



Practica 5. Modulaciones Digitales y de pulsos

David Josué Díaz Ortiz – 22024269

Leandro José Garzón Nieto – 2194232

Parte B:

Punto 1.

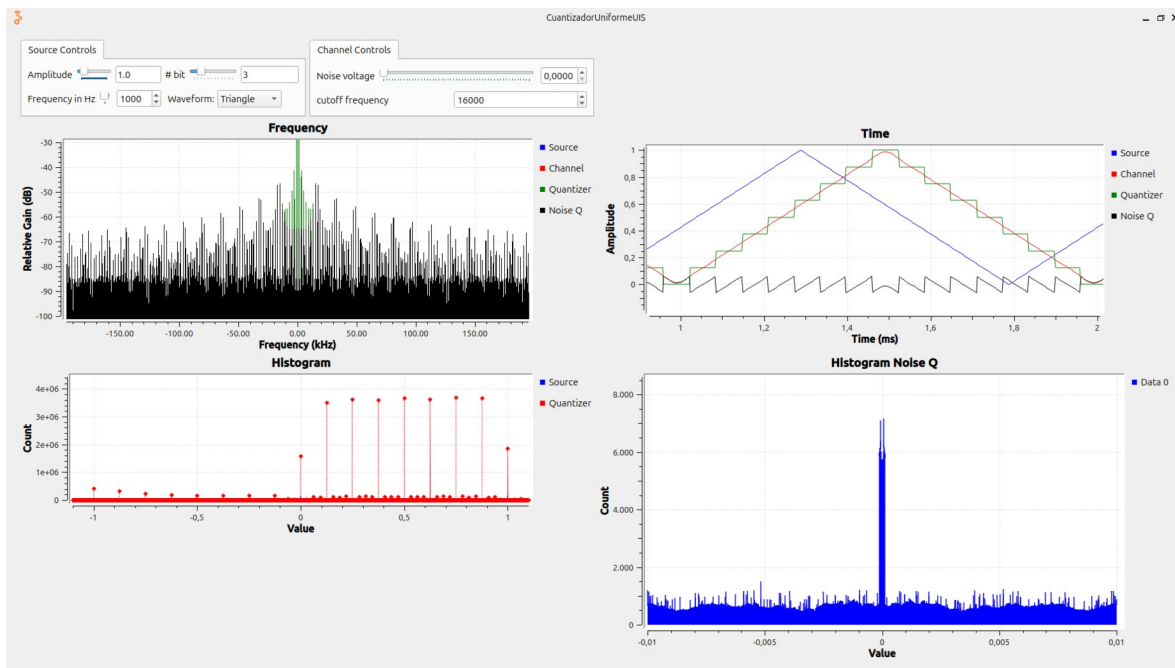


Figura 1. Simulación GNU Radio.

1. ¿Cómo afecta la resolución del cuantizador a la calidad de la señal después de la cuantización?

La resolución del cuantizador se refiere a cuántos bits usamos para representar cada valor de la señal. A mayor cantidad de bits, más niveles tenemos y por lo tanto la señal digital se parece más a la original. Si usamos pocos bits, la señal se ve más “escalonada” y pierde detalle. En la simulación de GNU Radio que se muestra, se usaron 3 bits, lo que genera una señal cuantizada (verde) que no sigue tan suavemente a la señal original (azul). Eso muestra que con poca resolución, la calidad baja bastante.



2.¿Qué impacto tiene el ruido de cuantización en la señal procesada y cómo se puede minimizar?

El ruido de cuantización, es ese pequeño error que ocurre cuando redondeamos el valor real de la señal al nivel más cercano permitido por el cuantizador. Es como si le agregáramos un ruido pequeño a la señal. En el gráfico "Noise Q", se puede ver este ruido. Para reducirlo, se pueden usar más bits (mayor resolución), técnicas como sobremuestreo, o incluso agregar un poco de ruido antes de cuantizar, lo que ayuda a que el error no se concentre siempre en los mismos puntos.

3.¿Cómo influye el ancho de banda del filtro pasabajas en la calidad de la señal después de la cuantización?

El filtro pasabajas se usa para eliminar el ruido o las frecuencias que no nos interesan después de la cuantización. Si el filtro tiene un ancho de banda muy pequeño, puede eliminar partes de la señal que sí necesitamos. Y si es muy grande, deja pasar ruido. Por eso es importante elegir una frecuencia de corte adecuada. En el gráfico de frecuencia se ve que la señal principal está cerca de los 0 kHz, y lo ideal es dejar pasar esas frecuencias y bloquear el resto.

