

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**SIMULACIÓN DE CÓDIGOS DE LÍNEA**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:**

**WILFREDO GARCÍA RODAS**

**PROMOCIÓN**  
**1991- I**

**LIMA – PERÚ**  
**2005**

## **SIMULACIÓN DE CÓDIGOS DE LÍNEA**

***Dedico este trabajo a:  
Mis padres, inspiración plena de lucha y  
sacrificio ,  
a mi esposa, por su gran apoyo ,  
mis hermanos, por la ayuda incondicional en  
mi carrera,  
mis hijos y sobrinos ,esperanza de superación.***

## SUMARIO

El presente informe tiene por objeto simular los códigos de líneas en banda base con la finalidad de analizar sus características de transmisión, de tal manera que podamos entender la forma de transmisión digital con estos códigos.

Este trabajo se inicia con una serie de conocimientos básicos sobre comunicación digital en banda base: Transmisión en banda base, códigos de líneas más importantes, ancho de banda y la densidad espectral de potencia. Luego sigue la parte esencial de nuestro informe que es desarrollar programas para simular diferentes códigos de línea en banda base. Esta simulación es una aplicación del software Matlab utilizando programación. Esta simulación nos permitirá comparar los espectros de frecuencia de los diferentes códigos y analizar en éstos algunas características importantes como el ancho de banda y el contenido de reloj. De esta manera podremos determinar cuál o cuáles códigos tienen mayor y menor ancho de banda, si tienen componente de corriente continua y si esta componente se puede eliminar fácilmente, si tienen contenido de reloj y si es fácil recuperarlo. El informe incluye los programas y las gráficas de las señales observadas con las conclusiones correspondientes.

# ÍNDICE

	Pág.
<b>PRÓLOGO</b>	01
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>TRANSMISIÓN DIGITAL EN BANDA BASE</b>	03
1.1 Introducción	03
1.2 Definición	04
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>CÓDIGOS DE LINEA EN BANDA BASE</b>	05
2.1 Introducción	05
2.2 Definición	06
2.3 Características de los códigos de línea	07
2.4 Códigos de línea más importante	08
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>DENSIDAD ESPECTRAL DE PÓTENCIA</b>	18
3.1 Introducción	18
3.2 Espectro de frecuencia	18
3.3 Ancho de banda	19
3.4 Relación entre la velocidad de transmisión y el ancho de banda	19

3.5	Eficiencia espectral	20
3.6	Densidad espectral de potencia de los códigos de línea	20
<b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>SIMULACIÓN DE LOS CÓDIGOS DE LÍNEA EN BANDA BASE</b>		24
<i>PROGRAMAS QUE SIMULAN LOS CODIGOS DE LINEA</i>		24
<b>CONCLUSIONES</b>		64
<b>ANEXO</b>		65
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		72

## PRÓLOGO

La creciente integración de computadoras y comunicación como un solo sistema, ha llevado al desarrollo de una industria que va alcanzando rápido crecimiento y se estiman muchos más grandes avances en el futuro, que situarán la Industria de la Comunicación de Datos dentro del lugar de las más poderosas en el mundo.

La Comunicación de Datos, proceso de comunicar información en forma binaria entre dos puntos, es llamada también Comunicación entre Ordenadores, porque la mayoría de las informaciones se intercambian entre los computadoras y sus periféricos. Esta comunicación es de vital importancia hoy día en el mundo de los negocios, principalmente los que se dedican a la parte de manejo financiero y bancario, aunque es aplicable a todas las áreas en general.

En los años 70 la aparición del microcomputador y de los microprocesadores permitieron velocidades que dieron paso a los primeros Inicios de la Comunicación de Datos, mas no fue sino hasta los años 80 y con los avances tecnológicos que aparecieron para esa época donde la comunicación de datos tuvo sus verdaderos inicios. En la actualidad utilizamos máquinas muy modernas y que realizan

funciones muy diversas y pueden transmitir y recibir informaciones en forma de caracteres, símbolos, imágenes, sonidos, etc.

En la industrial el uso de las computadoras ha permitido minimizar los cálculos complejos que conlleva las plantas modernas, por eso se ha convertido en una práctica habitual su utilidad en proyectos de sistemas de control y en el control de operación de los mismos.

