

GUÍA CONCEPTOS BÁSICOS DE COMUNICACIONES DIGITALES

LABORATORIO TV DIGITAL

INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES

REALIZADORES:

DAVID A. AREVALO P.
EDISSON E. GÓMEZ G.

DIRECTOR DEL PROYECTO:

ING. JOSÉ DE JESUS RUGELES

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA



CONCEPTOS BÁSICOS DE COMUNICACIONES DIGITALES

Objetivos

- ✓ Analizar el efecto de las modulaciones sobre una transmisión digital.
- ✓ Recordar el concepto de codificación de canal y analizar el uso de la etapa de codificación en un sistema digital.

Materiales y Equipos a Utilizar

- ✓ Computador con Matlab versión R2008a y Toolbox de Comunicación digital instalado, como mínimo.

Bibliografía Propuesta

- [1] Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Cuarta Edición. Tomasi.
- [2] Tesis, Estudio diseño e implementación del material de ayuda para el laboratorio de televisión digital de Universidad Militar Nueva Granada.
- [3] Toolbox Communications [Disponible en]: El menú de ayuda del programa.
- [4] Código Hamming. Universidad de Huelva. [Disponible en]: <http://www.uhu.es/candido.pineiro/docencia/codigos/apuntescod/hamming.pdf>.
- [5] Códigos Convolucionales. Politécnica Universidad Católica de Chile [Disponible en]: <http://www.uhu.es/candido.pineiro/docencia/codigos/apuntescod/hamming.pdf>

Metodología

Para el desarrollo de la práctica se deben seguir cada uno de los pasos propuestos, consultar con el docente encargado si se encuentra disponible el video tutorial de la misma y finalmente hay que tener en cuenta la siguiente temática:

- ✓ Modulación QAM y BPSK
- ✓ Codificación de canal.
- ✓ Ganancia de Canal.
- ✓ Códigos Hamming
- ✓ Códigos Convolucionales

Introducción

Las técnicas de modulación digital son indispensables en cualquier sistema de comunicación, gracias a ellas se puede generar una poderosa señal con un nivel alto de

transmisión y con el uso de propiedades como codificación se puede generar un canal más robusto.

En esta guía se tratarán conceptos básicos de comunicaciones digitales, en donde se implementarán simulaciones basadas en Matlab que permitan recordar el funcionamiento básico de técnicas de modulación y de los bloques de codificación. Además se comprobarán y analizarán parámetros de tasa de error, ganancia de codificación, diagramas de constelación entre otros aspectos de los sistemas digitales.

Marco Teórico

Modulación BPSK

La **Transmisión por Desplazamiento de fase binaria (BPSK)**, posibilita dos fases de salida para una sola frecuencia de portadora. Una fase de salida representa un 1 lógico y la segunda un 0 lógico. Conforme la señal de entrada cambia de estado, la fase de la portadora de salida se desplaza entre dos ángulos que están 180° fuera de fase. BPSK es una forma de modulación de onda cuadrada de portadora suprimida de una señal de onda continua (CW). Figura 1.

Modulación QAM

La **Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM)** es una forma de modulación en donde la información está contenida en la fase y la amplitud de la portadora transmitida.

Este tipo de modulación usa una técnica de codificación M-ario en donde M varía según el tipo como se muestra a continuación.

8-QAM: Los datos se dividen en grupos de 3 bits (Tribit), en donde dos de estos varían la fase de la portadora y el otro la amplitud. De esta manera la señal modulada toma 4 diferentes fases y dos diferentes amplitudes, para un total de 8 estados diferentes. Figura 2.

16-QAM: Los datos se dividen en grupos de 4 bits (cuadribits). Las 16 posibles combinaciones hacen variar la amplitud y la fase de la portadora, por ende esta puede tomar 16 estados diferentes. Figura 3.

