



DIGITALIZACIÓN Y MUESTREO DE SEÑALES

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la mayor parte del procesamiento de señales se realiza de manera digital; lo que significa que éstas se transforman a números o mejor conocidos como valores discretos y se manipulan mediante ordenadores. La modificación de los valores en la secuencia de números que definían a la señal (analógica) , es lo que se denomina como "procesamiento de señales".

Ésta conversión de lo analógico a digital sucede constantemente.

Todo lo que nos rodea en el mundo, como la energía, la vida, la luz, el sonido, etc se considera "analógico"; los aparatos inteligentes, con lógica, memoria, circuitos, etc , se consideran "digitales".

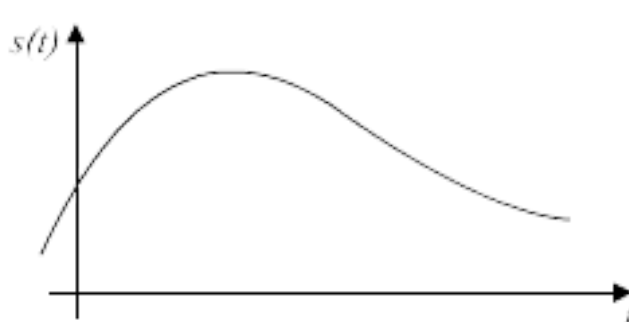
En el proceso de conversión del mundo analógico al mundo digital, mejor conocido como "*Modulación por impulsos codificados (PCM)*" pasa por un determinado número de pasos:

- *Muestreo de señales*
- Retención de señales
- *Cuantificación de señales*
- Codificación de señales

En ésta práctica llevaremos a cabo el primer paso : MUESTREO DE SEÑALES.

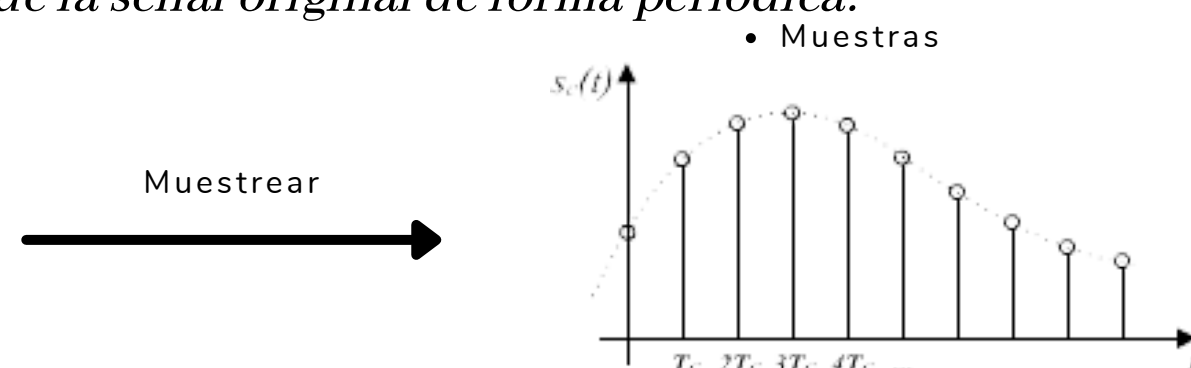
MUESTREO DE SEÑALES

Consiste en tomar muestras del valor de la señal original de forma periódica.



Señal analógica

Fig 1.0



Señal digital

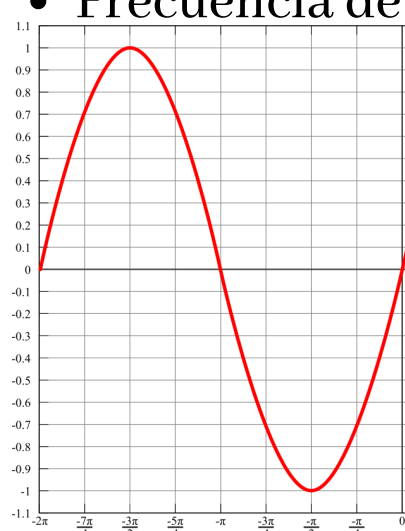
Fig 2.0

Un mayor número de muestras es la mejor garantía que podemos encontrar para poder recuperar la señal original a partir de las muestras. Sin embargo, tener una frecuencia de muestreo alta puede generar un volumen de información demasiado grande para nuestros intereses (demasiadas muestras a tratar).

