

LABORATORIO 5-A

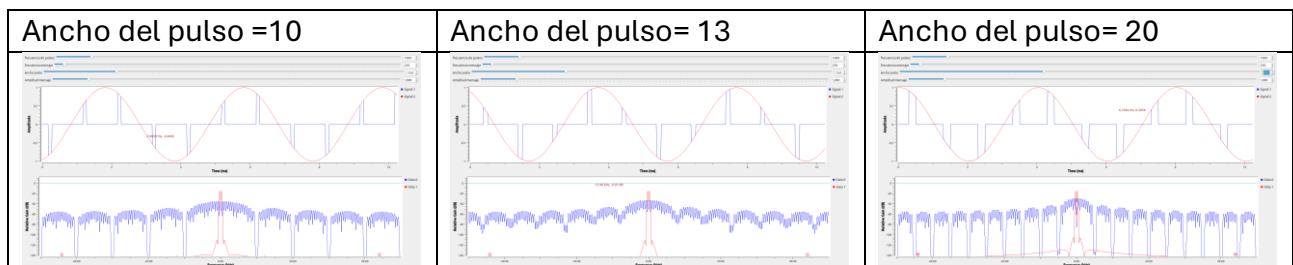
Jhon Chavez #2212234

Andrés Quintero #2204655

Pregunta 1:

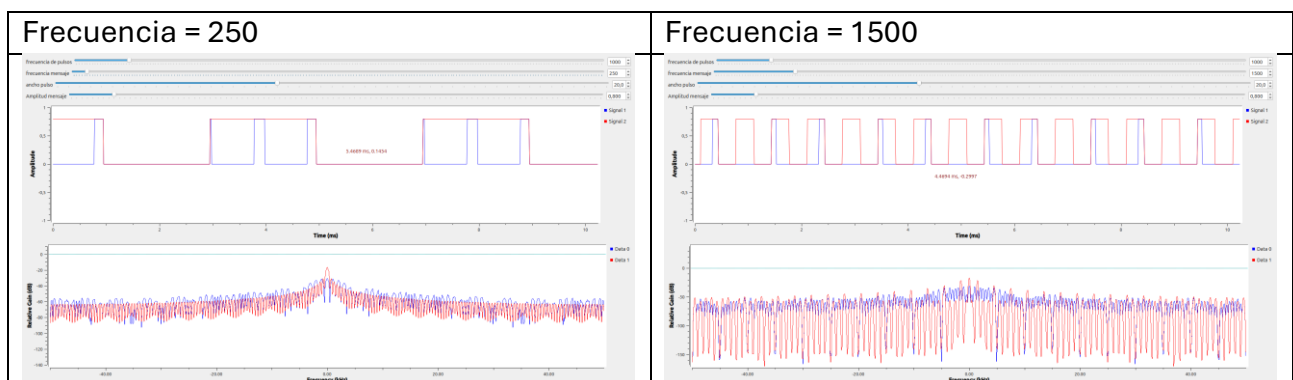
Para caracterizar las distintas formas de ondas, realizamos diferentes escenarios, tales como:

- a) Onda senoidal donde solo modificamos el ancho del pulso, los demás parámetros permanecieron iguales.



Se puede observar para cada caso, como el ancho del pulso aumenta en el tiempo, pero en la frecuencia esto se traduce en que algunas componentes tienden a tener picos muy bajos de potencia en algunos casos.

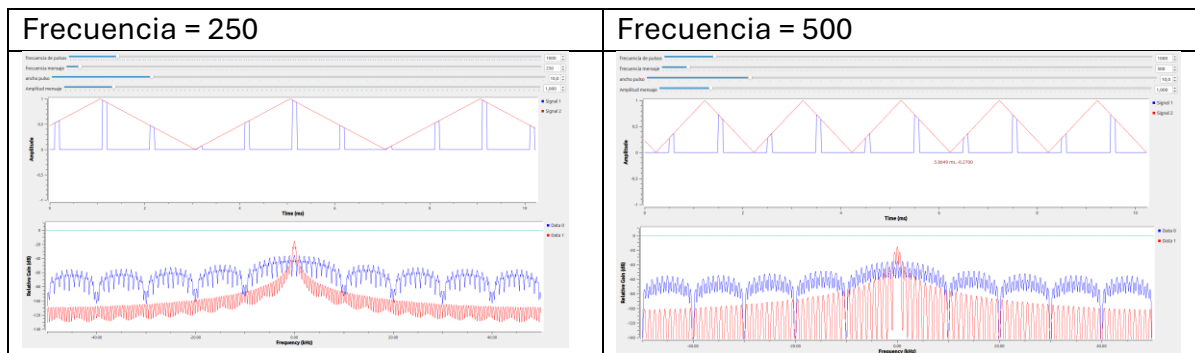
- b) Onda cuadrada donde solo modificamos la frecuencia del mensaje, los demás parámetros permanecieron igual.