M-QAM: En la actualidad se estudia y maneja una división de datos en grupos de 9 bits, en donde se pueden llegar a obtener constelaciones con hasta 512 puntos de modulación. [1]

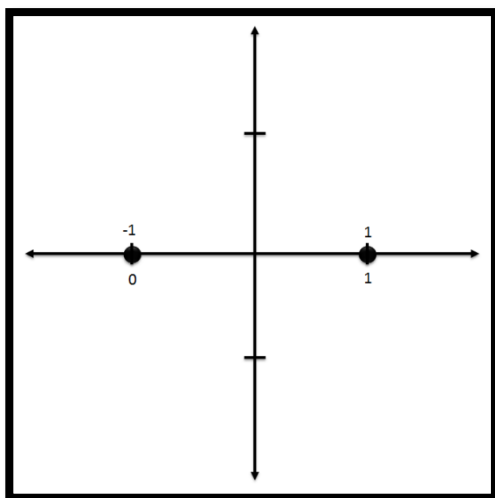


Figura 1. Constelación Modulación QPSK

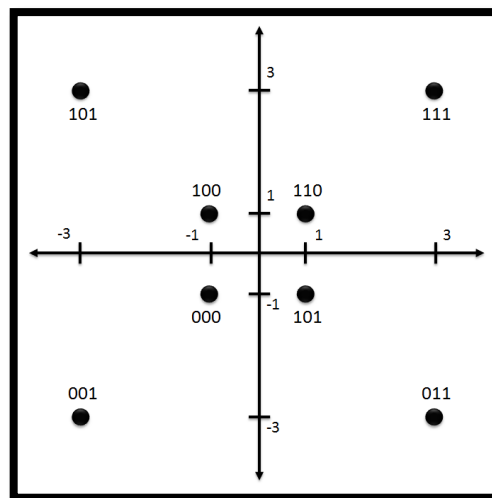


Figura 2. Constelación Modulación QAM

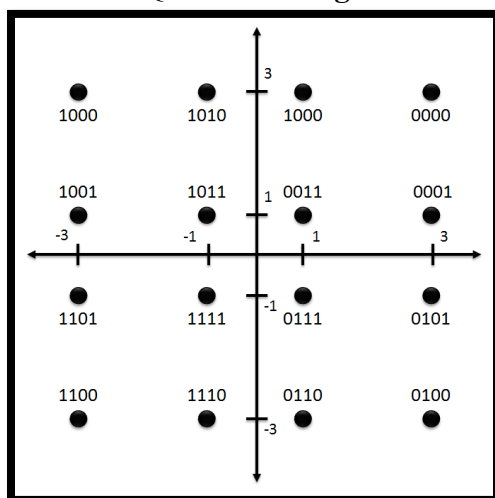


Figura 3. Constelación Modulación 16-QAM

Códigos de Hamming

Básicamente los códigos de Hamming que fueron introducidos por Golay en 1949, permiten reducir el tiempo y el espacio de codificación. Para definir esto es necesario precisar el concepto de tasa de información de un código lineal, $C(n,k)$. Se llama así al cociente $R=k/n$. Este representa el número de bits de información por símbolo que porta cada palabra-código. Obviamente si se presenta una igualdad en la capacidad correctora, va a interesar más el código con la tasa más próxima a 1.

Cuando se trata de códigos lineales 1-correctores, se establece que la matriz de control no puede tener menos de 3 columnas linealmente dependientes. Si con ello la capacidad correctora es 1, se debe seguir $d \geq 3$, y recordar que el número mínimo de columna linealmente dependientes en la matriz de control coincide con el valor de d . Como $r = n -$

k , por lo tanto si se aumenta n aumenta la tasa R , lo que quiere decir que n debe ser lo mas grande posible.

No es difícil construir este tipo de códigos, hay que tener presente una matriz de control sólo puede contener conjuntos de 3 o más columnas linealmente dependientes. Por ende se debe cumplir que:

- ✓ Todas las columnas deben ser diferentes.
- ✓ Ninguna columna es nula.
- ✓ Las columnas son de $r=(n - k)$ coordenadas de A .
- ✓ La matriz de control debe tener el mayor número posible de columnas, para que la tasa de información sea lo más próxima a 1 posible [4].