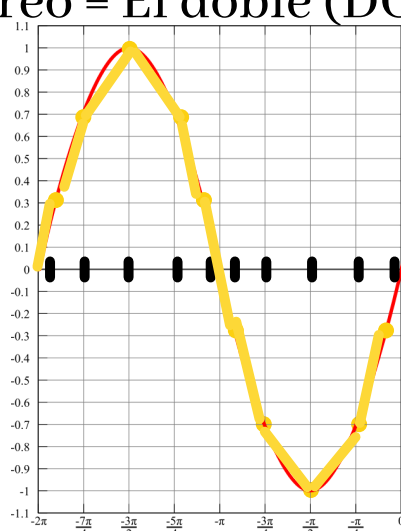
La cantidad mínima de veces que debemos medir una señal para no perder información debe de ser al menos el doble de la frecuencia máxima que alcanza dicha señal. ----->

TEOREMA DE NYQUIST

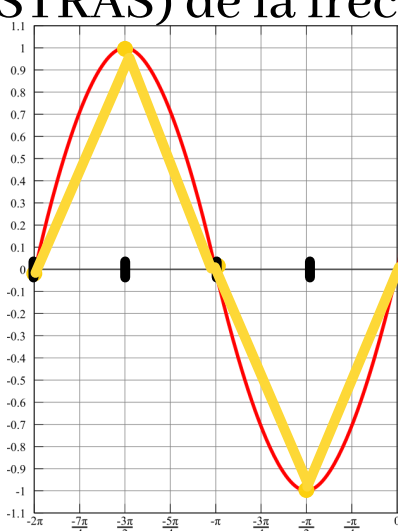
- Nos indica la frecuencia de muestreo mínima (sin perder información) :
- Frecuencia de muestreo = El doble (DOS MUESTRAS) de la frecuencia de entrada.



