

# WUOLAH



IreneCR2

[www.wuolah.com/student/ireneCR2](http://www.wuolah.com/student/ireneCR2)



7581

## AR-Practica 1.pdf

*Práctica 1 AR*



2º Arquitectura de Redes



Grado en Ingeniería Informática



Escuela Politécnica Superior de Córdoba  
UCO - Universidad de Córdoba

 escuela  
de negocios  
CÁMARA DE SEVILLA

## MÁSTER EN DIRECCIÓN Y GESTIÓN DE RECURSOS HUMANOS

[www.mastersevilla.com](http://www.mastersevilla.com)

Inscríbete



BECAS



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Grado en ingeniería informática  
Asignatura de Arquitectura de Redes

# **Práctica 1**

## **Nivel físico de la transmisión de datos**

Irene Casares Rodríguez

## Destinos más económicos para irte de viaje.

Se acercan las vacaciones de verano y es el mejor momento para pensar en irte de viajes con amigos. Eso sí, a un destino barato pero encantador.

**1. Malta.** Una combinación entre cultura y paraíso. Malta es uno de los destinos favoritos entre los viajeros gracias a sus tantos lugares de visita, como La Valeta y sus murallas, los Jardines de Hastings o la Catedral de San Juan de La Valeta; y a su mar azul y su perfecta temperatura para disfrutar de un buen cóctel. Un destino cercano y económico.



**2. Oporto (Portugal).** Además de ser una impresionante ciudad arquitectónica, Oporto cuenta con unas playas celestiales dignas de admirar. A todo ello se suma una exquisita gastronomía de lo más barata y los mejores vinos, no podrás irte de Oporto si probar una Francesinhas junto a un buen vinho do Porto.

**3. Tánger (Marruecos).** Hemos probado con destinos europeos, ¿Que tal uno de África? De la mano del estrecho de Gibraltar, descubre un nuevo universo de colores, olores y sabores a través de las pequeñas callejuelas de la Medina y los zocos de Tánger. Toma un té en el Hafa, visita el Parque de la Mendubia o pasea por Rue des Siaghins.

**4. Canaria (España).** Más cercano que nunca. Las islas Canarias son el destino perfecto si no quieres moverte de España. Clima veraniego todo el año, playas paradisíacas en cualquiera de sus islas, zonas boscosas para hacer senderismo, reservas y parques naturales, cuevas y dunas. Todo un mundo idílico a la vuelta de la esquina.

### Esto es un Verano Wuolah.

¿Por qué os estamos contando todo esto? Desde Wuolah hemos puesto en marcha un concurso que premiará a los ganadores con el **Verano Wuolah**. Durante el curso os ayudamos a aprobar y ahora nos toca ayudaros a desconectar y descansar y que os quitéis las ralladas estudiantas.

¿En qué consiste este premio? El ganador obtendrá una recompensa de **1000€** para pagar su próxima matrícula, aunque sabemos que 1000€ dan para mucho y podrás invertirlo en muchas cosas. Pero esto no es todo, el premio incluye **un viaje a elegir para el ganador y 3 amigos** en el que costeamos los vuelos al destino.

Para participar tendrás que invitar a nuevos usuarios a que se registren en Wuolah.

“

*Invita a tus amigos, consigue 1000€ y un viaje a elegir para ti y 3 colegas.*

”

El participante que más amigos invite tendrá **mayor probabilidad** de ganar. Esto es porque cada usuario con cuenta confirmada que tú hayas invitado contará como 1 participación para ti. Para confirmar la cuenta los nuevos usuarios recibirán un mail ¡A invitar!

¿Cómo puedes invitar a tus amigos? Muy fácil, desde <https://www.wuolah.com/invite>, donde cada usuario tendrá un enlace personalizado que podrá copiar para pasarlo a sus amigos por Whatsapp o publicarlo directamente en los medios y redes que quieras y que se enteren todos tus seguidores. Esto no es todo, los nuevos usuarios que se registren mediante tu invitación recibirán a cambio una participación en el concurso.

¡Invita a tus colegas y piensa donde ir!!

### Wuolah Giveaway

**Heladera TAURUS Tasty Ncream.** ¡Día Mundial del Helado de Chocolate! Sorteamos esta heladera para que te refresques con tus sabores favoritos.



### Wuolah Giveaway

**Set de snorkel.** Explora los océanos, contempla los peces más bonitos del mar, corales o estrellas de mar. Participa y llévate este Set de snorkel.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|          |                             |          |
|----------|-----------------------------|----------|
| <b>1</b> | <b>OBJETIVO .....</b>       | <b>4</b> |
| <b>2</b> | <b>MATERIAL .....</b>       | <b>4</b> |
| <b>3</b> | <b>EJERCICIOS .....</b>     | <b>4</b> |
| 3.1      | EJERCICIO 1 .....           | 4        |
| 3.1.1.   | <i>Parte teórica</i> .....  | 4        |
| 3.1.2.   | <i>Parte práctica</i> ..... | 5        |
| 3.2      | EJERCICIO 2 .....           | 9        |
| 3.2.1.   | <i>Parte práctica</i> ..... | 10       |
| 3.3      | EJERCICIO 3 .....           | 11       |
| 3.3.1.   | <i>Parte teórica</i> .....  | 12       |
| 3.3.2.   | <i>Parte práctica</i> ..... | 12       |
| 3.4      | EJERCICIO 4 .....           | 13       |
| 3.4.1.   | <i>Parte teórica</i> .....  | 13       |
| 3.4.2.   | <i>Parte práctica</i> ..... | 14       |
| 3.5      | EJERCICIO 5 .....           | 18       |
| 1.5.1.   | <i>Parte práctica</i> ..... | 18       |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                |   |    |
|----------------|---|----|
| Ilustración 1  | Ejercicio 1: Características iniciales del medio y codificación ..... | 4  |
| Ilustración 2  | Ejercicio 1-B: Patrón de bit que genera error .....                   | 5  |
| Ilustración 3  | Ejercicio1-C: Cambio velocidad de transmisión .....                   | 6  |
| Ilustración 4  | Ejercicio1-C: Mensaje correcto tras cambiar $V_t$ .....               | 6  |
| Ilustración 5  | Ejercicio1-D: Características del medio .....                         | 7  |
| Ilustración 6  | Ejercicio1-D: Patrón de bit con ruido.....                            | 7  |
| Ilustración 7  | Ejercicio1-E: Características del medio .....                         | 8  |
| Ilustración 8  | Ejercicio 2: Características iniciales del medio y codificación ..... | 9  |
| Ilustración 9  | Ejercicio 2: Mensaje inicial recibido con errores .....               | 9  |
| Ilustración 10 | Ejercicio 2-A: Errores de transmisión con $V_t$ a 28 bps .....        | 10 |
| Ilustración 11 | Ejercicio 2-A: bits por elemento de señal (NRZ) .....                 | 10 |
| Ilustración 12 | Ejercicio 2-A: bits por elemento de señal (Manchester) .....          | 10 |
| Ilustración 13 | Ejercicio 3: Características iniciales del medio y codificación ..... | 11 |
| Ilustración 14 | Ejercicio 3: Mensaje inicial recibido con errores .....               | 12 |
| Ilustración 15 | Ejercicio 3-B: Mensaje correcto con distancia a 1.2 km .....          | 13 |
| Ilustración 16 | Ejercicio 3-B: Mensaje incorrecto con distancia a 1.3 km .....        | 13 |
| Ilustración 17 | Ejercicio 4-B: Configuración modulación ASK.....                      | 15 |
| Ilustración 18 | Ejercicio 4-B: Modulación ASK .....                                   | 15 |
| Ilustración 19 | Ejercicio 4-B: Configuración modulación FSK .....                     | 16 |
| Ilustración 20 | Ejercicio 4-B: Modulación FSK.....                                    | 16 |
| Ilustración 21 | Ejercicio 4-B: Configuración modulación DPSK .....                    | 17 |
| Ilustración 22 | Ejercicio 4-B: Modulación DPSK.....                                   | 17 |