En la época actual y con los grandes adelantos de la comunicación por satélites y fibra óptica traza la perspectiva de Sistemas de Comunicaciones súper poderosos y transmisión de datos, voz y vídeo con mayor velocidad y con mejor calidad, colocando a la Industria de la Comunicación de Datos como la industria del futuro.

El presente informe está enfocado a los códigos de línea ya que en esta área se pueden analizar características importantes como la sincronización, el ancho de banda, el contenido de reloj y comparar los espectros de frecuencia de los diferentes códigos.

A continuación se introducen los conceptos fundamentales previos a la simulación de los códigos de línea en banda base.



# **CAPÍTULO I**

## **TRANSMISIÓN DIGITAL EN BANDA BASE**

### **1.1 Introducción**

La transmisión digital de datos se ha establecido como método de transmisión, tanto en la industria como en las telecomunicaciones, debido a su alta velocidad, su capacidad de multiplexado y su excelente calidad.

En nuestra época la comunicación de Datos es una de las Industrias de más rápido crecimiento y demandas.

El mundo de la alta tecnología nunca hubiera existido de no ser por el desarrollo del ordenador o computadora. Toda la sociedad utiliza estas máquinas, en distintos tipos y tamaños, para el almacenamiento y manipulación de datos. Los equipos informáticos han abierto una nueva era en la industria gracias a las técnicas de automatización, y han permitido mejorar los sistemas modernos de comunicación. Son herramientas esenciales prácticamente en todos los campos de investigación y en tecnología aplicada.

La incorporación del ordenador o computadora en las oficinas, constituyó una revolución en los sistemas ofimáticos, ya que las máquinas ofrecían el medio para realizar comunicaciones e intercambio de información

instantáneos entre compañeros de trabajo, recursos y equipos. Los rápidos avances tecnológicos han mejorado los sistemas informáticos.

Para que la comunicación sea posible es necesario que tanto el receptor como el emisor estén adaptados al canal. Esto es, el emisor debe poder modificar el mensaje de tal forma que pueda ser conducido por el canal que se va a utilizar y a su vez el receptor deberá estar en condiciones de realizar la operación inversa.

## **1.2 Definición**

La transmisión de la señal digital, a través de cables de cobre, a bajas velocidades y cortas distancias producen distorsión en la señal pero lo suficientemente débil que la señal puede ser reconocida en el otro extremo. En tales condiciones, las señales digitales pueden ser transmitidas directamente al medio sin necesidad de ningún tipo de modulación. A este tipo de transmisión se denomina transmisión digital en banda base.

Las redes de área local utilizan normalmente este modo de transmisión. La distancia máxima entre terminales puede ser de 2 a 3 mil metros.

La principal ventaja que ofrece la transmisión digital en banda base es la sencillez y economía del proceso. Su principal inconveniente es la atenuación introducida por la línea. Por ésta razón al transmitir señales digitales a través de cables de cobre (en la banda base), dichas señales tienen que ser codificadas y adaptadas a las características de la línea, minimizando la pérdida de energía por componente continua ya que el cable se comporta como un filtro pasa bajo.

## CAPÍTULO II

### CODIGO DE LINEA EN BANDA BASE

#### 2.1 Introducción

Las señales digitales binarias que se generan y procesan en los circuitos electrónicos no satisfacen los requisitos que debe tener una señal digital para su transmisión. Es en el medio de transmisión donde la señal sufre alteraciones indeseadas como son:

- a) **Atenuación:** Reduce el valor de la señal y puede hacerla tan pequeña como el ruido y perderla en éste.
- b) **Distorsión:** Es el resultado de la respuesta imperfecta de un sistema a la señal misma. En la práctica se diseña tratando siempre de minimizarlo.
- c) **Interferencia:** Es la contaminación debida a señales externas de la misma naturaleza que el mensaje que queremos transmitir.
- d) **Ruido:** Si un electrón se encuentra a una temperatura diferente al cero absoluto tendrá una energía térmica que se manifestará con movimientos aleatorios; y si el medio donde se encuentra el electrón es conductor se producirá un voltaje aleatorio conocido como ruido térmico. Obviamente es inevitable en cualquier sistema, sin embargo se puede tratar de minimizar. Existen otras fuentes de ruido como el

sol, las estrellas, las descargas atmosféricas, el ruido "fabricado" por el hombre en sus industrias, etc.