Códigos Convolucionales

Los códigos convolucionales son adecuados para usarse sobre canales con mucho ruido (alta probabilidad de error). Estos códigos son lineales, donde la suma de las palabras de código cualesquiera también es una palabra de código, pero a diferencia de los lineales, se prefieren los códigos no sistemáticos.

El sistema de memoria en la codificación convolucional depende de los datos que se envían ahora y de los que fueron enviados en el pasado. Un código convolucional está especificado por tres parámetros (n,k,m) al igual que en los códigos Hamming:

- n : Es el número de bits de la palabra codificada.
- k : Es el número de bits que de la palabra de datos.
- m : es la memoria del código o longitud restringida.

Esta codificación es continua en la que la secuencia de bits codificada depende de los bits previos. El codificador consta de un registro de desplazamiento K segmentos de longitud, que se desplaza k posiciones por ciclo y genera n funciones EXOR también por ciclo.

Finalmente la tasa de codificación es: $R = k/n$ [5].

Realización de la Práctica

Para la realización de la práctica se trabajará con el software de Matlab, la aplicación Simulink y el toolbox de comunicaciones.

1. En la figura 4 se muestrea la simulación de una modulación BPSK con y sin codificación. Para este caso se usa un codificador Hamming.

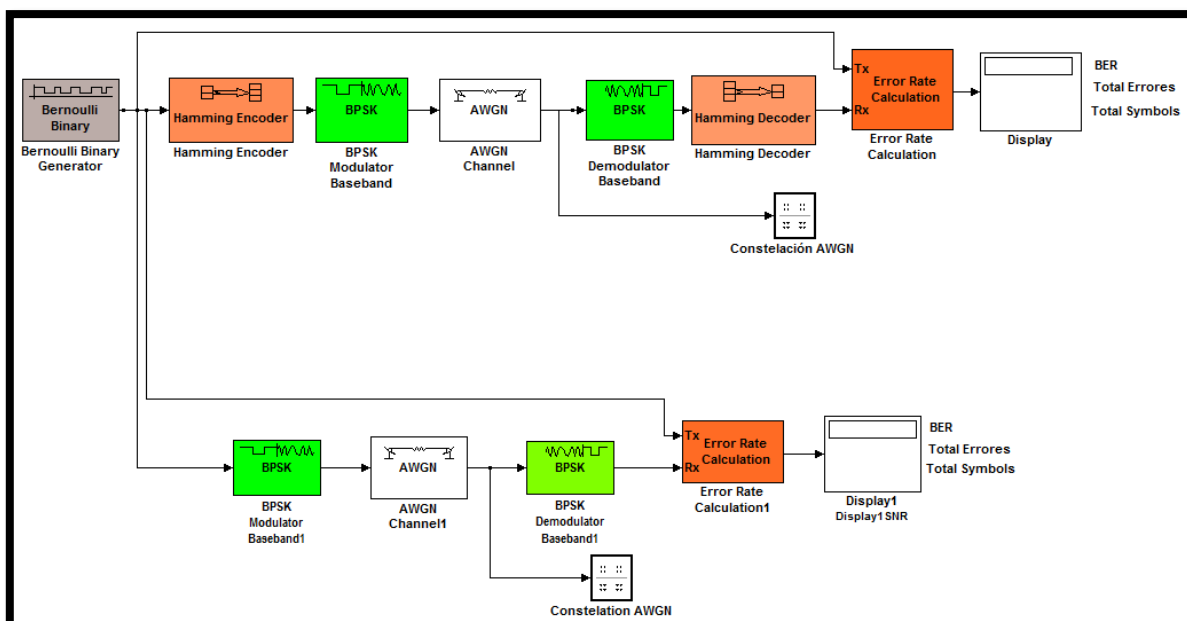


Figura 4. Modulación BPSK con y sin codificación.

a. Ahora se procede con la configuración de cada uno de los bloques:

Nota: Los parámetros de cada bloque que no aparecen mencionados, se deja el valor por defecto.