## 1 Objetivo

Resolver teóricamente algunos ejercicios relacionados con el nivel físico y comprobar mediante un simulador que la solución teórica es correcta.

## 2 Material

Para la realización de la presente práctica se utilizará un simulador realizado para MATLAB, denominado “Simulador de nivel físico de la transmisión de datos”, disponible para su descarga en Moodle.

## 3 Ejercicios

### 3.1 Ejercicio 1

Se tiene un medio ideal, con ancho de banda entre 0 y 14 Hz, sin ruido blanco y sin atenuación. Se utiliza una codificación NRZ de amplitud  $V_{pp} = 1$  V y  $V_t = 32$  bps.

The screenshot shows a simulation interface with two main sections: 'CANAL' and 'CODIFICACION'.

**CANAL Section:**

- Ancho de banda (Hz): 0 - 14
- S/N (dB): 30
- ☐ Ruido blanco
- Atenuación (dB/Km): 2
- ☐ Atenuación
- Longitud (Km): 5
- Muestras: 1024

**CODIFICACION Section:**

- Codificación: NRZ (dropdown menu)
- Vt: 32
- Fp: 40
- Amplitud: 1

Ilustración 1 Ejercicio 1: Características iniciales del medio y codificación

#### 3.1.1. Parte teórica

- Indicar qué corrección sería necesario realizar para que el sistema funcionara correctamente.



La capacidad ( $C$ ) de un canal es la velocidad a la que se pueden transmitir los datos en un canal o ruta de comunicación de datos. Al tratarse de un canal exento de ruido y atenuación, un medio ideal, podemos hacer uso del Teorema de Nyquist, según el cual: la limitación en la velocidad de los datos (bps) está impuesta simplemente por el ancho de banda de la señal. Dado un ancho de banda de  $B$ , la velocidad mayor de transmisión de la señal que se puede conseguir es  $2B$ .

Según este Teorema, y dado que el ancho de banda está entre 0 y 14 Hz, la velocidad de transmisión máxima que se puede conseguir será:

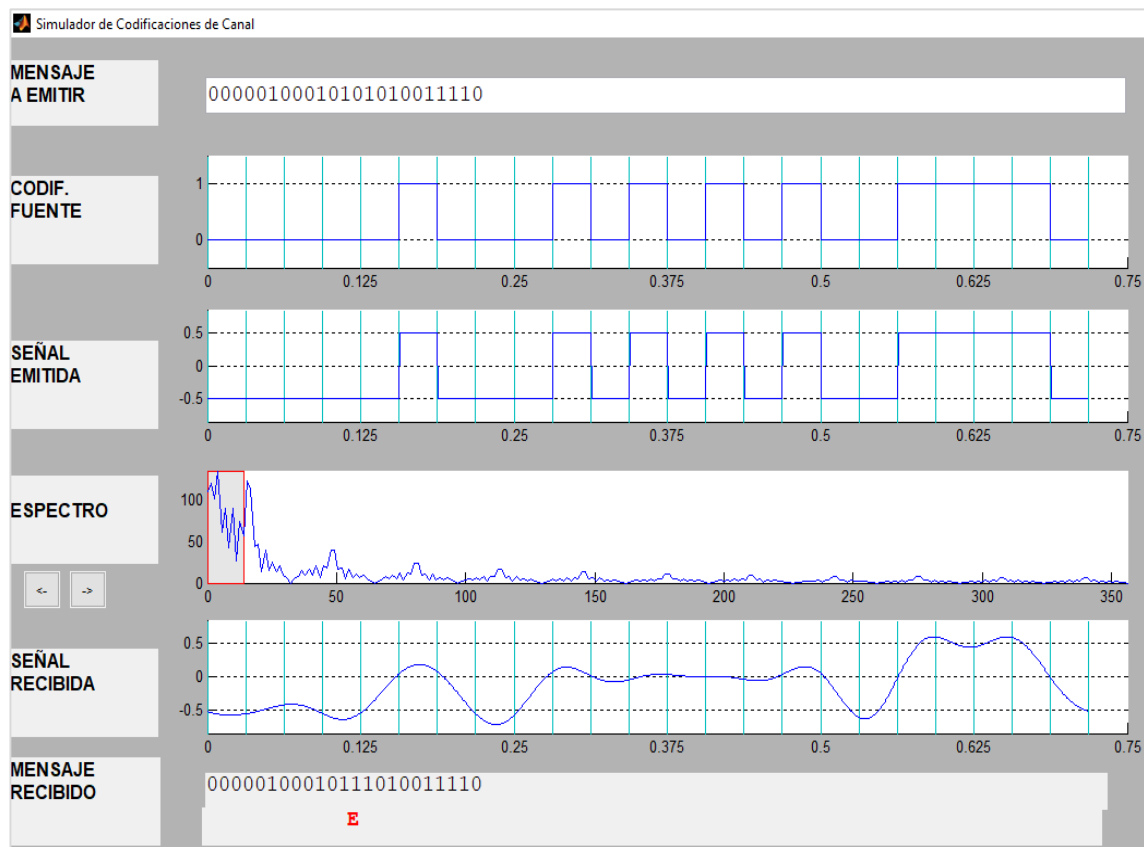
$$C = 2 \cdot B = 2 \cdot 14 = 28 \text{ Hz} \Rightarrow V_t = 28 \text{ bps}$$

Por tanto, la velocidad de transmisión que indica el enunciado ( $V_t = 32 \text{ bps}$ ) es demasiada, por lo que debemos disminuirla a 28 bps, siendo éste su valor máximo. Así, el ancho de banda ya recoge la zona más importante del espectro, por lo que se elimina el error en la transmisión.

Para verlo más claro, imaginemos que hay un tendido de cables ethernet por toda la universidad, ¿qué es más fácil: cambiar la velocidad a la que se van a transmitir los datos o cambiar todo el cableado? Claramente, es más sencillo cambiar la velocidad a la que se van a transmitir los datos. Por esto, no es necesario cambiar el ancho de banda para solucionar el problema.