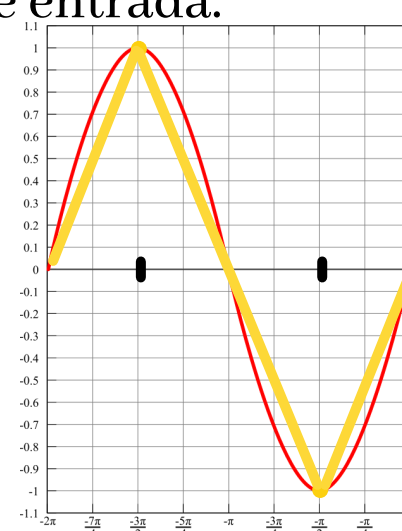
SEÑAL ANALÓGICA



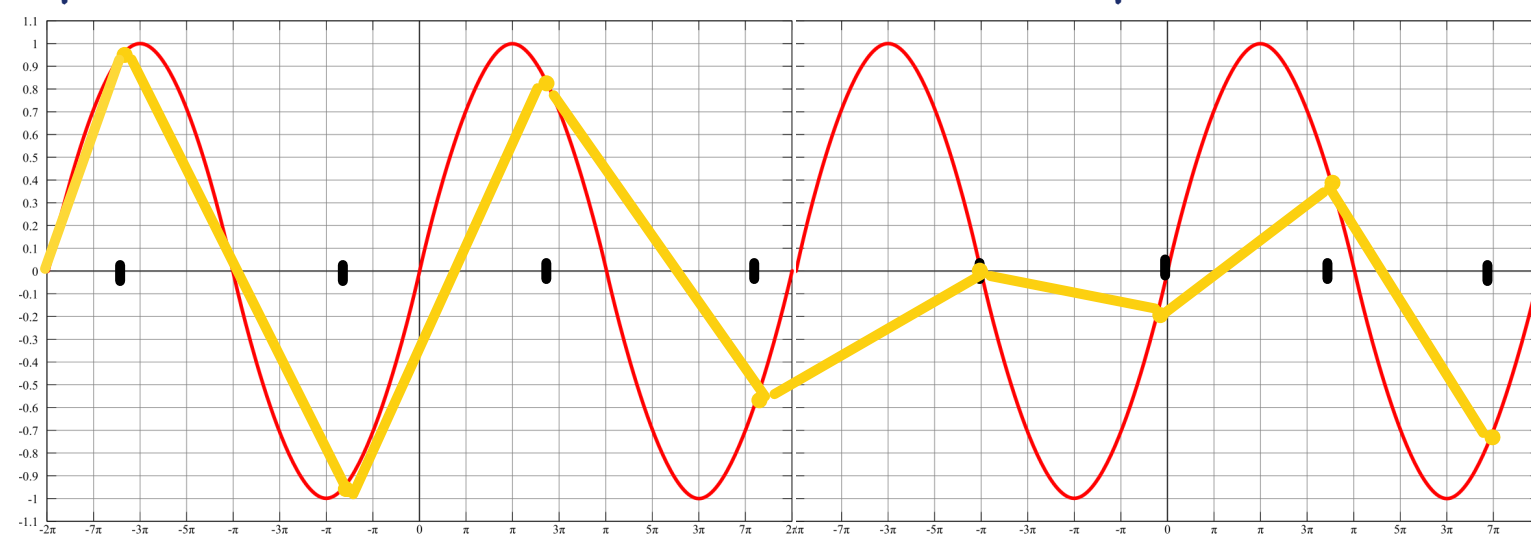
10 muestras por ciclo



4 muestras por ciclo



2 muestras por ciclo (TEOREMA NYQUIST)



1.9 muestras por ciclo

En caso de muestrear menos del doble :

NO SE PODRÁ RECONSTRUIR

Y se perderá información.

NOTA

La conversión de señales analógica-digital es importante para facilitar el procesamiento

(comprensión, codificación, etc) y hacer la señal resultante (digital) más inmune a interferencias.

SEÑAL ANALÓGICA

Tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético, representada por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y período en función del tiempo.

En la naturaleza el conjunto de señales son analógicas (luz, sonido, energía, etc) con una variación continua.

SEÑAL DIGITAL

Presenta una variación discontinua con el tiempo y sólo puede tomar ciertos valores o estados (0 y 1) los cuales pueden ser por ejemplo interruptores abiertos o cerrados

MUESTREO

Definimos muestreo como la cantidad de veces que medimos el valor de la señal en un periodo de tiempo (usualmente en 1 segundo).

La frecuencia a la que se realiza el muestreo se denomina razón, tasa o también frecuencia de muestreo y se mide en Kilohertz (kHz) O Hertz (Hz)

EJEMPLO

Si tenemos:

Frecuencia de entrada : 500 Hz

Frecuencia de muestreo : 1000 Hz

OBJETIVOS

- Describir las características de las señales analógicas y digitales, comprenderlas y diferenciarlas, para así poder llevar a cabo la práctica con lógica.
- Comprender conceptos básicos (onda y sus características, muestra, información continua y discreta, etc)
- Entender y aplicar el "Teorema de Nyquist"

Para comprender más a fondo y de forma general el proceso PCM, puede consultar:

- <https://www.youtube.com/watch?v=5uz7VZ-LvcQ>
- <https://elpuig.xeill.net/Members/vcarceler/c1/didactica/apuntes/ud1/na5>
- <https://www.investigacionyciencia.es/blogs/tecnologia/20/posts/muestreando-seales-primera-parte-10461>

PROCEDIMIENTO

Descargar Clampfit

Link para descarga:

<https://drive.google.com/drive/folders/1QPBnyQi4vICVTl2eepeynoFlCKgrPKgX>

- Descargar los archivos "2000Hz" y "4000Hz":

Link para descarga:

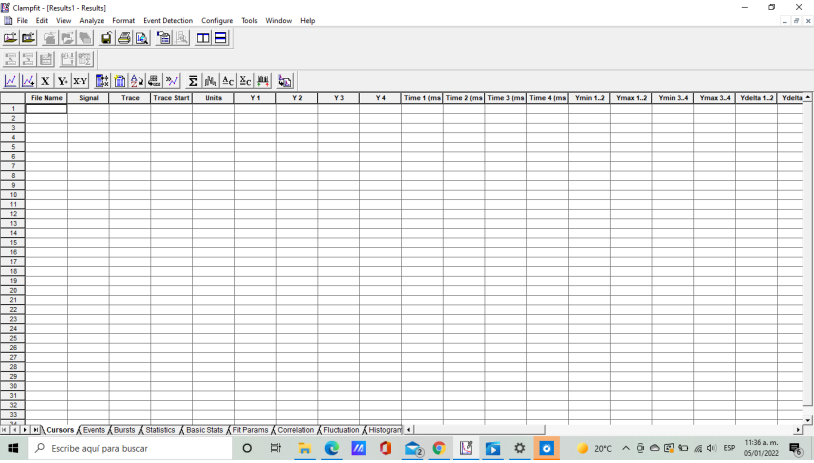
<https://drive.google.com/drive/folders/1QPBnyQi4vICVTl2eepeynoFlCKgrPKgX>