4.¿De qué manera la adición de ruido gaussiano afecta el desempeño del cuantizador uniforme en GNU Radio?

Agregar ruido gaussiano a la señal, simula lo que pasa en la vida real, donde siempre hay interferencias. En GNU Radio, al subir el nivel de ruido, se nota que la señal cuantizada se ve más alterada. Si el ruido es bajo, puede ayudar incluso a suavizar los errores de cuantización, pero si es alto, empeora todo y hace más difícil recuperar la señal original.

5.¿Qué ventajas y desventajas tiene el uso de diferentes esquemas de cuantización en aplicaciones de procesamiento digital de señales?

La cuantización uniforme (como la usada aquí) es fácil de implementar y funciona bien si la señal tiene valores distribuidos de manera uniforme. Pero si la señal tiene muchas variaciones pequeñas (como en la voz), es mejor usar una cuantización no uniforme (como μ -law o A-law), que da más precisión en los rangos donde la señal cambia poco. La desventaja es que estos otros esquemas son más complejos de implementar.



6. Observación en el osciloscopio:

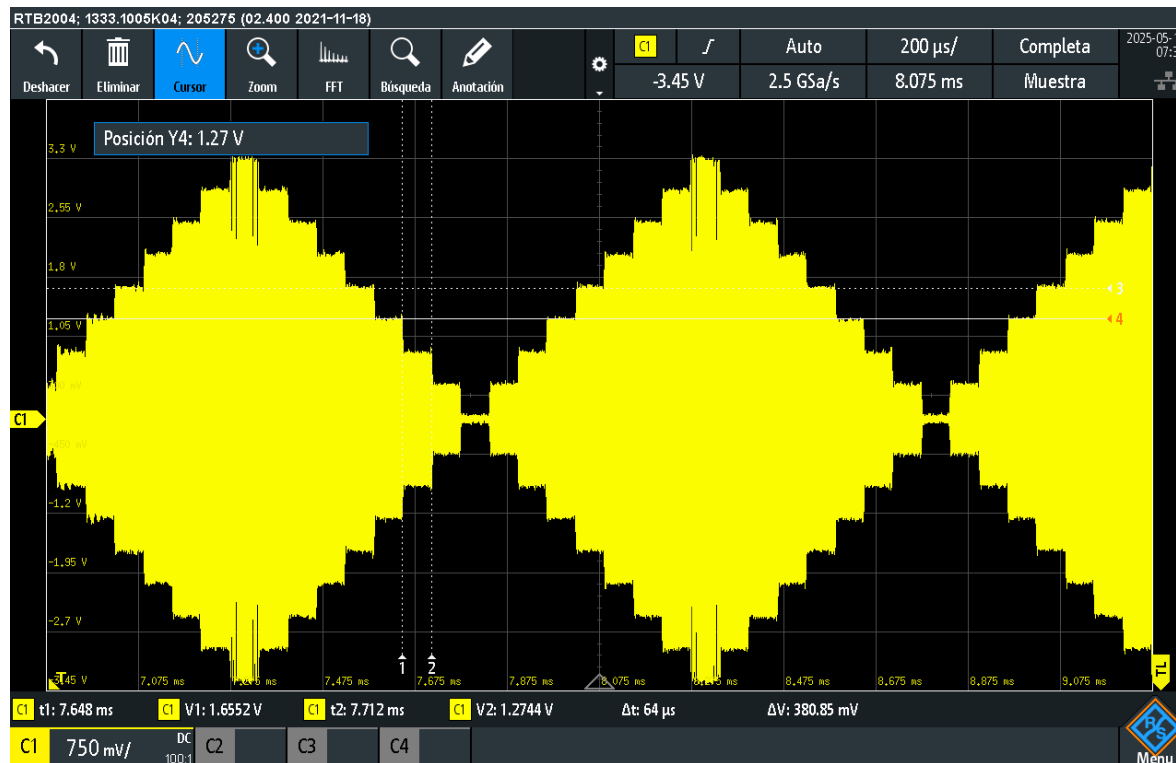


Figura 2. Señal en el osciloscopio.

En la imagen del osciloscopio se ve una señal cuantizada, con forma de triángulo. Se observa que la señal sube y baja en escalones, lo cual es típico de la cuantización. El delta de voltaje entre niveles es de aproximadamente 380.85 mV, y el delta de tiempo entre dos puntos de muestreo es de 64 μs . La amplitud máxima llega a unos 3.3 V. Estos datos nos permiten calcular la resolución y frecuencia de muestreo usadas.