### 3.1.2. Parte práctica

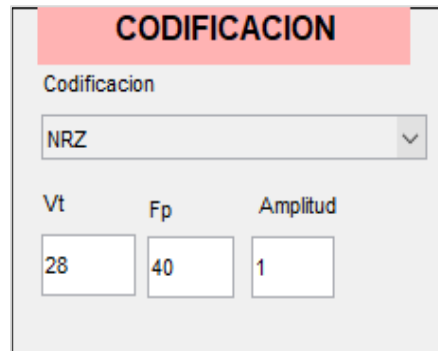
**B. Enviar distintos patrones de bit y observar cuáles generan error y cuáles no. Extraer conclusiones sobre lo observado. Un ejemplo de patrón que genera error es 00000100010101010011110 (esta cadena se utilizará en toda la práctica).**



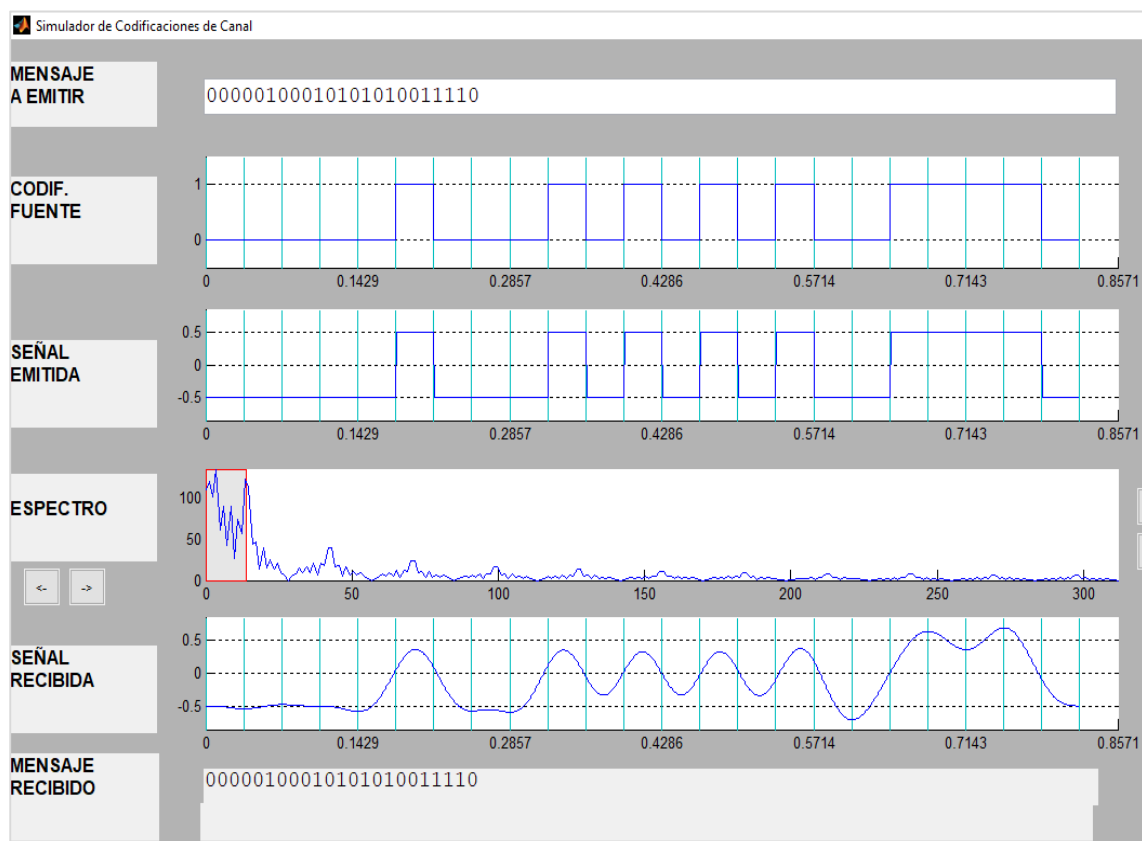
*Ilustración 2 Ejercicio 1-B: Patrón de bit que genera error*

**C. Una vez detectado un patrón que genera un error, aplicar la corrección propuesta en el apartado A para verificar que efectivamente soluciona el problema.**

Para corregir el problema, podemos cambiar la velocidad de transmisión  $V_t$  a 28 bps o menos y vemos que soluciona el problema:



*Ilustración 3 Ejercicio1-C: Cambio velocidad de transmisión*



*Ilustración 4 Ejercicio1-C: Mensaje correcto tras cambiar  $V_t$*

Al disminuir la velocidad de transmisión se cubre una zona mayor del espectro, a pesar de que éste y el ancho de banda siguen siendo los mismos. Esto ocurre porque cambia la escala, la velocidad a la que se están transmitiendo los datos, pues no es lo mismo transmitir 32 bits por segundo que transmitir 5.



**D. Considerar las condiciones iniciales del medio y añadirles la existencia de ruido blanco en el canal, con una relación S/N de 6 dB. Probar el patrón del apartado B con y sin ruido. ¿En qué condiciones se obtienen más errores de transmisión?**

**CANAL**

Ancho de banda (Hz)

-

S/N (dB)

☒ Ruido blanco

Atenuación (dB/Km)

