decodificar una señal de comunicación y efectuar el cumplimiento de los siguientes puntos:

1. Importe la señal de audio utilizando la función `read` de `scipy`.
2. Grafique la función de audio en el tiempo.
3. Utilizando la transformada de fourier:
 - a. Grafique la señal en el dominio de la frecuencia.
 - b. A la función en su frecuencia calcule la transformada de fourier inversa, compare con la señal original.
4. En el dominio de la frecuencia:
 - a. Analice el espectro y determine los componentes de mayor amplitud.
 - b. Genere un nuevo espectro, truncando el resultado original en torno a la amplitud máxima con un margen del 15%.
 - c. Calcule la transformada de fourier inversa y compare la señal generada con la original.

Para el punto 1, se hace uso de la documentación de la biblioteca `Scipy`, específicamente haciendo uso de la función `read`, con ella se puede leer el contenido del archivo "beacon.vaw", el cual contiene el audio en código morse de la comunicación existente con el satélite SUCHAI. Graficando la señal de comunicación se observa lo siguiente:

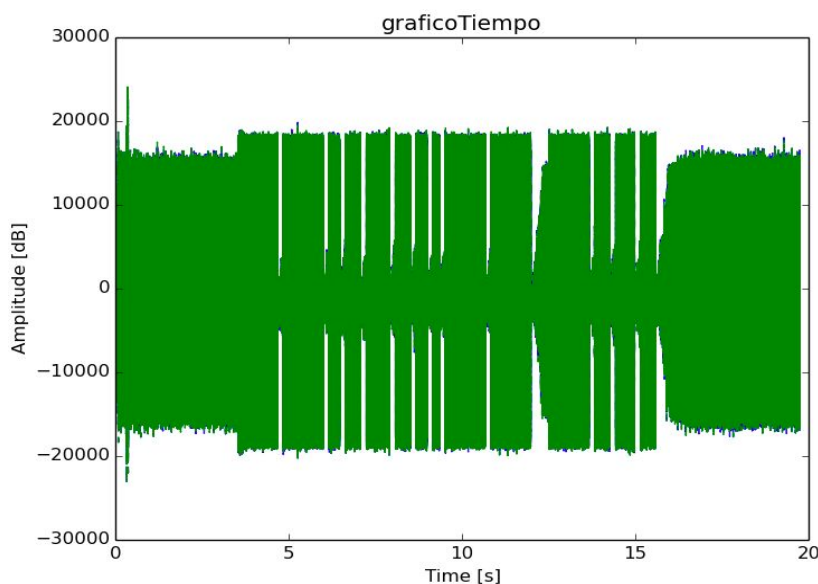


Figura 1: Gráfico Amplitud Vs Tiempo

Usando la función de la biblioteca matplotlib, es posible la generación de las distintas gráficas solicitadas en esta experiencia. A continuación la figura 2 ilustra la transformación del dominio de la señal capturada. La señal original es pasada por una función, la cual la pasa al dominio de la frecuencia mediante las operaciones de transformada de Fourier provistas por la biblioteca Scipy. Teniendo los datos convertidos al dominio frecuencial, es posible efectuar la siguiente gráfica de la señal.