En cada uno de los respectivos archivos, se encuentra un rango de frecuencias de muestreo las cuales serán aplicadas para reconstruir una señal de 2000Hz y otra de 4000Hz, demostrando que si la frecuencia de muestro es menor al doble de la señal de entrada no se reconstruirá y que a partir del doble en adelante, se reconstruirá en su totalidad, es decir, el teorema de Nyquist.

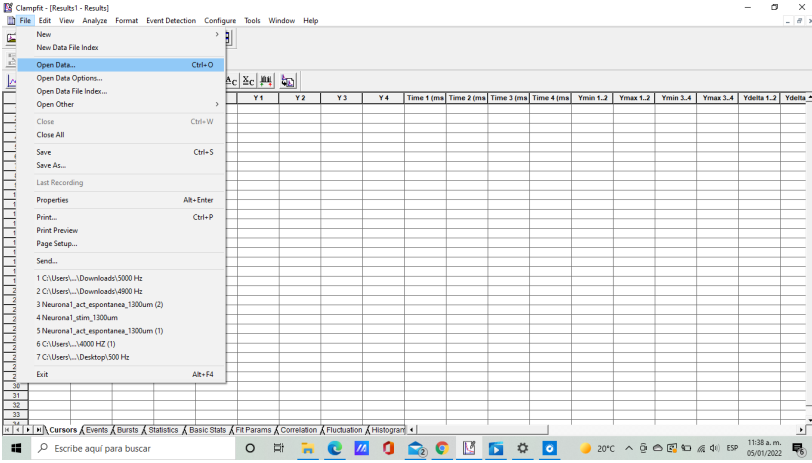
Pasos :

(Una vez descargados los documentos en cuestión, seguiremos los siguientes pasos para cada una de las frecuencias presentes)