☐ Atenuación

Longitud (Km) Muestras

**CODIFICACION**

Codificación

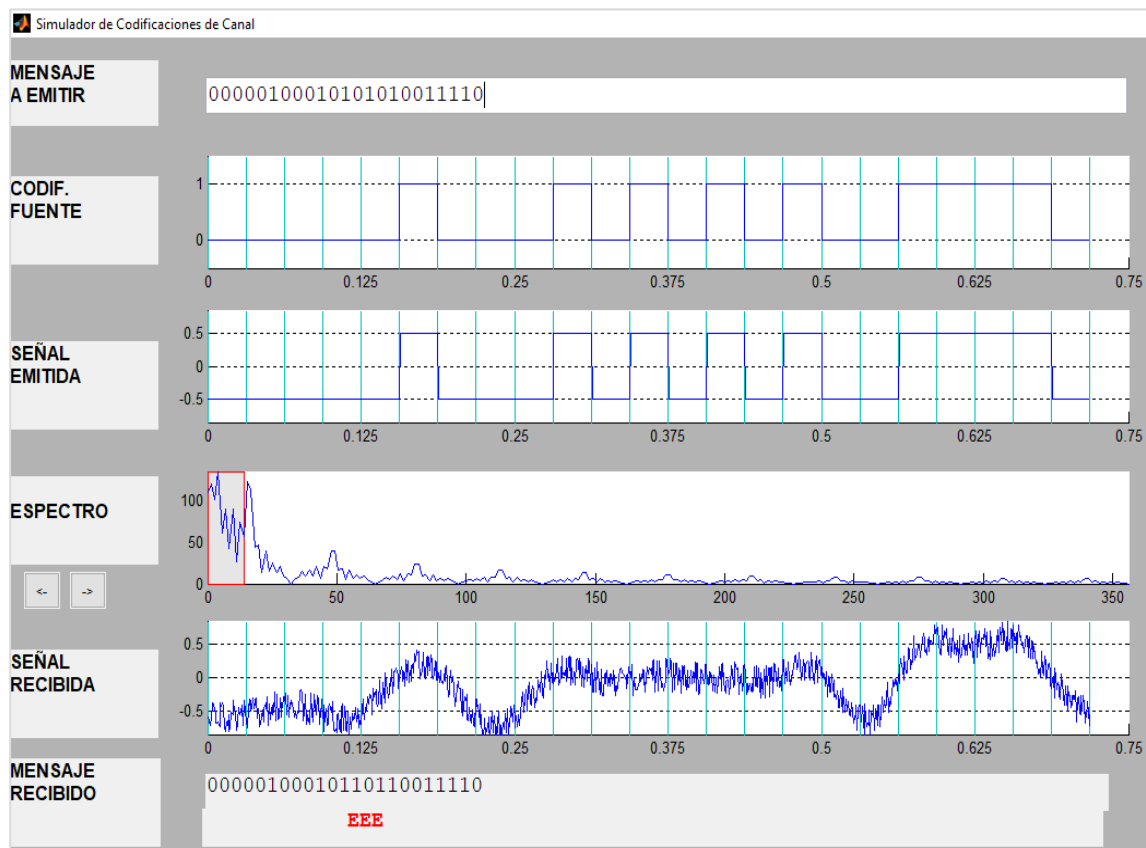
NRZ

Vt

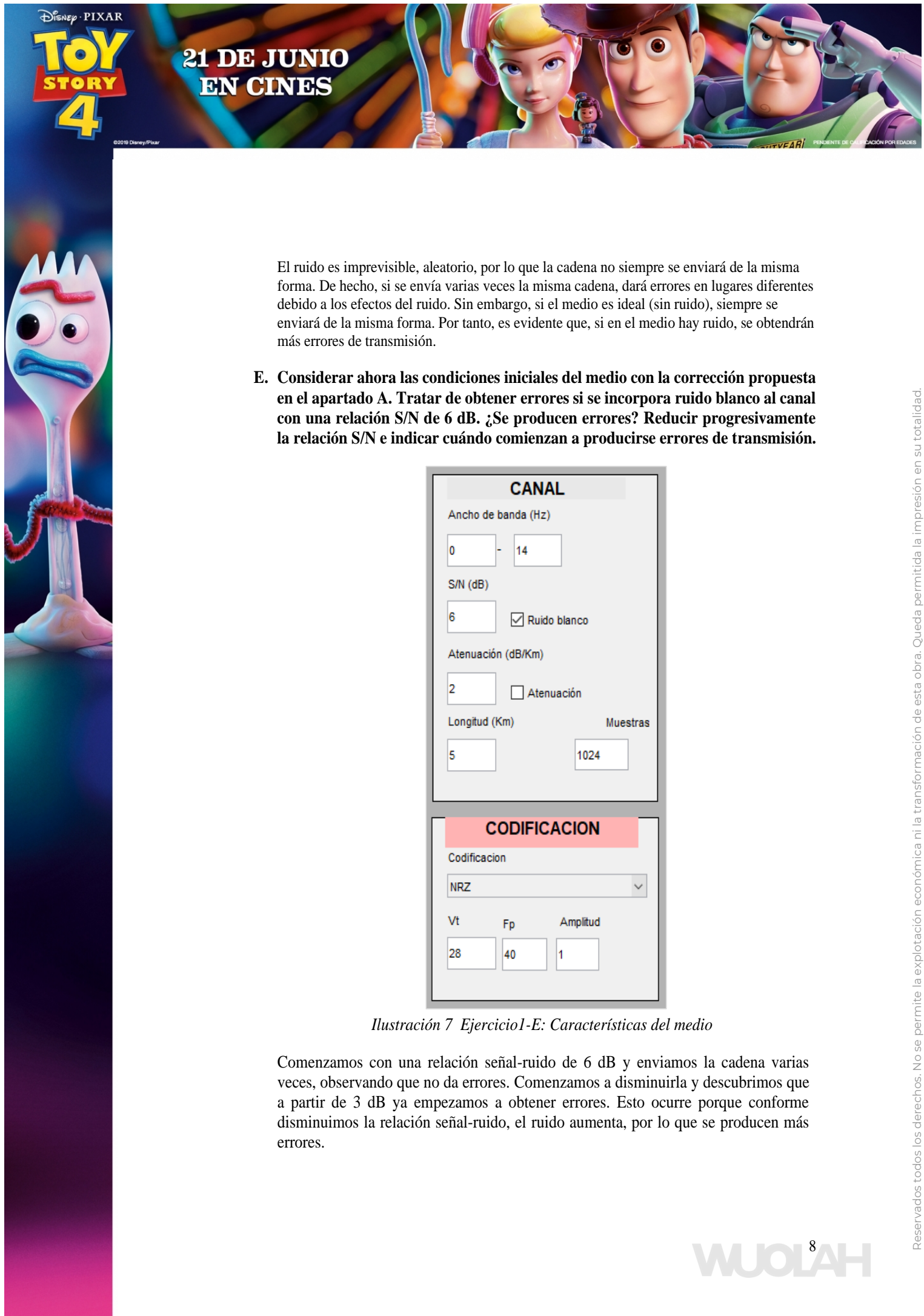
Fp

Amplitud

*Ilustración 5 Ejercicio1-D: Características del medio*



*Ilustración 6 Ejercicio1-D: Patrón de bit con ruido*



## 3.2 Ejercicio 2

Se tiene un medio con las características del utilizado en el ejercicio anterior pero que utiliza codificación Manchester en lugar de NRZ.

**CANAL**  
Ancho de banda (Hz)  
0 - 14  
S/N (dB)  
3 ☐ Ruido blanco  
Atenuación (dB/Km)  
2 ☐ Atenuación  
Longitud (Km) Muestras  
5 1024

**CODIFICACION**  
Codificación  
Manchester  
Vt Fp Amplitud  
32 40 1

Ilustración 8 Ejercicio 2: Características iniciales del medio y codificación

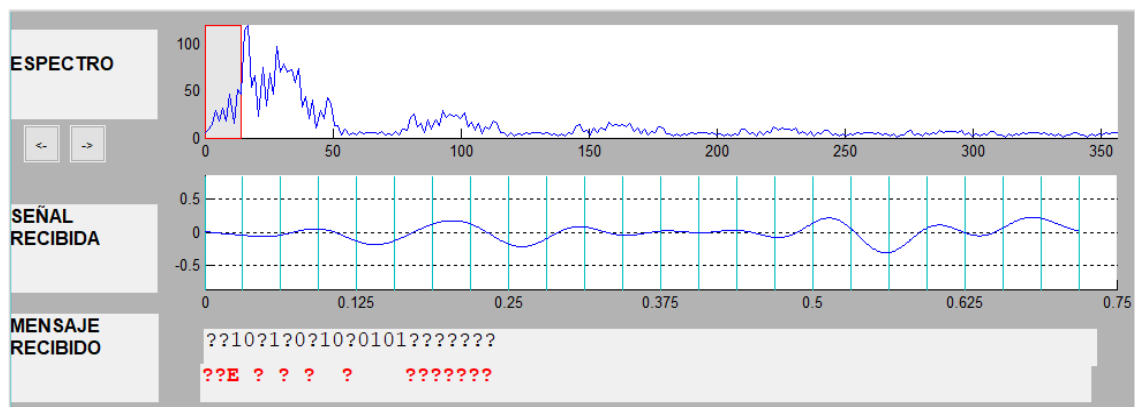


Ilustración 9 Ejercicio 2: Mensaje inicial recibido con errores

### 3.2.1. Parte práctica

#### A. Comprobar que la corrección propuesta en el apartado A del Ejercicio 1 no permite aquí eliminar los errores. ¿A qué se debe? ¿Cómo se puede solucionar?