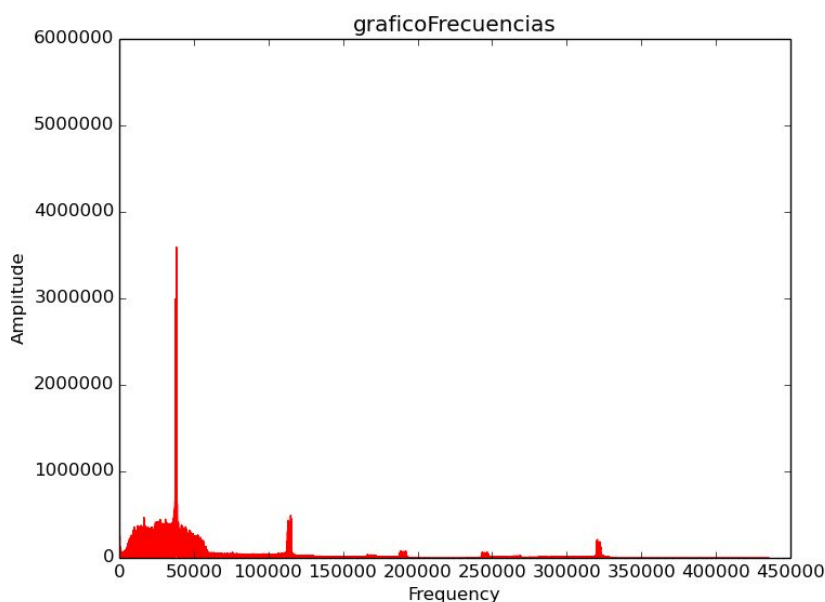


Figura 2: Gráfico Amplitud Vs Frecuencia

Continuando con la actividad, se efectúa la transformada de Fourier inversa de la señal.

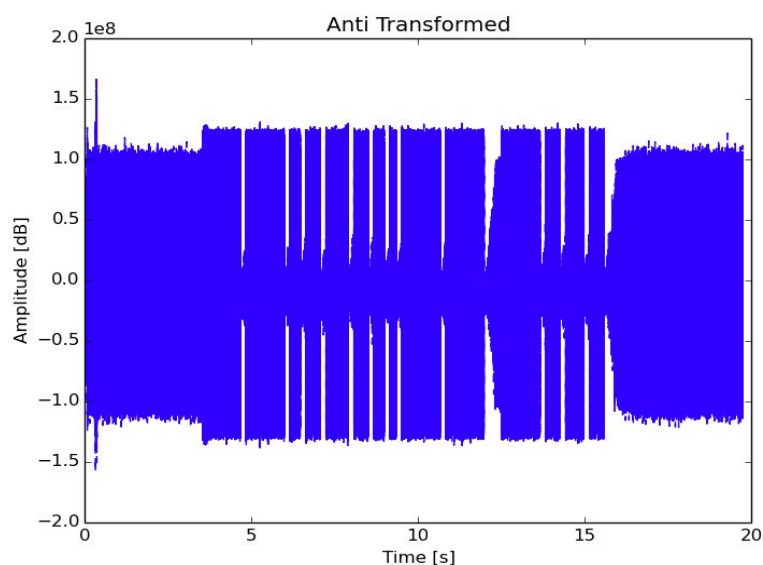


Figura 3: Gráfico Amplitud Vs Tiempo

Posteriormente, se efectúa la modificación del conjunto de datos capturados en primera instancia. De la señal se determina la máxima amplitud registrada (A), mediante una función se obtiene la posición(I) del elemento A dentro del conjunto o lista de datos. Esta posición I se convierte en el punto céntrico del nuevo conjunto de datos a generar, el cual posee un radio correspondiente al quince por ciento de la cantidad de datos originales. Graficando el nuevo conjunto de datos, en el dominio frecuencial, se tiene:

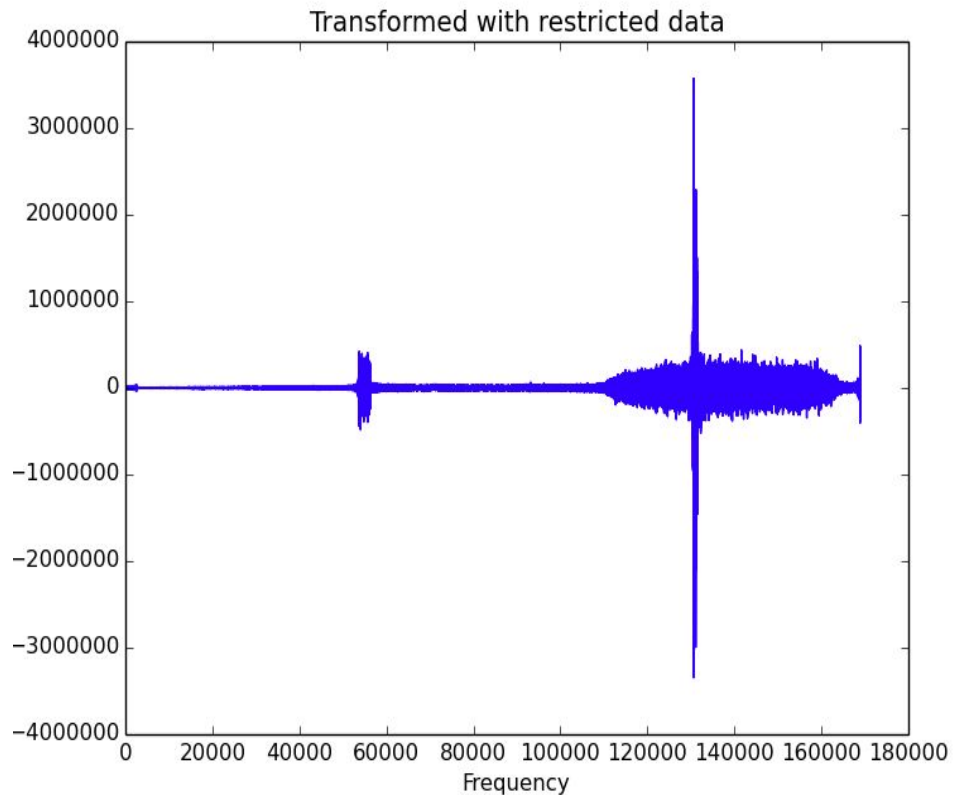


Figura 4: Amplitud Vs Frecuencia con datos restringidos

Luego, obteniendo su transformada de Fourier inversa, dicho en otros términos, llevando el conjunto de datos al dominio del tiempo, se tiene la siguiente gráfica:

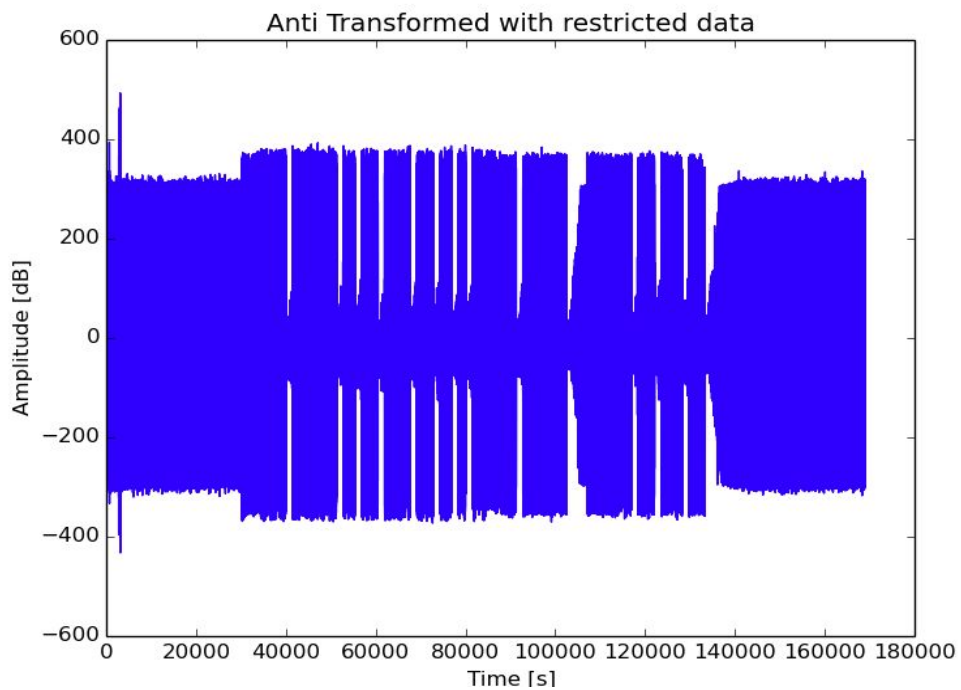


Figura 5: Amplitud Vs Tiempo con datos restringidos

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El uso de la transformada de Fourier da muchas ventajas, permite observar de mejor manera la señal, identificando elementos que anteriormente no eran contemplativos. Pero como todo no es perfecto, la transformación puede implicar errores, los cuales son producto de la inexactitud de los métodos numéricos empleados. Además de esto existen otras variables que intervienen en el análisis de la señales, elementos como el ruido de la señal pueden afectar en su correcta interpretación entre otras variables que se ahondará posteriormente.

Para analizar de mejor manera las distintas gráficas generadas, se utilizará la opción de zoom de la interfaz.

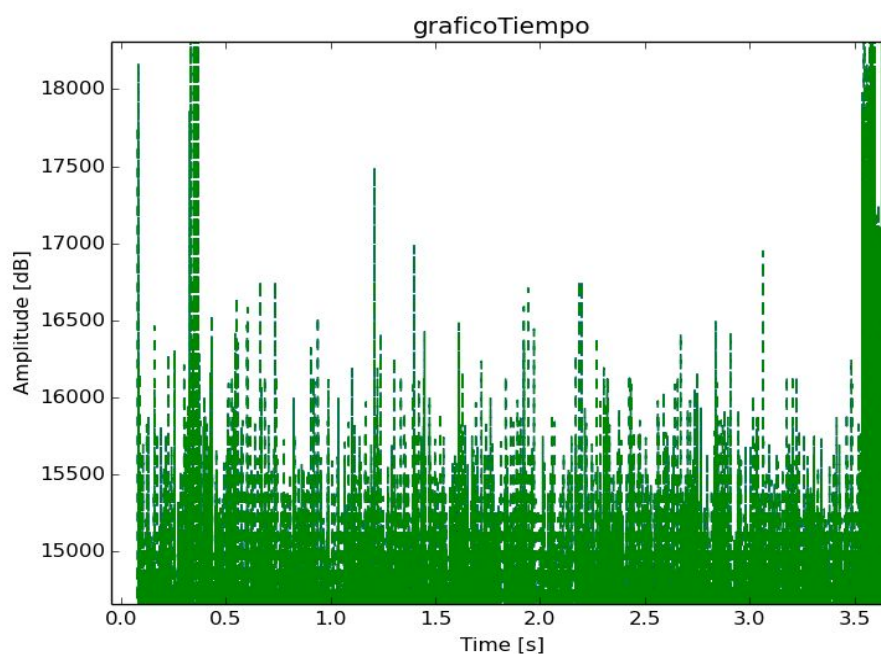


Figura 6-1: Gráfico Amplitud Vs Tiempo [Zoom]