7. Observaciones en el analizador de espectros:

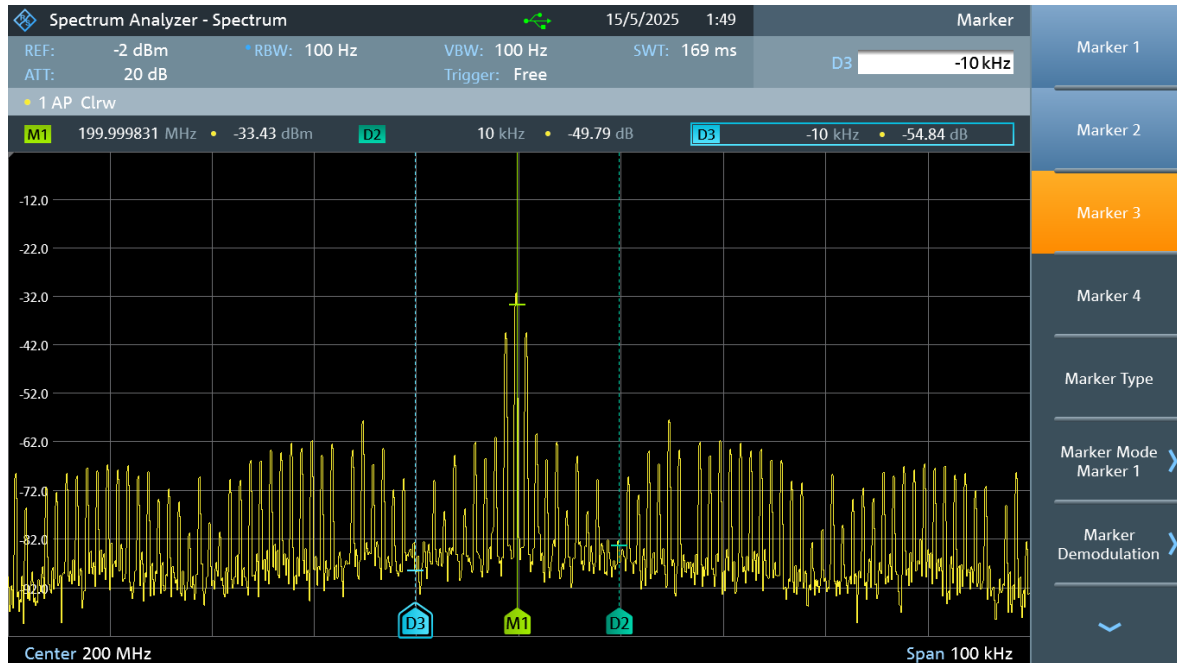


Figura 3. Señal en el analizador de espectros.

En el analizador de espectro se observa que la señal principal está centrada en 200 MHz con una potencia de -33.4 dBm. El ancho de banda total mostrado es de 20 kHz, y el delta de frecuencia entre los picos laterales y la portadora es de ± 10 kHz. Estos picos secundarios (con potencias de -49.79 dB y -54.84 dB) se deben al ruido de cuantización o imperfecciones del filtrado. Esto resalta la importancia de usar un buen filtro pasabajas para mejorar la calidad de la señal.



Otros Casos:

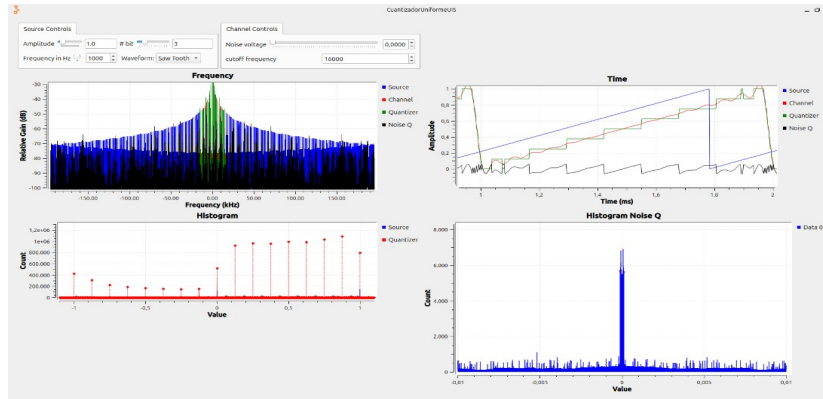


Figura 4. Señal diente de sierra GNU Radio.