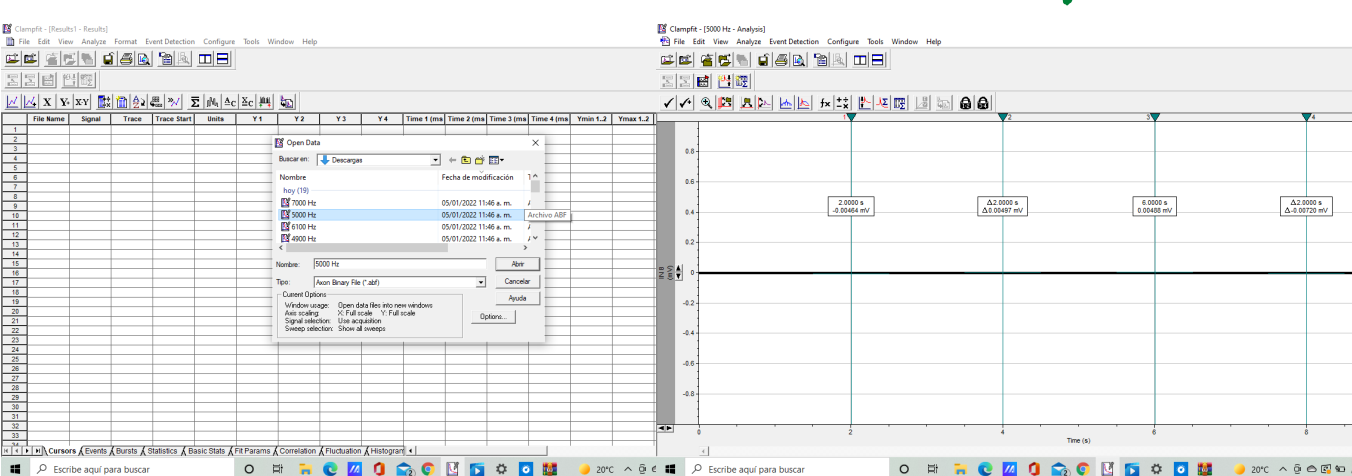
1. Abrir Clampfit



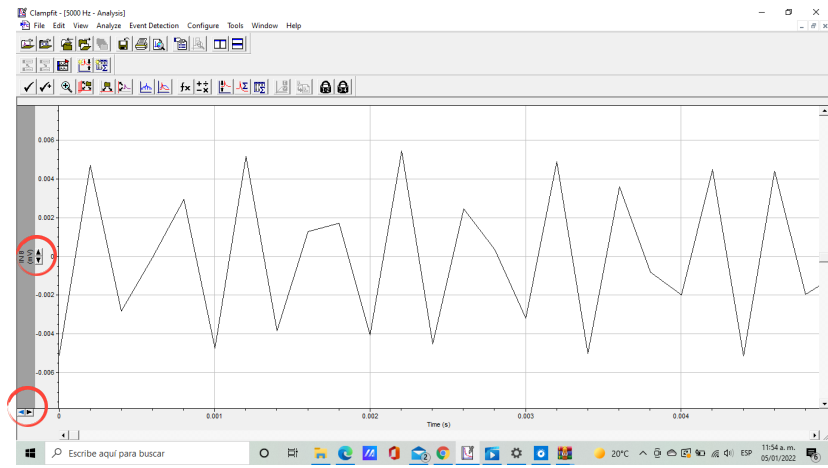
2. Click en "Open data"



3. Abrir la frecuencia correspondiente

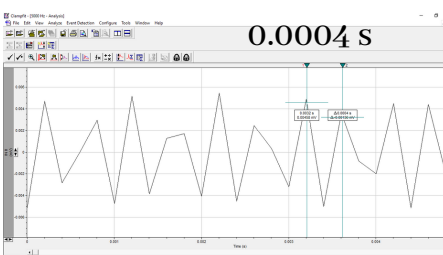
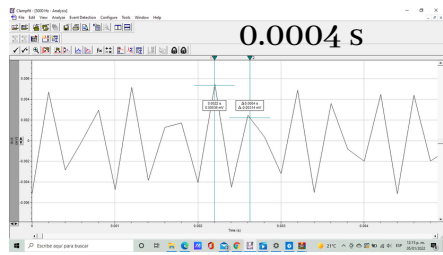
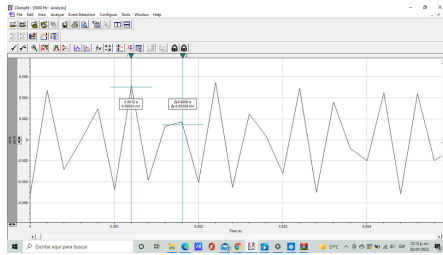
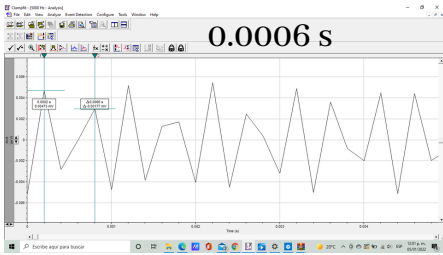


4. Manipular la señal con flechas



5. Calcular periodo (T)

Realizaremos la medición del periodo 5 veces en diferentes partes de la onda.



6.Realizar promedio

Ejemplo:

Periodo 1: 0.0006s

Periodo 2 : 0.0006s

Periodo 3: 0.0004s

Periodo 4: 0.0004s

Periodo 5: 0.0005 s

PROMEDIO= 0.00048s

$$F = 1 / T$$

Donde :

F= frecuencia (Hz)

T= Periodo (s)

7. Calcular la frecuencia de registro

$$F = 2083 \text{ Hz}$$

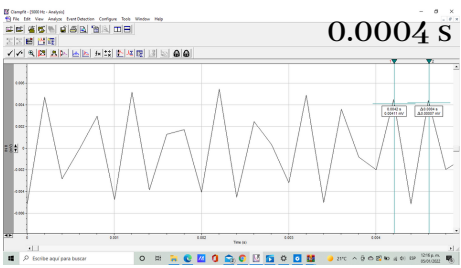
PERIODO (T): ES EL TIEMPO EN SEGUNDOS ENTRE DOS PICOS DE ONDA