Se puede ver que efectivamente las ondas cuadradas comenzaron a aparecer con más frecuencia, y por consiguiente los pulsos, esto en el tiempo es simplemente más oscilaciones de la onda, pero en frecuencia podemos notar que aparecen picos de ganancias muy bajas con mucha frecuencia, y esto se debe que al aumentar la frecuencia del mensaje

(por ejemplo, de 250 Hz a 1500 Hz), la señal moduladora cambia más rápido, esto introduce más componentes de alta frecuencia en la señal modulada y por consecuente aparecen muchas frecuencias con contenido bajo pero no nulo, lo que genera muchos puntos por debajo de -60 dB, lo cual no se ve cuando el mensaje cambia lentamente (frecuencia baja).

- c) Onda triangular donde se modificó la frecuencia del mensaje, y los demás parámetros permanecieron iguales.



Al igual que con la señal cuadrada aparecen unos picos muy seguidos en la señal mensaje, esto debido a lo ya antes mencionado, pero lo importante en este caso es analizar esos picos que se muestran en la señal azul, que no es más que el producto de la señal mensaje con la señal de pulsos, y esto se produce debido a que:

Cuando multiplicamos la señal de pulsos y la señal de mensaje:

$$x(t)=m(t)\cdot p(t)$$

donde:

- $m(t)$ es la señal del mensaje (para nuestro caso es triangular)
- $p(t)$ es el tren de pulsos periódicos

Esto en frecuencia se convierte en una convolución:

$$X(f)=M(f)*P(f)$$

Entonces, el espectro del producto tiene réplicas del espectro del mensaje alrededor de cada múltiplo de la frecuencia de los pulsos, para nuestro caso $f_p = 1$ kHz. Cuando la frecuencia del mensaje aumenta, su espectro $M(f)$ se ensancha, y las réplicas en el espectro total también cambian, esto afecta la forma del espectro, incluso si no modificamos el tren de pulsos.

Pregunta 2:

a) 4 canales

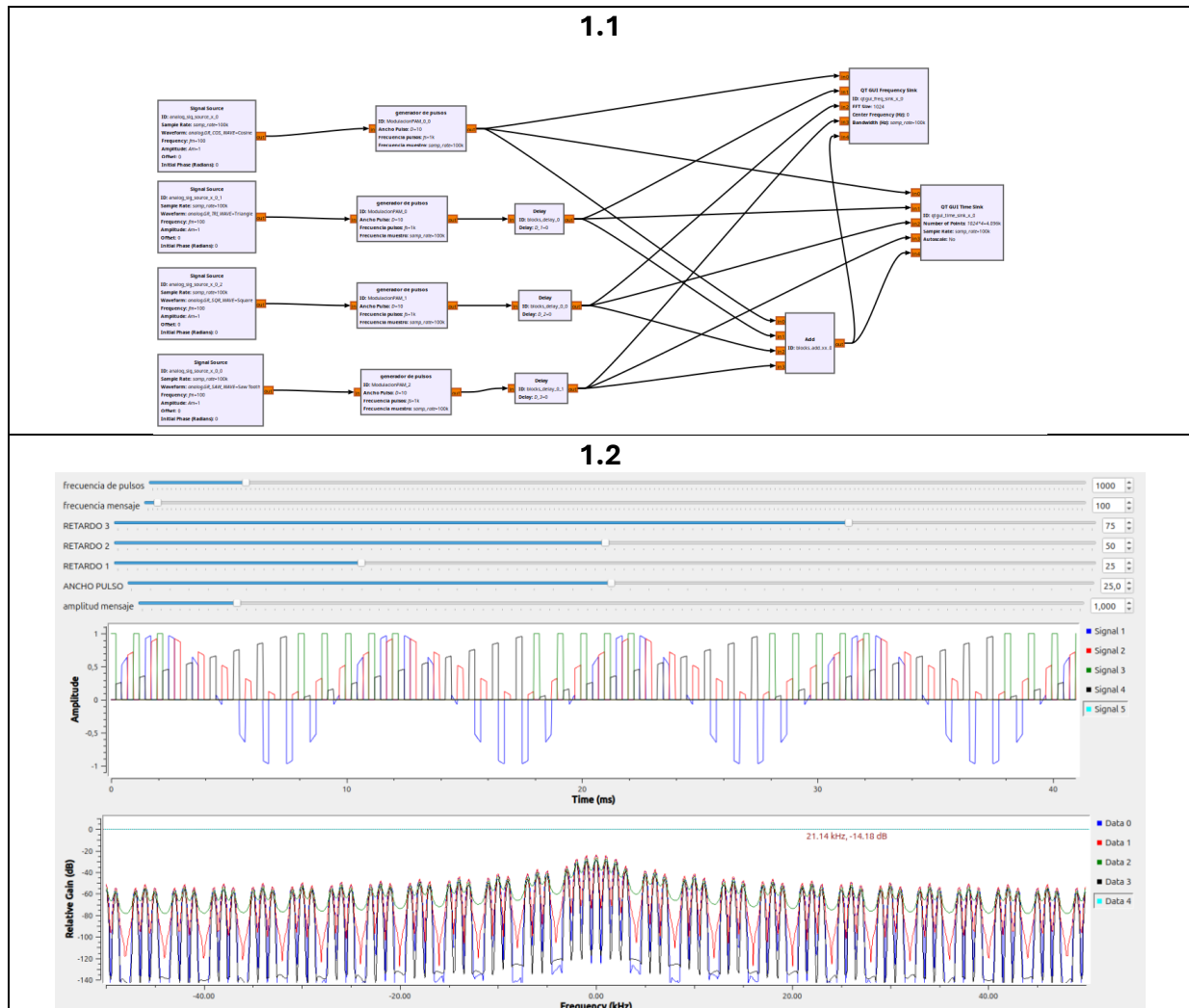


Figura 1: Proceso para multiplexar hasta 4 canales.

Observando el diagrama de la **Figura 1.1** para el proceso de multiplexación de 4 canales, se observa que es necesario implementar varios bloques, cada uno cumple una función importante, esas son:

- **Signal Source:** Aquí se generan las señales de mensaje (una por canal) con diferentes formas de onda. Para todas se usa la misma frecuencia base (f_m) y amplitud (A_m), las cuales podemos modificar desde los controles GUI.
- **Generador de pulsos PAM:** Cada señal pasa por un bloque de modulación PAM, donde es muestreada por una señal de pulsos (con frecuencia f_s y ancho D).
- **Delay (Retardo):** Se aplican retardos distintos (D_1 , D_2 , D_3 y un D_4 que se asume como el restante de los demás) a tres de las señales PAM, para evitar que se solapen en el tiempo entre los pulsos de los diferentes canales.
- **Add (Suma):** Se suman las 4 señales PAM (una vez ya estén retardadas) en un solo canal. Esto es justamente lo que conocemos como multiplexación, que es combinar varios canales en una sola señal de salida.
- **QT GUI Time Sink:** Nos permite visualizar tanto las señales individuales como la señal multiplexada resultante.

Para el cálculo de los Delay debemos tener presente que son 4 canales, por ende, el ancho total del canal que es 100 muestras debe ser dividido en partes iguales, en este caso cada uno ocupara 25:

D1 = 25

D2 = 50

D3 = 75

D4 = 100

Como se observa en la **Figura 1.2**, las señales de los canales multiplexados no se solapan entre ellos, esto debido a que está bien distribuido el ancho del canal.