Bernoulli Binary Generator: Generador de datos binarios.

- ✓ *Initial seed:* 12345
- ✓ *Sample time:* 0.001
- ✓ *Frame-based en outputs:* ON
- ✓ *Samples per frame:* 4
- ✓ *Output data type:* uint8

BPSK Modulator Baseband/BPSK Modulator Baseband1: Modulador BPSK.

- ✓ *Output data type:* Single

AWGN Channel/AWGN Channell: Canal de transmission.

- ✓ *Initial seed:* 54321
- ✓ *Mode:* Single to noise ratio (SNR)
- ✓ *SNR (dB):* 10

BPSK Demodulator Baseband/BPSK Demodulator Baseband1: Demodulador BPSK.

- ✓ Pestaña Data Type: Output: uint8.

Error Rate Calculation/Error Rate Calculation: Calculo de la tasa de error en la transmisión.

- ✓ *Output data:* Port
- ✓ *Stop simulation:* ON
- ✓ *Target Number of error:* 100.
- ✓ *Maximum number of symbols:* 1e6

Discrete-Time Scatter Plot Scope: Medidor y visualizador del diagrama de constelación.

- ✓ *Points displayed:* 2500
- ✓ *New points per display:* 300
- ✓ Pestaña Axes Properties:
 - *X-axis minimum:* -1.5
 - *X-axis maximum:* 1.5
 - *Y-axis minimum:* -1.5
 - *Y-axis maximum:* 1.5
- ✓ Pestaña Figure Properties:
 - *Scope-position:* figposition([9 10 30 35])
 - *Title:* Constellation BPSK/Constellation BPSK – Hamming Encoder.

- b. Los bloques **Display** deben ser alargados para observar los valores de medidas. (agregar el texto correspondiente a cada valor como se observa en la figura 4)
- c. Posteriormente ejecute la simulación y observe cómo se comportan los parámetros BER, Total de Errores y Total de símbolos. Identifique también que para cada sistema digital simulado, debe obtener un diagrama de constelación.
- d. Ahora modifique el bloque AWGN el parámetro *SNR (dB)* y ejecute nuevamente la simulación.
- e. Tabule los resultados en la tabla 1. Modifique el valor de *SNR (dB)* y ejecute la simulación. Analice el efecto que tiene esta variación sobre los sistemas digitales. Incluya además las gráficas de las constelaciones de los sistemas con y sin codificación. Analice los resultados. Use al menos 12 valores diferentes de SNR.

Tabla 1. Tabla resultados BPSK con y sin codificación

SNR (dB)	BPSK			BPSK – Hamming Encoder		
	BER	Errores	Símbolos	BER	Errores	Símbolos

Tabla 2. Diagramas de constelación para BPSK con y sin codificación (Incluir las imágenes)

SNR (dB)	Constelación sin Codificación	Constelación Codificación Hamming

- f. Representar en una sola gráfica la SNR en función del BER para los dos casos. Con y sin codificación.
2. Ejecutar en la línea de comandos de Matlab, el comando bertool figura 5.

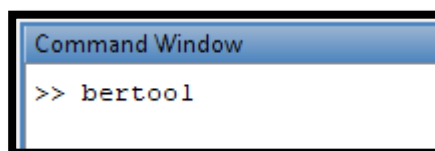


Figura 5. Ejecución de la herramienta Bertool.

- a. Mediante esta herramienta obtenga la gráfica de **$E_b/N_0(\text{dB})$ vs BER** para las modulaciones BPSK con y sin codificación figura 6. Analice esta gráfica y compárela con la del ejercicio anterior.