Lo mediremos con ayuda de los cursores:

Cursor 1 : Shift + num.1

Cursor 2 : Shift + num. 2

NOTA



8. Realizar una tabla con todos los datos adquiridos

F	G	H
Señal de entrada = 2000 Hz		
Frecuencia de muestreo (Hz)	Periodo (s)	Frecuencia de Registro (Hz)
500 Hz		
1000 Hz		
2000 Hz		
3200 Hz		
4000 Hz		
4900 Hz		
5000 Hz		
6100 Hz		
7000 Hz		

9. Graficar datos y analizarlos

Frecuencia de Registro (Hz)

Frecuencia de Muestreo (Hz)

RESULTADOS

Para reconstruir una señal de entrada de 2000 Hz se realizaron nueve muestreos (cuatro con frecuencias inferiores al doble de la frecuencia de entrada y cinco superiores. (Tabla 1.0)

Frecuencia de muestreo (Hz)	Periodo (s)	Frecuencia de Registro (Hz)
500 Hz	0.0232	43.103
1000 Hz	0.024	41.666
2000 Hz	0.0245	40.816
3200 Hz	0.00085	1,176.47
4000 Hz	0.0005	2,000
4900 Hz	0.0005	2,000
5000 Hz	0.0005	2,000
6100 Hz	0.0005	2,000
7000 Hz	0.0005	2,000

Tabla 1.0_. Reconstrucción de señal 2000 Hz

Se observa que las cuatro frecuencias de muestreo menores a 4000 Hz, la onda no corresponde con la original, teniendo valores muy por debajo de ésta.

Sin embargo, a medida que se incrementa, el registro se va aproximando muy cercanamente al original. Asimismo, se incluyeron cinco valores aún más altos (4000, 4900, 5000, 6100, 7000 Hz) sin generar ningún cambio.

.En realidad, se observa una asíntota de la señal original que se buscó reconstruir (2000Hz) (Fig1.0)