Como hemos cambiado la codificación, el espectro de la señal también ha cambiado, por lo que al disminuir la velocidad de transmisión a 28 bps no conseguimos cubrir el espectro y nos siguen apareciendo errores.

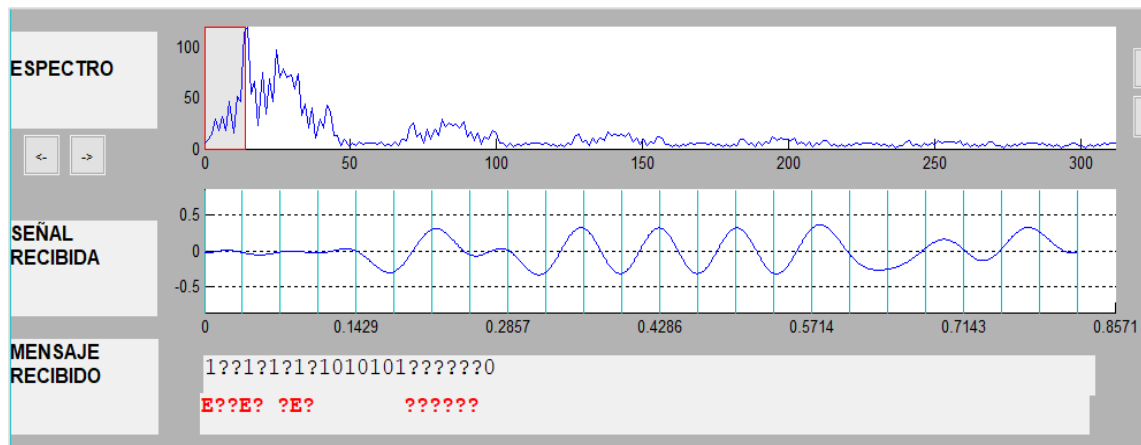


Ilustración 10 Ejercicio 2-A: Errores de transmisión con  $V_t$  a 28 bps

Por tanto, debemos volver a modificar la velocidad de transmisión.

El Teorema de Nyquist también se puede ver como  $C = 2 \cdot B \cdot L$ , siendo  $L = \log_2 M$ . Conceptualmente,  $L$  es el número de bits por elemento de señal.

En la codificación NRZ transmitimos 1 bit por elemento de señal, como vemos en el simulador en la zona de *Señal emitida* (Ilustración 11).

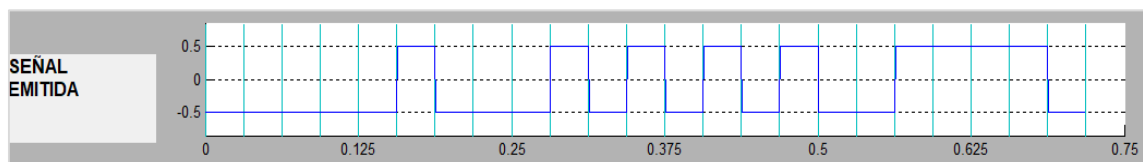


Ilustración 11 Ejercicio 2-A: bits por elemento de señal (NRZ)

Sin embargo, en la codificación Manchester se transmiten 0.5 bits por elemento de señal ( $L = 0.5$ ), como vemos en la Ilustración 12.

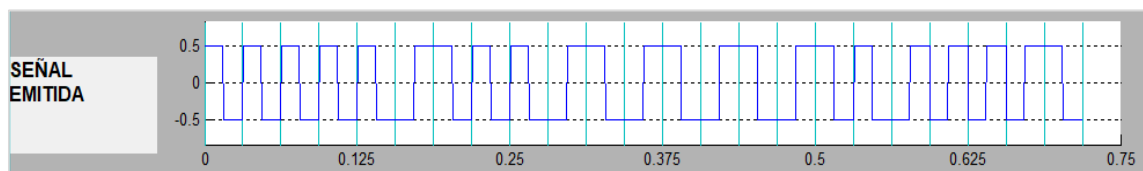


Ilustración 12 Ejercicio 2-A: bits por elemento de señal (Manchester)

Con estos datos, calculamos la velocidad de transmisión:

$$C = 2 \cdot B \cdot L = 2 \cdot 14 \cdot 0.5 = 14 \text{ Hz}$$

Así, necesitamos una velocidad de transmisión de 14 bps.

**B. Verificar que la solución propuesta en el apartado A permite una transmisión libre de errores.**

Modificamos  $V_t$  a 14 bps y observamos que ya no ocurren errores porque ahora se cubre más parte del espectro de la señal.

La codificación Manchester corrige algunos de los errores de la codificación NRZ, pero requiere el doble del ancho de banda (la mitad de la velocidad de transmisión).

### 3.3 Ejercicio 3

Se tiene un canal de transmisión con un ancho de banda entre 0 y 3000 Hz, libre de ruido y con una atenuación de 5 dB/Km. La codificación utilizada es bipolar con  $V_t = 32$  bps y amplitud  $V_{pp} = 1V$ . Los símbolos de esta codificación se identifican por los intervalos:

- $(-\infty, -0.25)$ : Pulso negativo
- $[-0.25, +0.25]$ : Cero
- $(+0.25, +\infty)$ : Pulso positivo

The image shows a software interface divided into two main sections: 'CANAL' and 'CODIFICACION'.

**CANAL Section:**

- Ancho de banda (Hz):** Two input fields with values '0' and '3000' separated by a hyphen.
- S/N (dB):** An input field with the value '6' and a checkbox labeled 'Ruido blanco' which is unchecked.
- Atenuación (dB/Km):** An input field with the value '5' and a checked checkbox labeled 'Atenuación'.
- Longitud (Km):** An input field with the value '5'.
- Muestras:** An input field with the value '1024'.

**CODIFICACION Section:**

- Codificación:** A dropdown menu showing 'Bipolar'.
- Vt:** An input field with the value '32'.
- Fp:** An input field with the value '40'.
- Amplitud:** An input field with the value '1'.