b) 5 canales

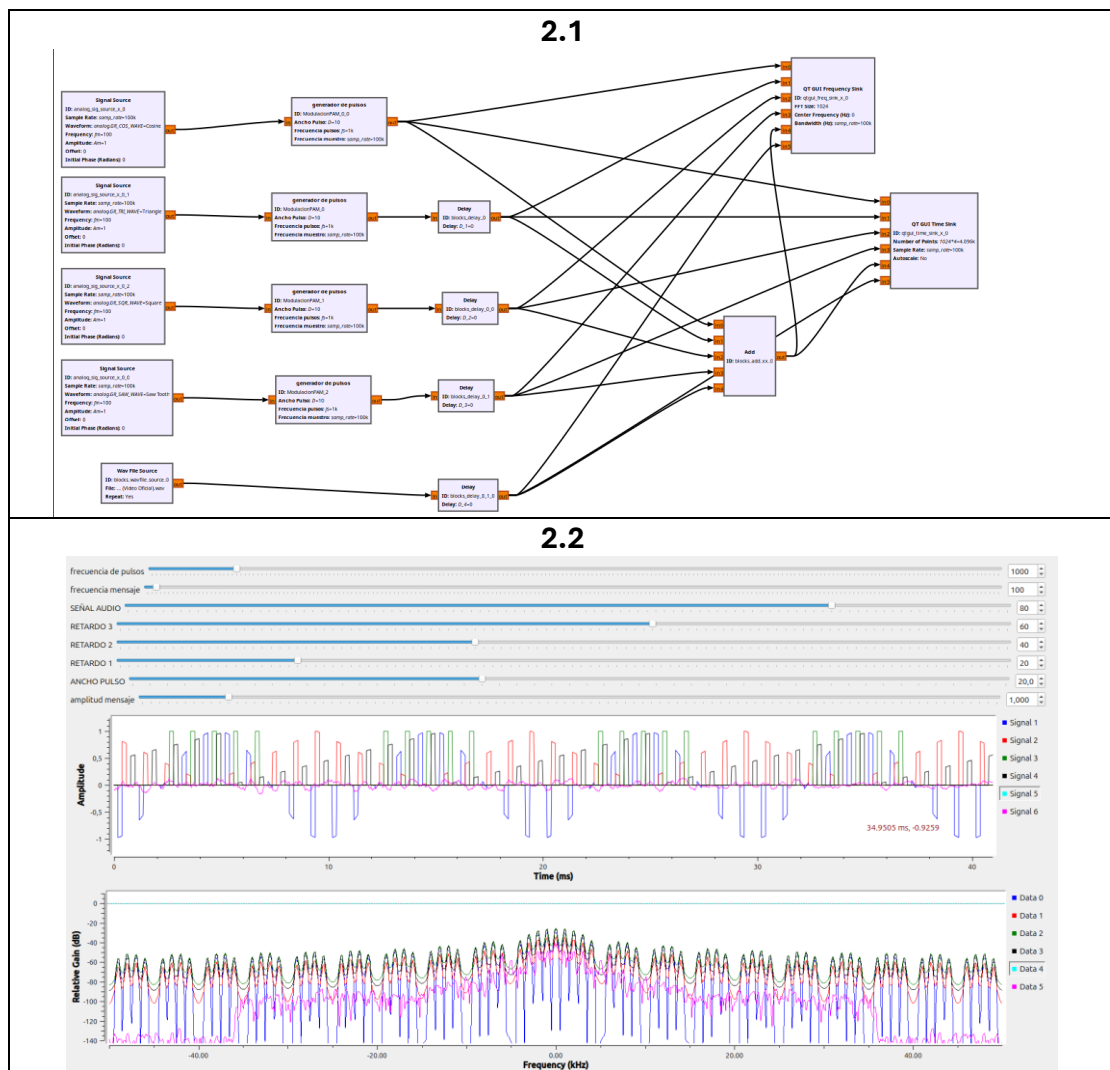


Figura 2: Proceso para multiplexar 5 canales, incluido uno de audio WAV.

Para este caso fue necesario añadir una nueva señal, en mi caso, decidí que fuera una fuente WAV con la clásica canción en el muelle de San Blas de Maná, además se añadieron los bloques necesarios para que esta señal se pudiera modular PAM como se ve en la **Figura 2.1**.

Para el cálculo de los Delay debemos tener presente que son 5 canales, por ende, el ancho total del canal que es 100 muestras debe ser dividido en partes iguales, en este caso cada uno ocupara 20, siendo así;

D1 = 20

D2 = 40

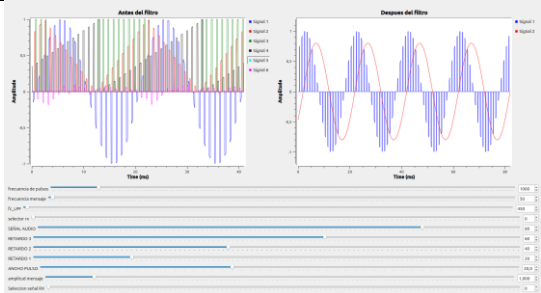
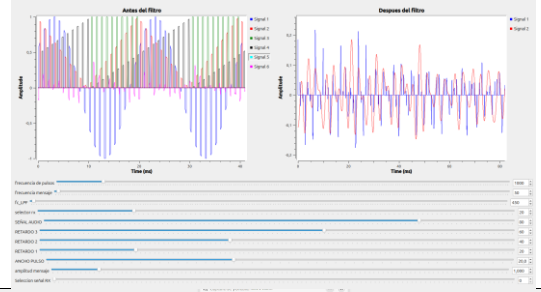
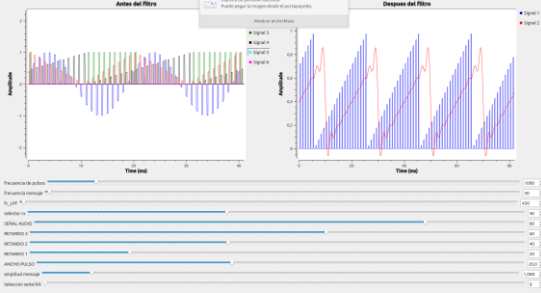
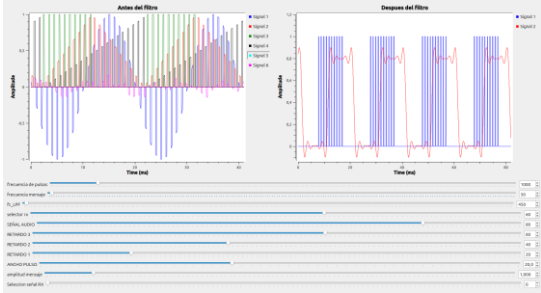
D3 = 60