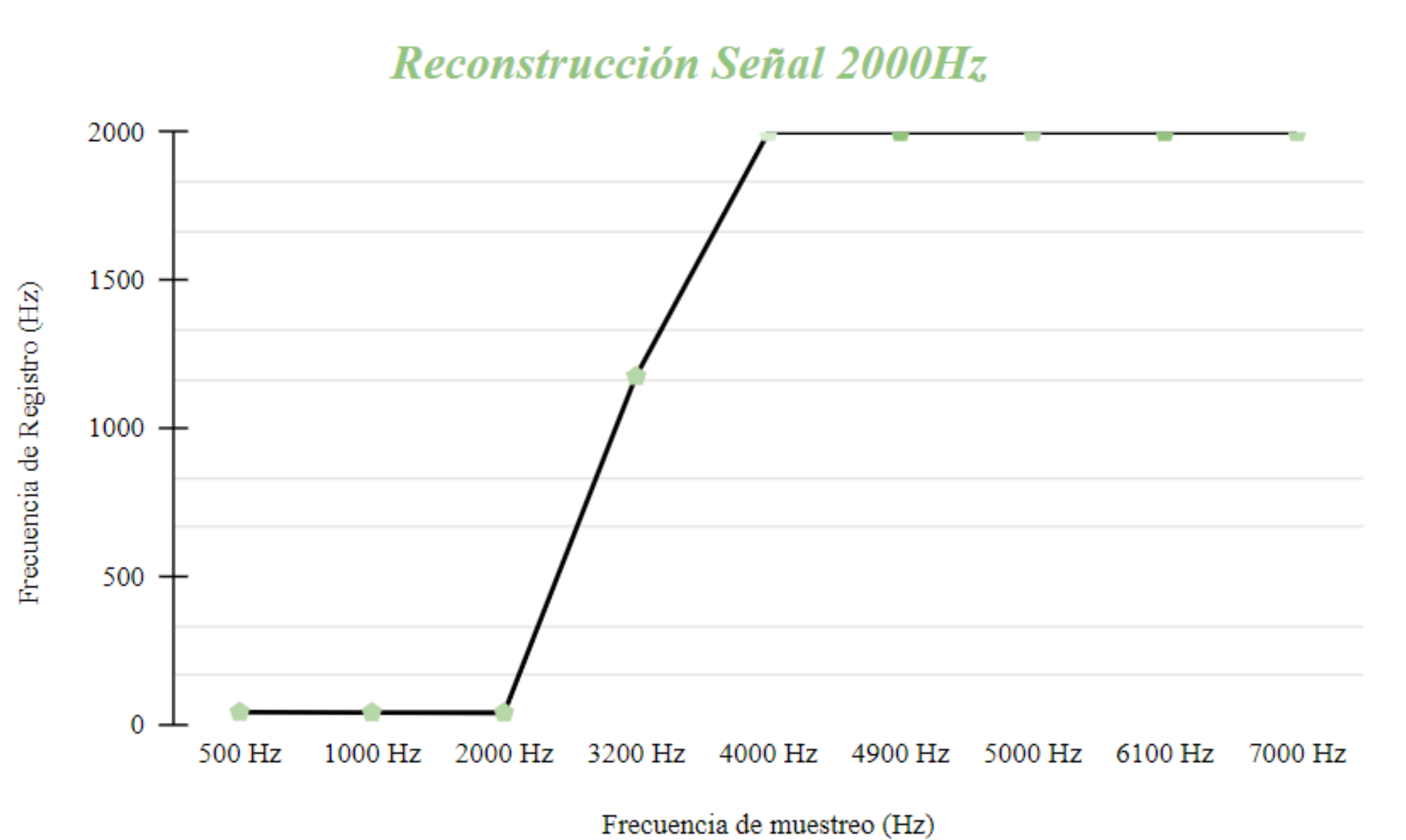


Fig 1.0 Reconstrucción de señal 2000 Hz

Frecuencia de muestreo asociada a la frecuencia de registro.

Se observa que conforme fueron aumentado los valores en la frecuencia de muestreo más se acercaban los valores de la frecuencia de registro a la frecuencia original, corroborando el postulado del teorema de Nyquist.

Para reconstruir una señal de entrada de 5000 Hz se realizaron diez muestreos (cuatro con frecuencias inferiores al doble de la frecuencia de entrada y cinco superiores. (Tabla 2.0)

<i>Frecuencia de muestreo (Hz)</i>	<i>Periodo (s)</i>	<i>Frecuencia de Registro (Hz)</i>
1000	0.046	21.739
2000	0.048	20.83
5000	0.0458	21.83
6000	0.001	1,000.00
9000	0.000275	3,689
10 000	0.0002	5,000
12 000	0.0002	5,000
13 000	0.0002	5,000
14 000	0.0002	5,000
15000	0.0002	5,000