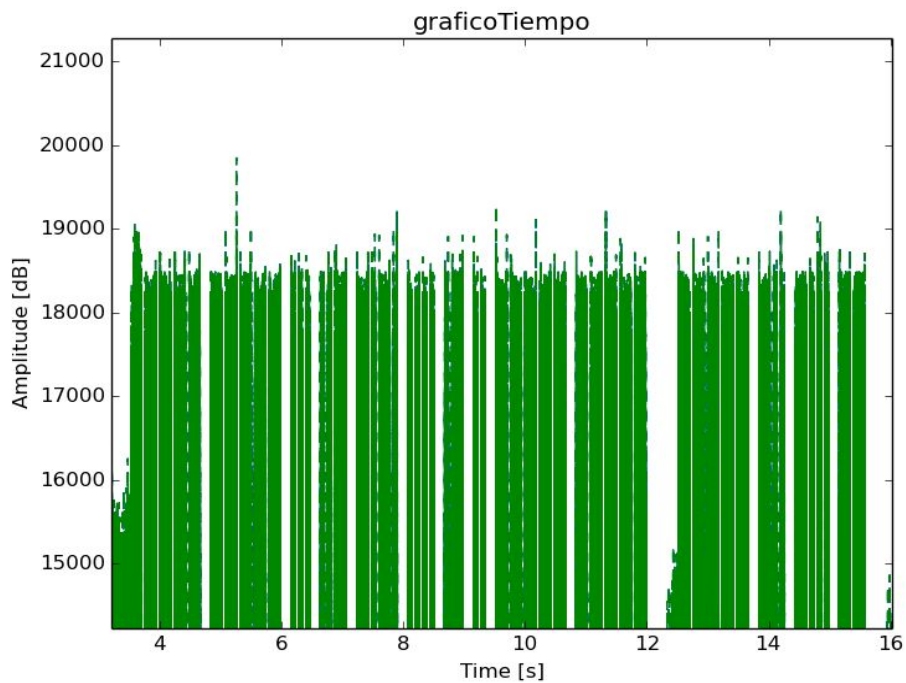


Figura 6-2: Gráfico Amplitud Vs Tiempo [Zoom]

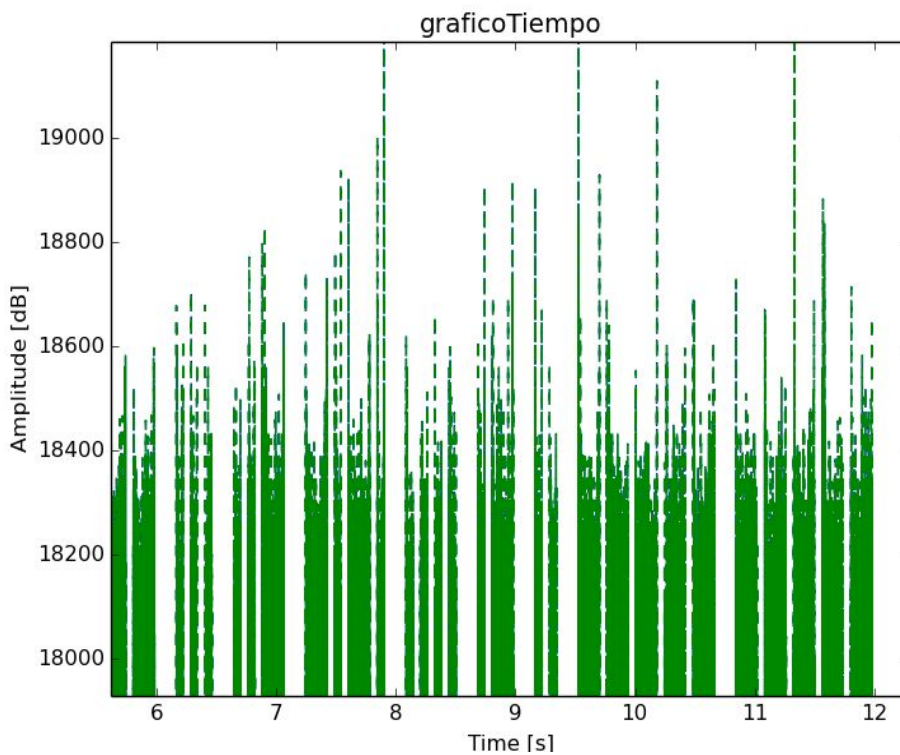


Figura 6-3: Gráfico Amplitud Vs Tiempo [Zoom]