La transmisión de datos en forma digital a través de cualquier medio de transmisión implica una cierta codificación. Es por eso que en la etapa transmisora se codifican las señales digitales para adaptar la información que se va transmitir, a las características de la línea y de esa manera minimizar la pérdida de energía por componente continua, mejorar la atenuación de la señal, su cuota de errores o para transmitir el mayor caudal de información con el mismo ancho de banda.

## **2.2 Definición**

Se llama códigos de línea, en un sistema de comunicaciones digital de banda base, a las diferentes formas de onda eléctricas que pueden ser utilizadas como símbolos para representar a los dígitos binarios 1 y 0 durante una transmisión. A la codificación que se realiza sin que exista una modulación se le conoce como código de línea en banda base. Esto implica que los unos y ceros son representados con formas de onda específica que influirán en potencia de transmisión, ancho de banda, facilidad de recuperación del reloj en el receptor, detección y corrección de errores, etc.

Hay una gran cantidad de códigos de línea, por lo que la elección de un código de línea involucra que cumpla ciertas características.

## 2.3 Características de los códigos de líneas

- *Eficiencia espectral* .- Se desea que el código:

Tenga un espectro de frecuencias que se adapte a la respuesta en frecuencia del medio de transmisión. En un sistema de banda base se busca que el espectro no contenga componente continua. No contribuye al traspaso de información, es potencia transmitida inútilmente y requiere de un canal con acoplo DC.

Presente pocas componentes espectrales de frecuencias cercanas a 0 Hz, con el objetivo de eliminar variaciones muy lentas de la señal que también dificultan la recepción.

Presente el menor ancho de banda posible en banda base.

Que las componentes espectrales fuera de la banda principal sean muy poco significativas, de modo que si se usan para modular una portadora, no generen muchas señales espúreas en canales adyacentes

- *Sincronismo y transparencia*.- Se desea que el código:

Incorpore información de reloj en los datos, que permita al receptor sincronizarse para detectar claramente los límites de tiempo de cada símbolo recibido

Que esta información no requiera de una señal especial, sino que sea parte de los datos, incorporando transiciones suficientes en ellos

Que estas transiciones no impliquen un aumento de ancho de banda.

- Que la información de sincronismo pueda recuperarse sin importar el número de ceros o de unos sucesivos que vayan en la información (principio de transparencia) .
- *Capacidad de detección de errores. Se desea que el código:*
- Incorpore redundancia que permita que el receptor pueda detectar la aparición de errores en la recepción
- *Baja probabilidad de errores. Se desea que el código:*
- Presente cierta inmunidad al ruido, de modo que el receptor no incurra en muchos errores en la detección de los símbolos recibidos.

## 2.4 Códigos De Línea Más Importantes:

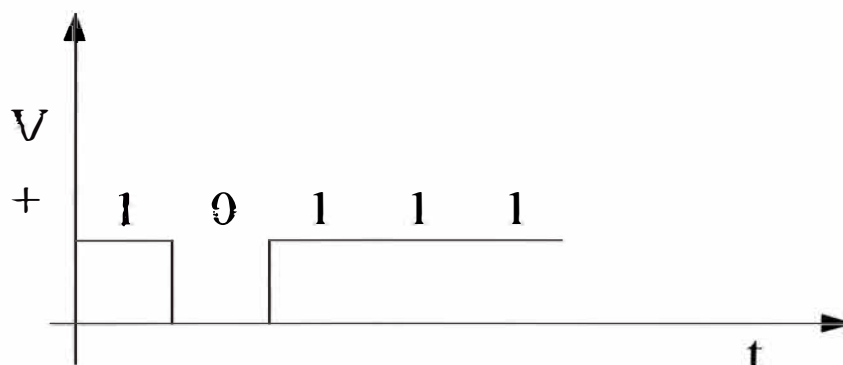
**Código NRZ (Non Return to Zero ):** sin retorno a cero

Definición (regla de codificación).-

Dígito binario 1: Nivel alto durante todo el intervalo del bit en el cual está presente un nivel de tensión.

Dígito binario 0: Nivel bajo durante todo el intervalo del bit en el cual está ausente el nivel de tensión.