*Ilustración 13 Ejercicio 3: Características iniciales del medio y codificación*

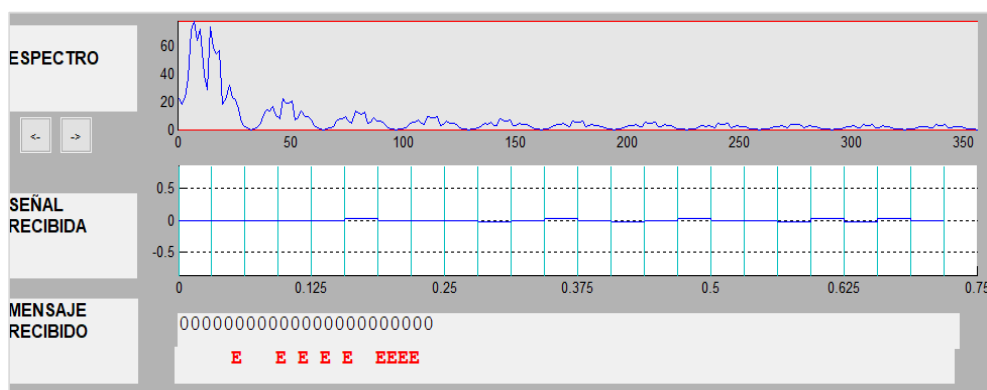


Ilustración 14 Ejercicio 3: Mensaje inicial recibido con errores

### 3.3.1. Parte teórica

#### A. Calcular la longitud máxima a la que se puede transmitir sin errores de decodificación.

En primer lugar, debemos calcular la atenuación para esta codificación, la cual sería:

$$A(dB) = 20 \cdot \log \frac{A_{in}}{A_{out}} = 20 \cdot \log \frac{V_{in}}{V_{out}}$$

Necesitamos el voltaje de entrada ( $V_{in}$ ) y el voltaje de salida ( $V_{out}$ ):

- El emisor, en cada pulso de señal va a transmitir 0.5 V porque, con el tipo de codificación escogida, el pulso negativo y el pulso positivo lo va a representar desde -0.25 hasta +0.25 (el 0 lo representa con ausencia de señal), por lo que la amplitud o voltaje que saldrá del emisor ( $V_{out}$ ) es de 0.5 V.
- Observando los intervalos que nos da el enunciado, especialmente el del *Pulso negativo*, vemos que por debajo de -0.25 V la señal será inapreciable, por lo que el voltaje de entrada del receptor ( $V_{in}$ ) será de 0.25 V.

A partir de esto datos, tenemos que:

$$A(dB) = 20 \cdot \log \frac{V_{in}}{V_{out}} = 20 \cdot \log \frac{0.25}{0.5} = |-6.02| \text{ dB}$$

En segundo lugar, sabemos que, en el medio, por cada Km hay 5 dB de atenuación, así que solo quedaría calcular los kilómetros para 6.02 dB de atenuación:

$$\frac{6.02 \cdot 1}{5} = 1.2 \text{ Km}$$

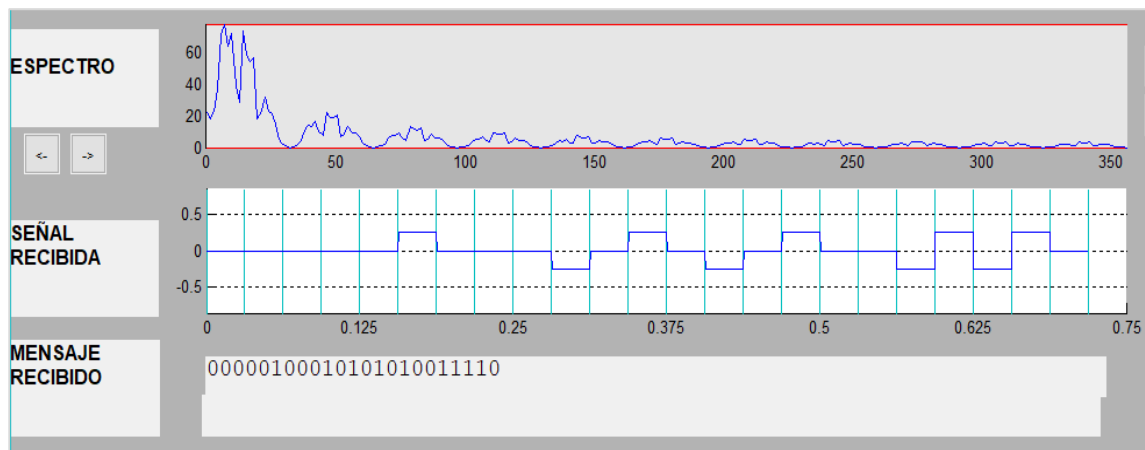
Por tanto, la longitud máxima a la que se puede transmitir sin errores de codificación es de 1.2 Km.

### 3.3.2. Parte práctica

#### B. Verificar que los cálculos realizados en el apartado A son correctos, probando el mismo mensaje a distintas distancias.

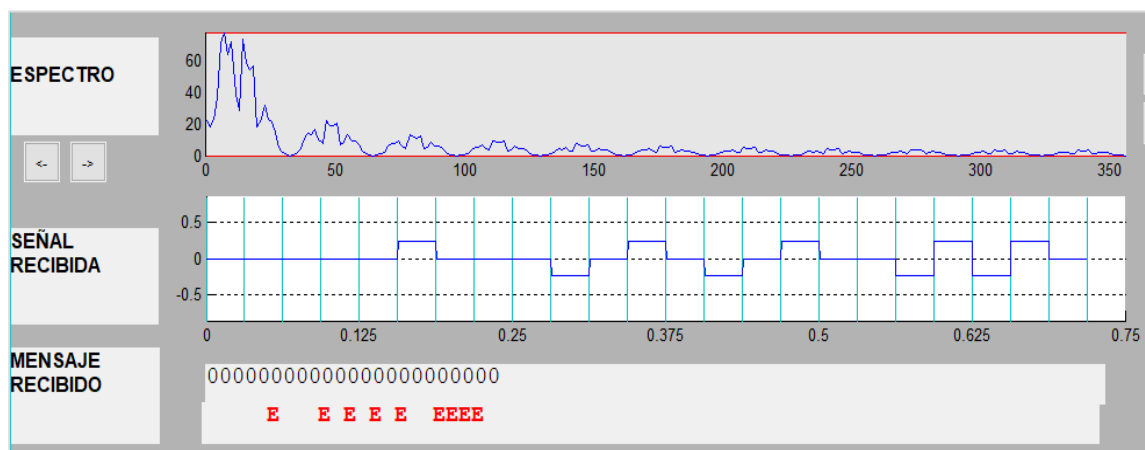


Modificamos la longitud a 1.2 Km, manteniendo la atenuación a 5 dB, y vemos que desaparecen los errores.



*Ilustración 15 Ejercicio 3-B: Mensaje correcto con distancia a 1.2 km*

Verificamos que esta es la distancia máxima porque si la aumentamos, por ejemplo, a 1.3 Km, vuelven a aparecer los errores. Cuanto más aumentamos la distancia, más se acerca a 0 la señal recibida y, puesto que por debajo de 0.25 V ya es inapreciable, en esta codificación se considera que se trata de un 0, provocando errores en la cadena de bits recibida.