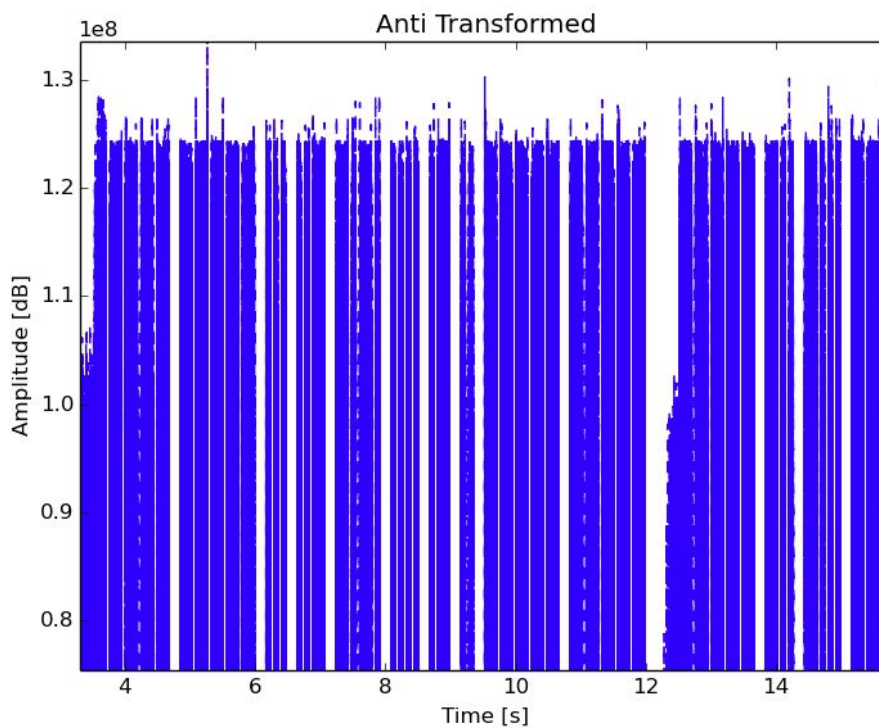


Figura 7-1: Gráfico Amplitud Vs Tiempo [Zoom]

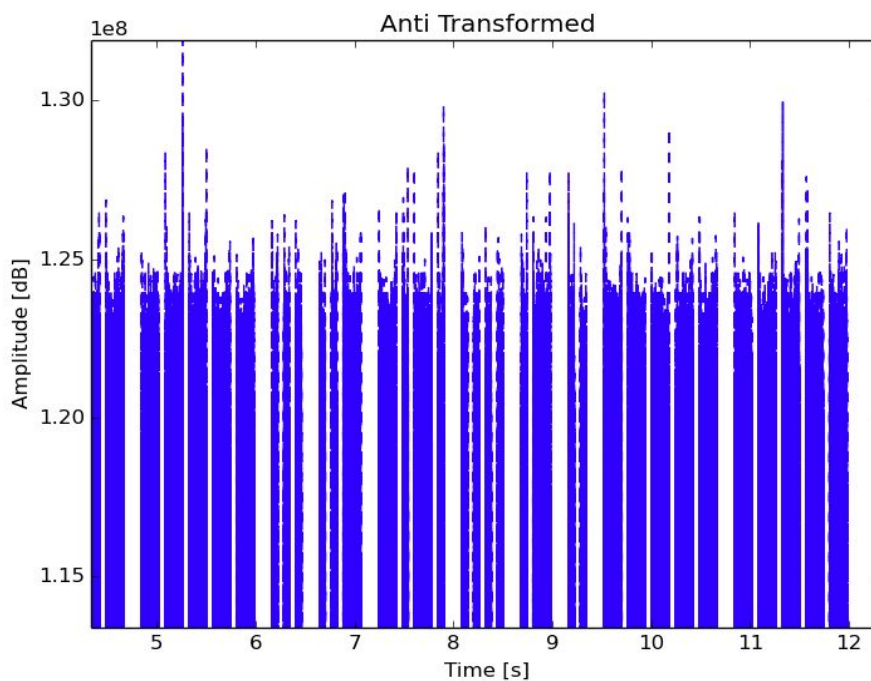


Figura 7-2: Gráfico Amplitud Vs Tiempo [Zoom]