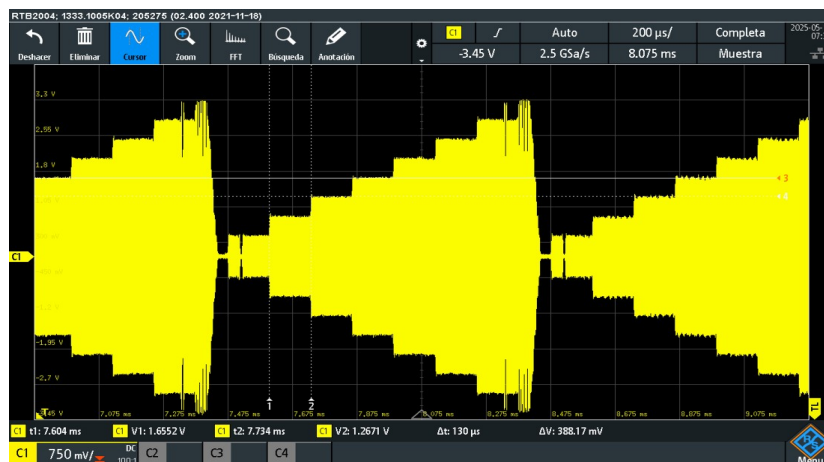


Figura 5. Señal diente de sierra osciloscopio.

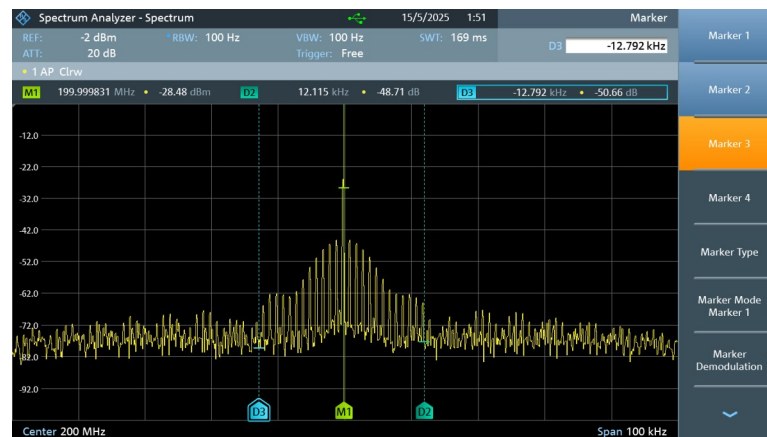


Figura 6. Señal diente de sierra analizador de espectros.



Punto 2.