*Ilustración 16 Ejercicio 3-B: Mensaje incorrecto con distancia a 1.3 km*

### 3.4 Ejercicio 4

Se tiene un medio ideal libre de ruido y atenuación. Se va a transmitir a  $V_t = 16$  bps con una portadora de  $f_p = 40$  Hz y  $V_{pp} = 1$  V.

#### 3.4.1. Parte teórica

- A. Calcular el ancho de banda necesario utilizando modulación ASK, FSK y DPSK, suponiendo que  $r = 1$ . Para FSK,  $\Delta F = \left(\frac{1}{6}\right) \cdot f_p$

- Modulación ASK:

Mientras que en los apuntes tenemos que, para la modulación ASK, calculamos el ancho de banda como  $B_T = (1 + r) \cdot R$ ; en el manual del simulador encontramos lo siguiente:

$$BW = (1 + r) \cdot V_t = (1 + 1) \cdot 16 = 32 \text{ Hz}$$

Por tanto, el ancho de banda necesario para utilizar la modulación ASK es de 32 Hz.

- Modulación FSK:

Al igual que en ASK, en los apuntes tenemos que, para la modulación FSK, calculamos el ancho de banda como  $B_T = 2\Delta F + (1 + r) \cdot R$ ; en el manual del simulador encontramos lo siguiente:

$$\begin{aligned} BW &= 2\Delta F + (1 + r) \cdot V_t = \left(2 \cdot \frac{1}{6} \cdot f_p\right) + (1 + r) \cdot V_t \\ &= \left(2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 40\right) + (1 + 1) \cdot 16 = 45.3 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Por tanto, el ancho de banda necesario para utilizar la modulación FSK es de 45.3 Hz.

- Modulación DPSK:

El ancho de banda para esta modulación se calcula de la misma forma que para la modulación ASK:

$$BW = (1 + r) \cdot V_t = (1 + 1) \cdot 16 = 32 \text{ Hz}$$

Por tanto, el ancho de banda necesario para utilizar la modulación DPSK es de 32 Hz.

### 3.4.2. Parte práctica

**B. Verificar el apartado anterior en el simulador. Probar a definir el ancho de banda calculado entre diversos límites que contengan la frecuencia portadora.**

Por ejemplo,  $\left[f_p - \frac{BW}{2}, f_p + \frac{BW}{2}\right]$  o  $[f_p, f_p + BW]$ .

- Modulación ASK:

$$\left[f_p - \frac{BW}{2}, f_p + \frac{BW}{2}\right] = \left[40 - \frac{32}{2}, 40 + \frac{32}{2}\right] = [24, 56]$$

Por tanto, definimos el ancho de banda de 24 a 56 Hz.

### CANAL

Ancho de banda (Hz)

-

S/N (dB)

☐ Ruido blanco

Atenuación (dB/Km)

☐ Atenuación

Longitud (Km)

Muestras

### CODIFICACION

Codificación

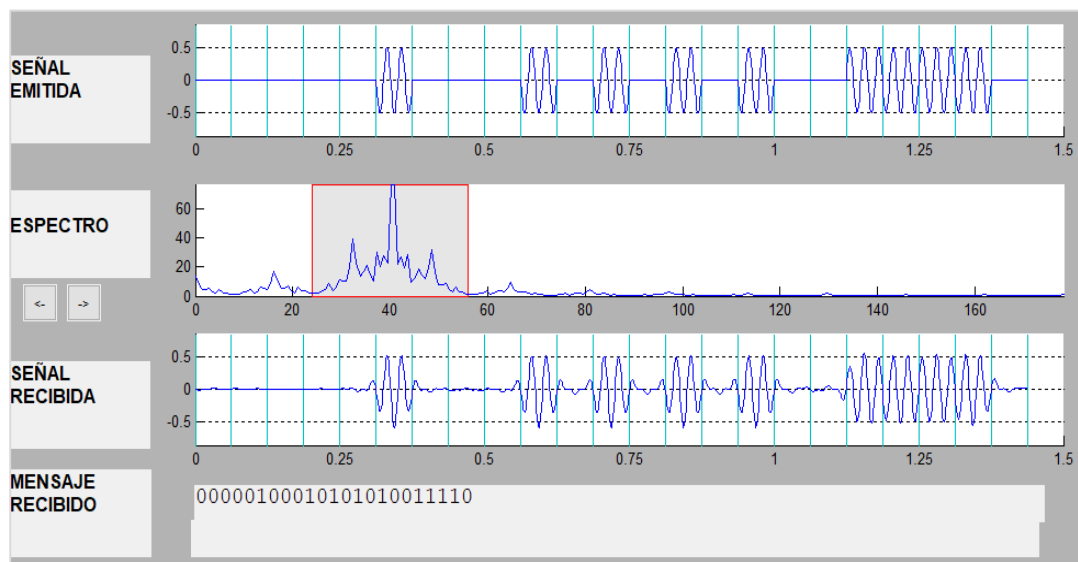
ASK
▼

Vt

Fp

Amplitud

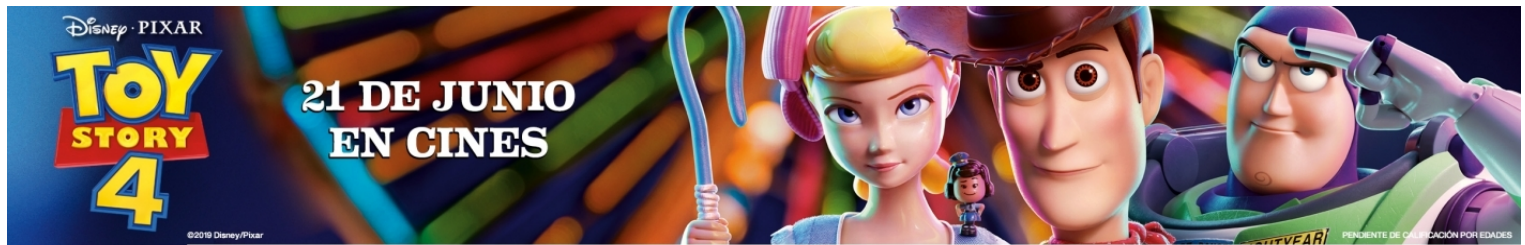
*Ilustración 17 Ejercicio 4-B: Configuración modulación ASK*



*Ilustración 18 Ejercicio 4-B: Modulación ASK*

▪ Modulación FSK:

$$\left[ f_p - \frac{BW}{2}, f_p + \frac{BW}{2} \right] = \left[ 40 - \frac{45.3}{2}, 40 + \frac{45.3}{2} \right] = [17.35, 62.65]$$



Por tanto, definimos el ancho de banda de 17.35 a 62.65 Hz.