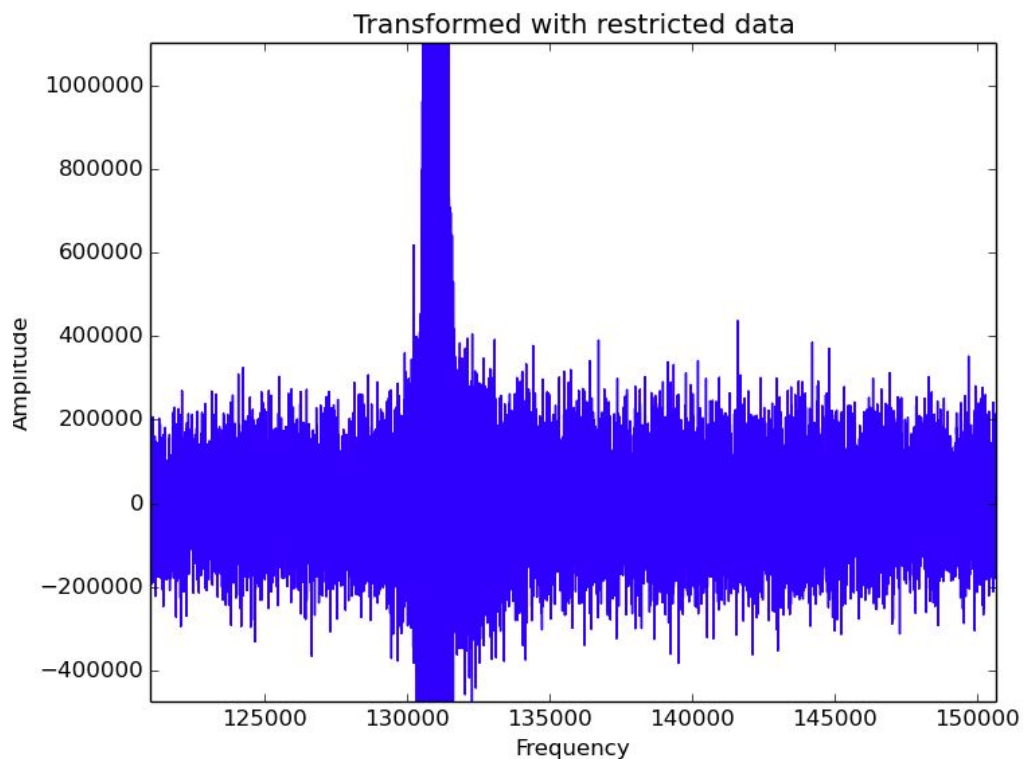


Figura 8: Gráfico Amplitud Vs Frecuencia [Zoom]