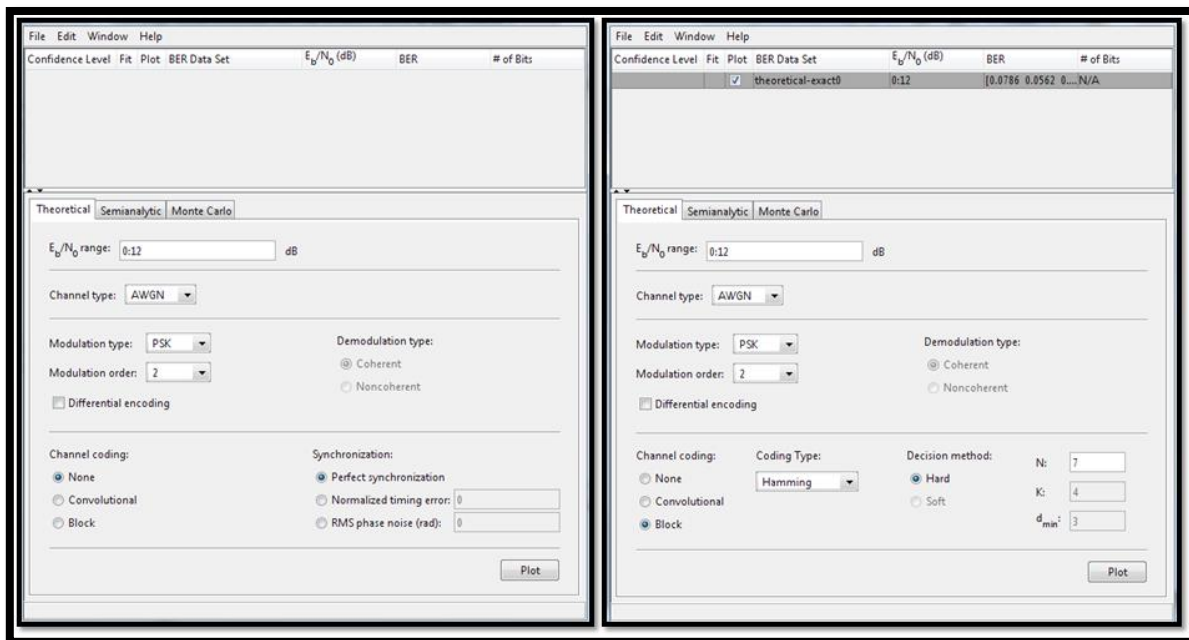


Figura 6. Parámetros de configuración de la Herramienta Bertool de Matlab para BPSK.

3. Como tercer ejercicio se propone desarrollar una simulación para una modulación 16-QAM utilizando un codificador convolucional y decodificador Viterbi, como se observa en la figura 7. Se debe identificar y analizar el efecto de la SNR en el comportamiento del error y obtener las gráficas como se hizo en las actividades 1 y 2. Analice los parámetros de configuración de cada uno de los bloques. De ser necesario, realice algunos ajustes a los valores sugeridos en la guía.