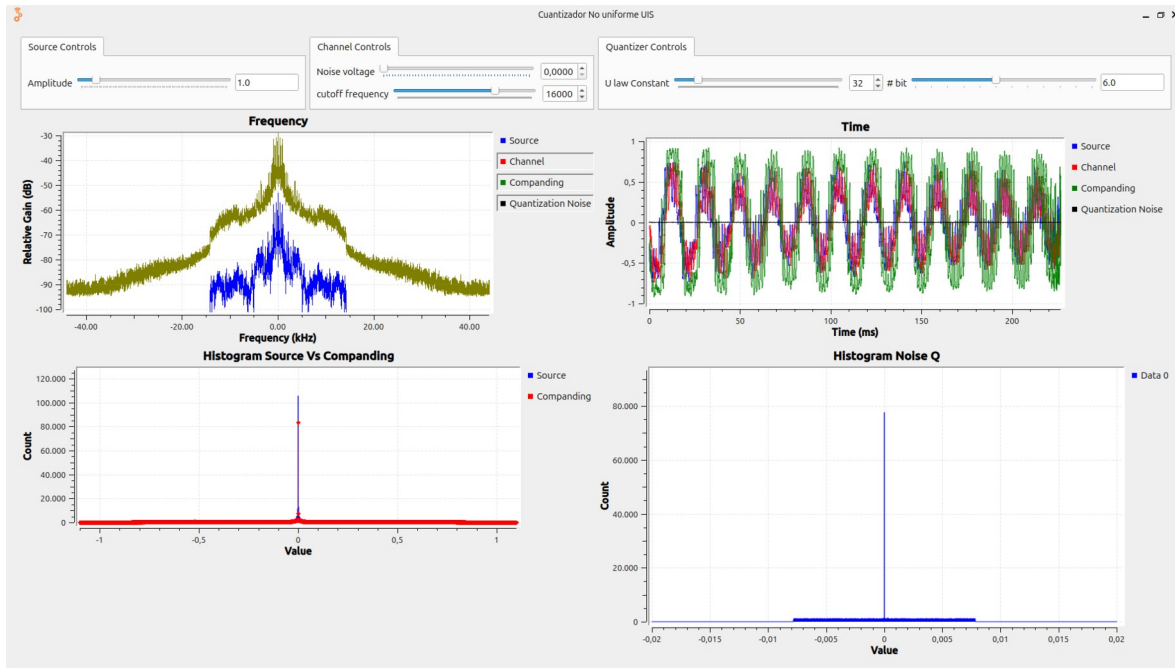


Figura 7. Simulación GNU Radio.

1. ¿Cómo influye el valor de la constante A en la distribución de los niveles de cuantización y la percepción del ruido de cuantización?

El valor de la constante A, controla qué tan no lineal es la cuantización. Un A más alto distribuye más niveles en amplitudes bajas, lo que reduce el ruido de cuantización en señales suaves. En cambio, con un A bajo, los niveles están más uniformes y el ruido puede ser más notorio. En la interfaz del simulador, al modificar el valor de la constante A, se nota cómo la señal compandada (verde) se ajusta más a la envolvente de la fuente original (azul) cuando A es alto.

2. ¿Cuáles son las ventajas del cuantizador Ley A en comparación con la cuantización uniforme?

La principal ventaja es que con Ley A se mejora la relación señal-ruido para señales con amplitudes bajas, porque esas partes se cuantizan con más resolución. Esto hace que el ruido de cuantización se escuche menos que con una cuantización uniforme. Como se ve en el histograma “Source vs Companding”, la Ley A concentra más muestras cerca del cero, lo que indica una mayor resolución en señales suaves y así se aprovechan mejor los bits disponibles en señales reales.



3. ¿Cómo afecta el ancho de banda del canal a la calidad de la señal cuantizada y qué implicaciones tiene para el ruido de cuantización?

Un canal con ancho de banda limitado puede filtrar o distorsionar frecuencias altas de la señal cuantizada. Esto puede dejar pasar parte del ruido de cuantización o incluso deformar la señal útil. Si el ancho de banda no es suficiente, la calidad de la señal disminuye. En el espectro del simulador, se nota que cuando el canal tiene un mayor ancho de banda, se transmite más exactamente la señal compandida, pero también se filtra menos ruido.

4. ¿Qué impacto tiene la adición de ruido gaussiano en la señal procesada con cuantización Ley A?

El ruido gaussiano puede ocupar los niveles más pequeños de cuantización y hacer que la codificación con Ley A sea menos efectiva. Si el ruido es muy alto, puede hacer que el cuantizador trate ese ruido como parte de la señal útil, afectando la calidad final. En la señal de tiempo del simulador, se nota que al agregar ruido, este se suma a la señal compandida, lo que puede alterar la distribución ideal de amplitudes que Ley A intenta optimizar.

5. ¿Cómo se puede optimizar la cuantización Ley A para mejorar la relación señal-ruido en sistemas de procesamiento digital?

Se puede ajustar el valor de A según el tipo de señal (más alto para señales suaves), usar más bits en el cuantizador y asegurarse de que el canal tenga suficiente ancho de banda. También ayuda aplicar filtros para reducir el ruido antes de cuantizar. En el simulador, al ajustar la constante A junto con el número de bits y reducir el ruido del canal, se puede mejorar bastante la relación señal/ruido.



6. Observación en osciloscopio:



Figura 8. Señal en el osciloscopio.

En la señal temporal del osciloscopio, se observa una amplitud pico de ± 2 V. El ΔV entre picos es de 458.51 mV y el Δt es de 45 μs , lo que indica una señal modulada con componentes de alta frecuencia. Esta variación puede deberse a la compresión no lineal y el posterior paso por canal ruidoso, lo que también se refleja en la dispersión de la envolvente.



7.Observación en analizador de espectro:



Figura 9. Señal en el analizador de espectros.

La frecuencia central es de 200 MHz, con un ancho de banda medido entre los marcadores D3 (-32.191 kHz) y D2 (+31.768 kHz), dando un $\Delta f \approx 63.96$ kHz. La potencia pico es de -34.52 dBm. Esta señal muestra cómo, a pesar del filtrado, se conserva el componente principal, aunque el nivel de ruido de fondo puede influir en señales más débiles.