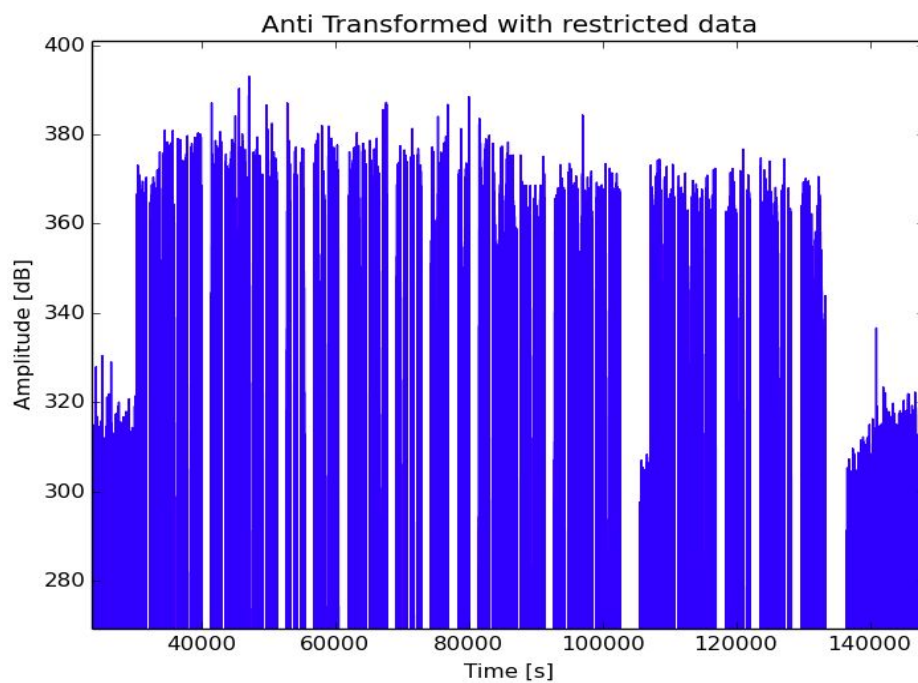


Figura 9: Gráfico Amplitud Vs Tiempo [Zoom]

Respecto a todas las figuras anteriormente presentadas se puede inferir lo siguiente:

1. Las figuras 6-X muestran señales que son claramente análogicas, las cuales pueden ser representadas por funciones matemáticas continuas en el tiempo.
2. Los picos de la señal de audio original alcanzan registros máximos cercanos a los 20.000 decibeles.
3. Se puede inferir que esta señal posee una gran cantidad de ruido debido a que cuesta mucho diferenciar los instantes en los cuales se transmite información y aquellos que no.
4. De la transformada de Fourier (*Figura 2*), se logra una visualización más limpia de la señal, logrando identificar los sectores de frecuencia que corresponden al punto y raya del código morse transmitido. Al mismo tiempo, cabe destacar que en el dominio de la frecuencia el sesgo de análisis producido por el ruido de la señal se ve minimizado.
5. Al efectuar la transformada de Fourier inversa se logra una representación muy similar a la original, existiendo un error mínimo. Esto no es siempre así, ya que dependiendo del comportamiento de las señales, la aproximación del método numérico puede variar la desviación típica respecto al muestreo original.
6. El proceso truncado de la señal, en torno al punto máximo involucrando un radio del quince por ciento del total de la señal, es muy interesante. A partir de este proceso se logra obtener una señal parecida a la original pero con decibeles mucho menores. Podríamos inferir que este proceso, sugerido por el cuerpo de profesores de la asignatura, logra una especie de filtro de la señal, lo cual queda sujeto a discusión y comprobación que puede ser materia de las siguientes cátedras del curso.

CONCLUSIONES

A través de esta experiencia de laboratorio se logra el objetivo planteado en primera instancia por el cuerpo de profesores que componen la asignatura. Se refuerzan los contenidos abordados en la cátedra de Redes de computadores, enfatizando en conceptos claves como lo son ondas, señales, transformada de Fourier y un acercamiento práctico a lo que es la modulación de señales.

Se evidencia la importancia de la transformada de Fourier, herramienta matemática que ha servido para desarrollar diversas áreas técnicas de la ciencia tales como lo son las comunicaciones, modelamiento de imágenes, entre muchas más. Pese a no ser un método exacto, es el mejor método para aproximar señales y lograr la conversión análogo - digital necesaria para obtener lo que hoy entendemos por redes de comunicación.

REFERENCIAS

- [1] SciPy Developers. (2016). Documentation. 12/04/2016, de SciPy Developers
Sitio web: <http://scipy.org/>

- [2] John Hunter, Darren Dale, Eric Firing, Michael Droettboom and the matplotlib development team.. (2012). Documentation. 12/04/2016, de matplotlib Developers
Sitio web: <http://matplotlib.org/>

- [3] Lathi, B. (1992). Introducción a la teoría y sistemas de comunicación. México, D.F.: Limusa.