### CANAL

Ancho de banda (Hz)

-

S/N (dB)

☐ Ruido blanco

Atenuación (dB/Km)

☐ Atenuación

Longitud (Km) Muestras

### CODIFICACION

Codificación

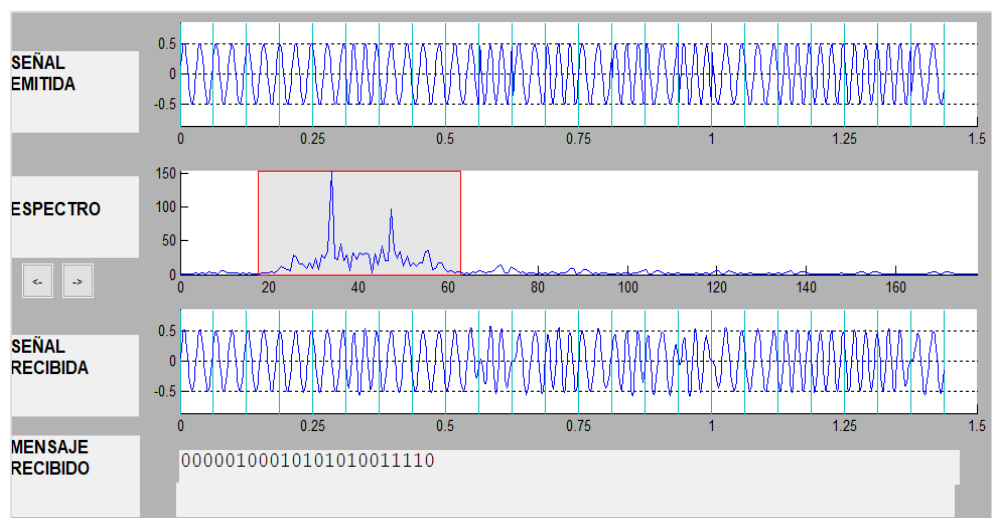
FSK
▼

Vt

Fp

Amplitud

*Ilustración 19 Ejercicio 4-B: Configuración modulación FSK*



*Ilustración 20 Ejercicio 4-B: Modulación FSK*

- Modulación DPSK:

$$\left[ f_p - \frac{BW}{2}, f_p + \frac{BW}{2} \right] = \left[ 40 - \frac{32}{2}, 40 + \frac{32}{2} \right] = [24, 56]$$

Por tanto, definimos el ancho de banda de 24 a 56 Hz.

**CANAL**

Ancho de banda (Hz)

-

S/N (dB)

☐ Ruido blanco

Atenuación (dB/Km)

☐ Atenuación

Longitud (Km)

Muestras

**CODIFICACION**

Codificación

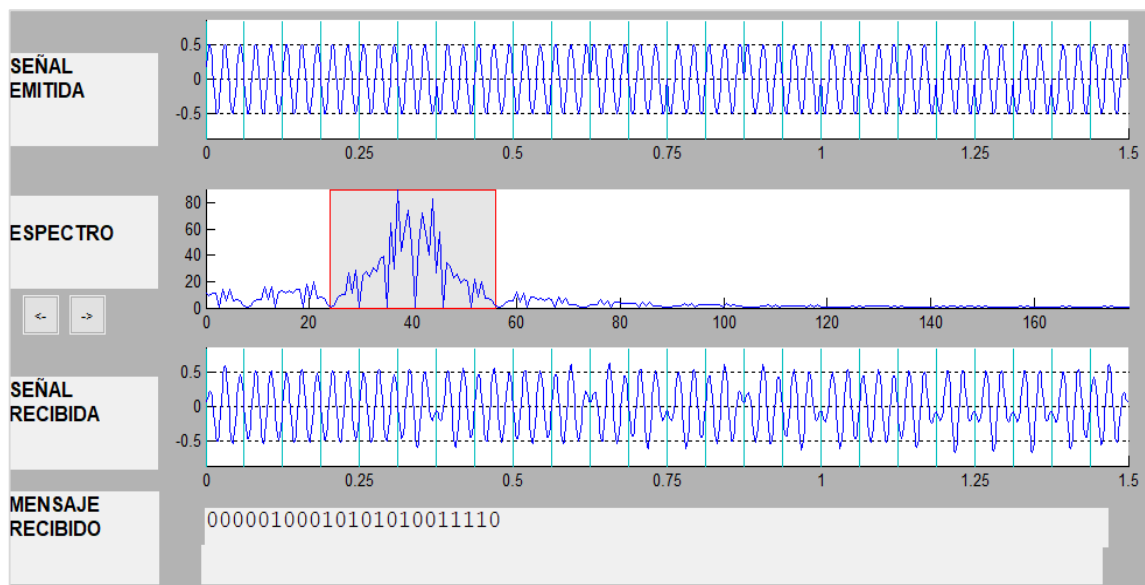
DPSK

Vt

Fp

Amplitud

*Ilustración 21 Ejercicio 4-B: Configuración modulación DPSK*



*Ilustración 22 Ejercicio 4-B: Modulación DPSK*

Al definir el ancho de banda con los límites anteriores vemos que no surgen errores; sin embargo, si utilizáramos  $[f_p, f_p + BW]$ , daría errores con la codificación FSK y DPSK porque el ancho de banda no cubriría el espectro de la señal, como se ha comprobado en el simulador.

## 3.5 Ejercicio 5

Se tiene un medio de transmisión con ancho de banda entre 0 y 100 Hz sin atenuación. Se va a transmitir a  $V_t = 16$  bps con una portadora de  $f_p = 40$  Hz y  $V_{pp} = 1$  V.

### 1.5.1. Parte práctica

- A. Utilizando las codificaciones ASK, FSK y DPSK, verificar experimentalmente para cada una de ellas el límite de la relación señal/ruido a partir del cual la probabilidad de error se dispara notablemente.**

Debemos comprobar qué modulación es más tolerante al ruido.

Comenzamos con **ASK** y una relación señal-ruido de 6 dB. No obtenemos errores, por lo que la disminuimos, lo que significa que se introduce más ruido. Con 5 dB de relación señal-ruido ya obtenemos errores.

Cambiamos la modulación a **FSK** y comenzamos con 5 dB. No obtenemos errores, así que introducimos más ruido disminuyendo la relación señal-ruido. Con 2 dB, a veces incluso con 3 dB, ya obtenemos más errores.

Finalmente, probamos la modulación **DPSK**. Cuanto más próxima a 0 sea la relación señal-ruido, más errores se obtendrán, pero siguen siendo muy pocos. Esto quiere decir que la modulación DPSK es muy tolerante al ruido, la que más de las tres modulaciones, pues cuanto menor sea la relación señal-ruido, más ruido hay.

- B. Ordenar las tres codificaciones por orden de sensibilidad al ruido blanco.**

Como hemos comprobado en el apartado anterior, el ranking quedaría:

1. DPSK
2. FSK
3. ASK

Esto se podría haber respondido teóricamente pues ASK fue la primera modulación que se creó, FSK pretendía corregir errores de ASK y DPSK pretendía corregir errores de las dos anteriores.