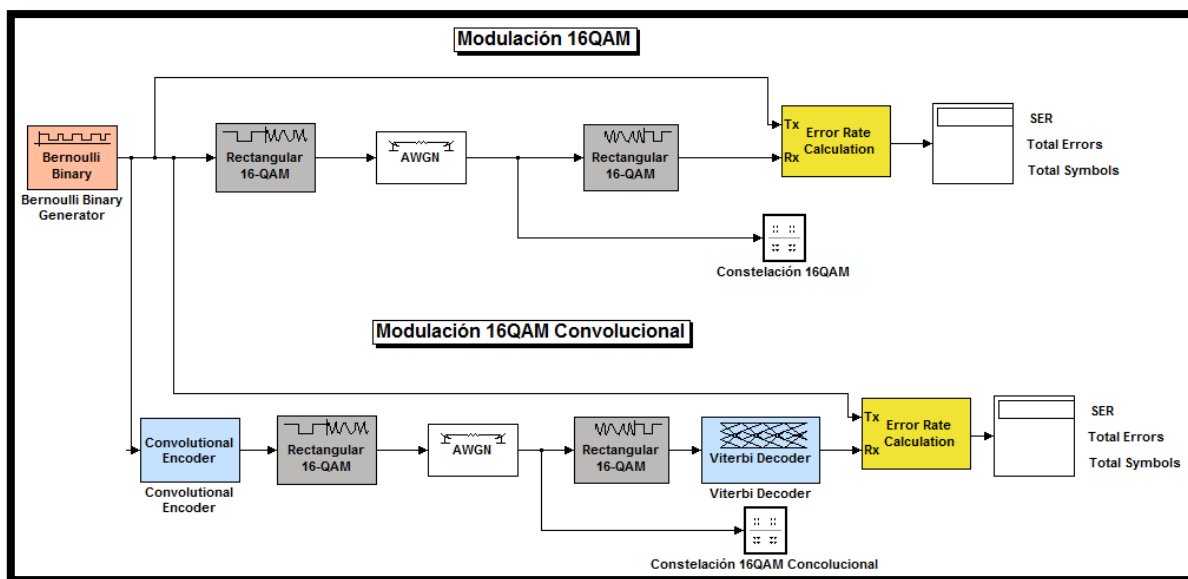


Figura 7. Modulación 16-QAM con y sin codificación

a. Para este montaje configurar los bloques como se muestra a continuación:

Nota: Los parámetros de cada bloque que no aparecen mencionados se deja el valor por defecto.

Bernoulli Binary Generator: Generador de datos binarios.

- ✓ *Initial seed:* 12345
- ✓ *Sample time:* 1/1e6
- ✓ *Frame-based en outputs:* ON
- ✓ *Samples per frame:* 256
- ✓ *Output data type:* uint8

Rectangular QAM Modulator Baseband/ Rectangular QAM Modulator Baseband 1: Modulador QAM.

- ✓ *M-ary number:* 16
- ✓ *Input type:* bit
- ✓ *Constellation ordering:* Gray
- ✓ *Normalization method:* Average Power
- ✓ *Average power (watts):* 1
- ✓ *Phase offset (rad):* 0

AWGN Channel/AWGN Channel1: Canal de transmission.

- ✓ *Initial seed:* 54321

- ✓ *Mode*: Single to noise ratio (SNR)
- ✓ *SNR (dB)*: 10
- ✓ *Input signal power* , referenced to 1 ohm (watts)

Rectangular QAM Demodulator Baseband/ Rectangular QAM Demodulator Baseband 1: Demodulador QAM.

- ✓ *M-ary number*:16
- ✓ *Normalization method*: Average Power
- ✓ *Average power (watts)*: 1
- ✓ *Phase offset (rad)* : 0
- ✓ *Constellation ordering*: Gray
- ✓ *Pestaña Data Type*: Output: uint8

Error Rate Calculation/Error Rate Calculation: Calculo de la tasa de error en la transmisión.

- ✓ *Output data*: Port

Error Rate Calculation1: Calculo de la tasa de error en la transmisión.

- ✓ *Output data*: Port
- ✓ *Receive delay*: 34

Discrete-Time Scatter Plot Scope: Medidor y visualizador del diagrama de constelación.

- ✓ *Points displayed*: 2500
- ✓ *New points per display*: 500
- ✓ *Pestaña Axes Properties*:
 - *X-axis minimum*: -1.5
 - *X-axis maximum*: 1.5
 - *Y-axis minimum*: -1.5
 - *Y-axis maximum*: 1.5
- ✓ *Pestaña Figure Properties*:
 - *Scope-position*: figposition([9 10 30 35])
 - *Title*: Constellation 16-QAM/Constellation 16-QAM – Convolutional Encoder.

Viterbi Decoder: Decodificador de código convolucional.

- ✓ *Decision type*: Hard decisión
- ✓ *Pestaña Data Type*: Output data type: Smallest unsigned integer

Time stop simulation: Duración de la prueba. (Se encuentra al lado del ejecutor de la simulación; dejar esta opción en 0.5).