D4 = 80

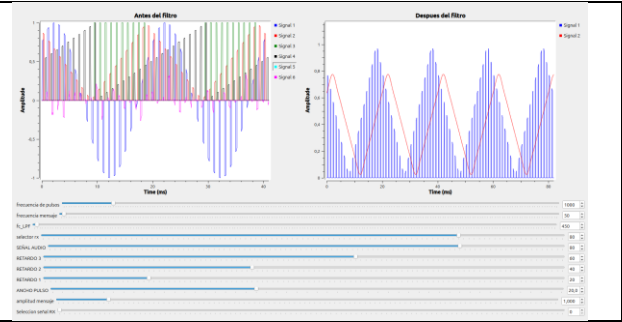
D5 no es necesario asumirlo, pues ya se coloca en el último quinto del marco temporal, es decir 100. Como se observa en la **Figura 2.2**, las señales de los canales multiplexados no se solapan entre ellos, esto debido a que está bien distribuido el ancho del canal.

Pregunta 3:

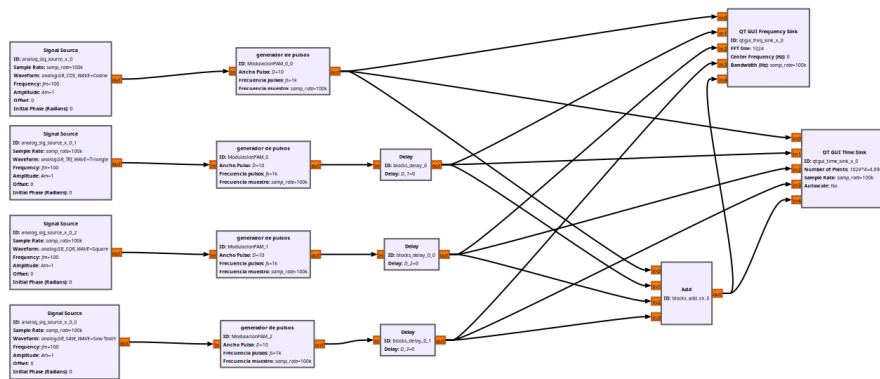
1. Determine las condiciones para recuperar cada canal (variable D4) (adjunte evidencia)

Para la señal coseno, fue necesario ajustar el parámetro “selector rx” en 0, o también se podría en 100.	
Para la señal de sonido .wav, ue necesario ajustar el parámetro “selector rx” en 20.	
Para la señal diente de sierra, fue necesario ajustar el parámetro “selector rx” en 40.	
Para la señal cuadrada, fue necesario ajustar el parámetro “selector rx” en 60.	

Para la señal triangular, fue necesario ajustar el parámetro “selector rx” en 80.



2. Conecte el USRP al computador y mida las señales en el analizador de espectro (adjunte evidencia)



Para poder observar las señales en el dominio de la frecuencia, fue necesario añadir algunos módulos adicionales como fue el “QT GUI Frequency Sink” lo cual nos permitió ver el espectro de las señales moduladas.

3. Determine las condiciones de frecuencia de corte del filtro pasa bajas que permiten recuperar cualquiera de las señales de referencia.

Para recuperar cualquiera de las señales moduladas por PAM, nuestro filtro pasa bajas debe tener una frecuencia de corte un poquito mayor a la frecuencia de mensaje que para nuestro caso es aproximadamente $f_c \approx 120\text{Hz}$, ya que esta nos permitió el paso de la información útil y eliminó las réplicas espectrales generadas por la modulación.