Tabla 2.0_. Reconstrucción de señal 5000 Hz

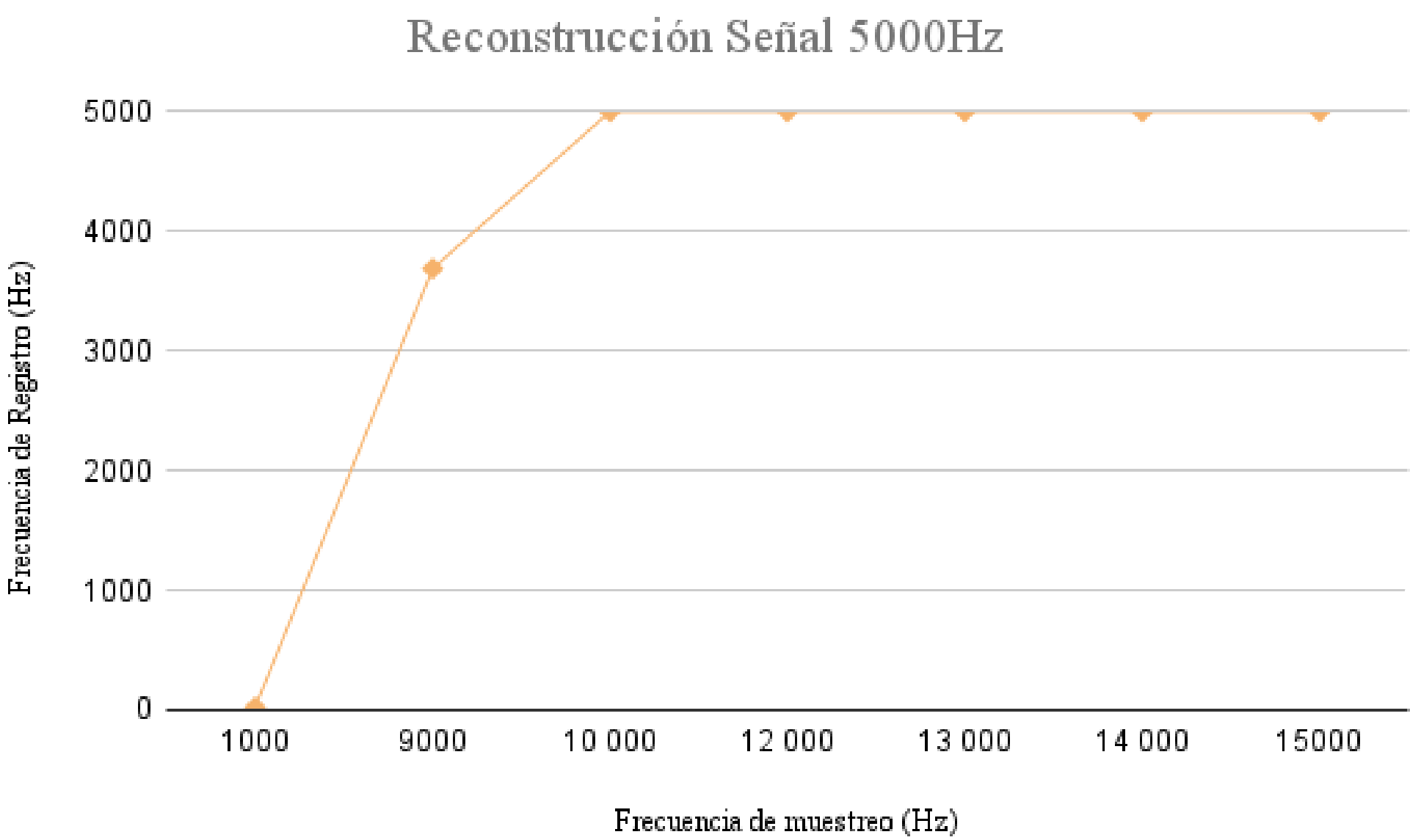


Fig 2.0 Reconstrucción de señal 5000 Hz

Se corrobora el postulado del teorema de Nyquist.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Para concluir, repasemos dos ejemplos reales de muestreos de señales que nos darán información de cómo funcionan diferentes sistemas conocidos por todos:

1. CD de audio: $f_s = 44.100$ Hz para garantizar que $f_s \geq f_N$ donde $f_N = 2f$ y se considera $f = 20.000$ Hz para abarcar todo el rango de frecuencias que el oído humano es capaz de percibir. Por lo tanto, estamos conservando todo lo que en teoría es audible y por esto hablamos de un sistema de alta calidad.
2. Canal telefónico: $f_s = 8.000$ Hz para garantizar que $f_s \geq f_N$ donde $f_N = 2f$ y se considera $f = 3.400$ Hz para abarcar el rango de frecuencias donde se encuentra la voz.

<https://www.investigacionyciencia.es/blogs/tecnologia/20/posts/muestreando-seales-primera-parte-10461>

Bibliografía

- *Conversión analógico - digital. PARTE 1.* (2020, 18 noviembre). [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=5uz7VZ-LvcQ>
- *Conversión A/D y D/A.* (s. f.). Plone site. Recuperado 12 de noviembre de 2021, de <https://elpuig.xeill.net/Members/vcarceler/c1/didactica/apuntes/ud1/na5>
- *Muestreando señales (primera parte).* (s. f.). Investigación y Ciencia. Recuperado 10 de octubre de 2021, de <https://www.investigacionyciencia.es/blogs/tecnologia/20/posts/muestreando-seales-primera-parte-10461>
- *MUESTREO. Conversión analógico - digital. PARTE 2.* (s. f.). YouTube. Recuperado 30 de septiembre de 2021, de <https://www.youtube.com/watch?v=Fz5jiqI8H20&t=627s>