Tabla 3. Tabla resultados 16-QAM con y sin codificación (Incluir las imagenes)

Es/No (dB)	16-QAM			16-QAM – Convolutional Encoder		
	BER	Errores	Símbolos	BER	Errores	Símbolos

Tabla 4. Diagramas de constelación para 16-QAM con y sin codificación

SNR (dB)	Constelación sin Codificación	Constelación Codificación Hamming

- b. Representar en una sola gráfica la SNR en función del BER para los dos casos. con y sin codificación.
4. Ejecutar en la línea de comandos de Matlab, el comando bertool.
 - a. Mediante esta herramienta obtenga la gráfica de **E_b/N_0 (dB) vs BER** para las modulaciones 16-QAM con y sin codificación figura 8. Analice esta gráfica y compárela con la del ejercicio anterior.

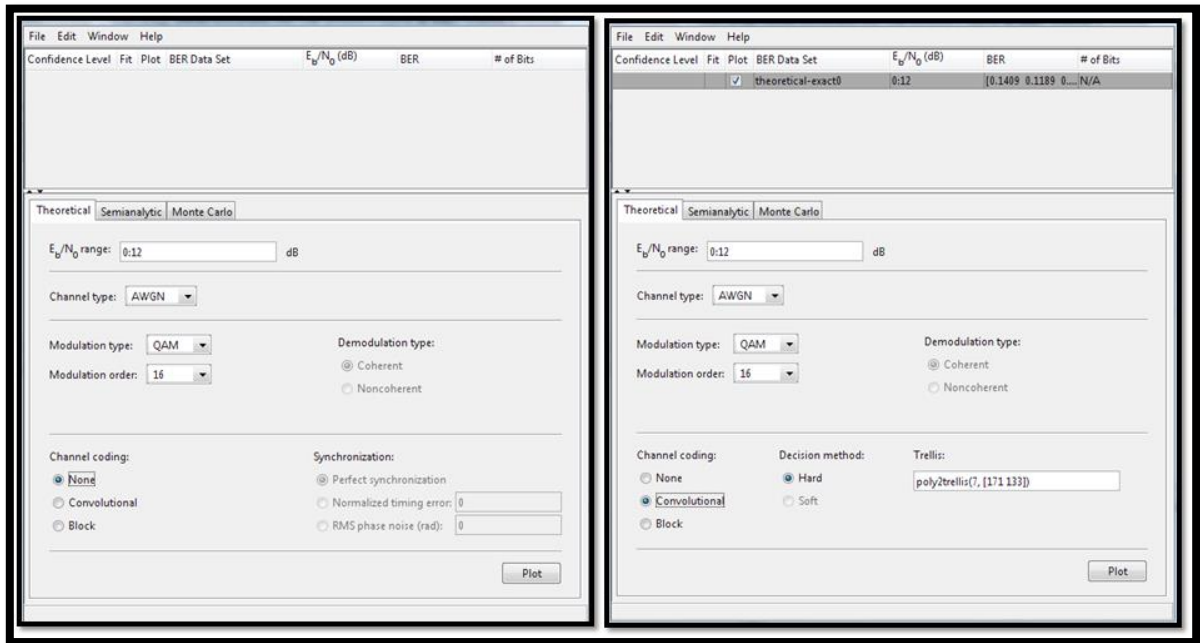


Figura 8. Parámetros de configuración de la Herramienta Bertool de Matlab para 16-QAM.

Trabajo Complementario

- ¿Qué tipos de codificadores de canal existen, como se clasifican? Defina: Códigos de bloque, distancia mínima de código, códigos cíclicos y códigos polinomiales.
- ¿Cómo funcionan los códigos Hamming y los códigos Convolucionales? Consulte varias fuentes para resolver esta pregunta, busque ejemplos.
- Consulte acerca de los códigos LDPC (Low Density Parity Check) y sus aplicaciones en los sistemas modernos de comunicación.
- ¿Qué es la ganancia de Codificación? Encuentre la ganancia de codificación empleando las mediciones realizadas durante los ejercicios desarrollados en la práctica.