Ejemplo:



El código NRZ es el más sencillo, fácil de implementar y usado para cortas distancias, el más frecuente dentro de los equipos digitales (Internamente), porque va acompañada del reloj.

#### *Desventajas*

- Si hay una secuencia larga de 0s o 1s consecutivos, el receptor no puede distinguir donde termina un bit y comienza otro.
- Errores producidos por la pérdida de la sincronización .
- No permite detectar errores
- Aparece una componente continua en la línea: mayor consumo de energía

Es decir el código NRZ es como se generan e interpretan las señales digitales binarias en los circuitos electrónicos. Las señales digitales en este código no satisface los requisitos que debe tener una señal digital para su transmisión.

Por ésta razón, generalmente en los sistemas de comunicaciones digitales de banda base se procesan las señales digitales binarias NRZ con el fin de convertir los dígitos binarios a una de las otras representaciones eléctricas, que se conocen propiamente como códigos de línea. De ésta manera se generan en la etapa transmisora señales digitales que satisfacen los requisitos para su transmisión. Por otra parte, en la etapa receptora se procesa la señal digital para cambiar el código con el cual se transmitió al código NRZ.

## CÓDIGO AMI (Alternate Mark Inversión):

Inversión Alternada de Marca

Definición (regla de codificación).-

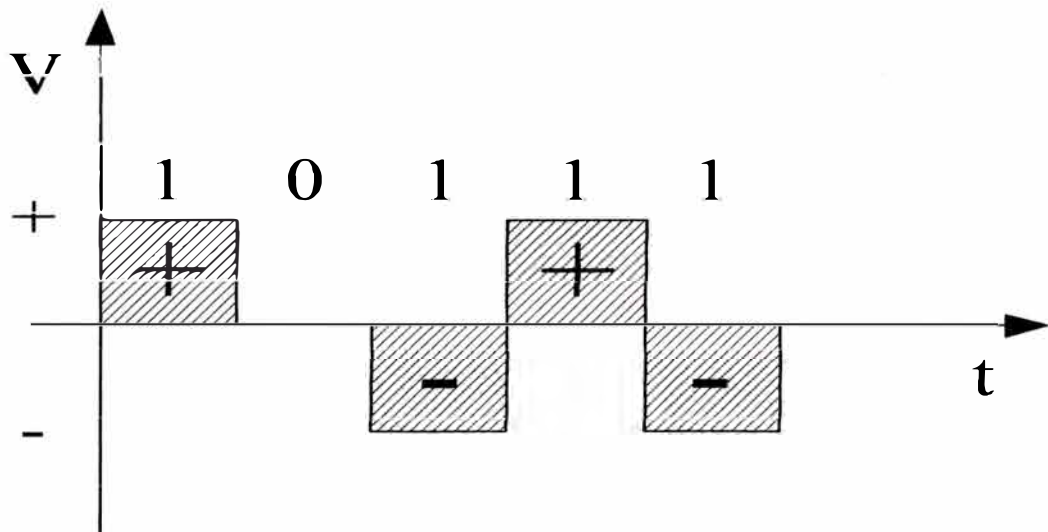
Dígito binario 1: Alto y bajo alternadamente (los unos van alternando entre  $+V$  y  $-V$ )

Dígito binario 0: Nivel intermedio (el cero está asociado a cero voltios de manera fija).

El código AMI es un código de tres niveles.

- Empleado en RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) y por INTELSAT.

Ejemplo:



El código AMI posee las siguientes ventajas y desventajas :



### Ventajas:

- Contiene señal de temporización.
- No tiene componente continua (No tiene contenido de energía cercano a 0).
- No posee contenido de baja frecuencia.
- Mayor inmunidad al ruido al emplear voltajes positivos y negativos.
- Tiene capacidad de detectar errores de transmisión, debido a que incorpora redundancia que permite que el receptor pueda detectar la aparición de errores en la recepción (2 unos seguidos con un mismo nivel).

### Desventajas:

- No posee transparencia
- La sincronización es relativa, ya que si llegan demasiados ceros consecutivos, la sincronización se puede perder, pero si llegan unos y ceros alternadamente la sincronización es perfecta.

Para mejorar este código se realizan algunas modificaciones. Éstas son hechas para lograr una buena sincronización y transparencia en los datos transmitidos. La primera de estas modificaciones es el código HDB-3.

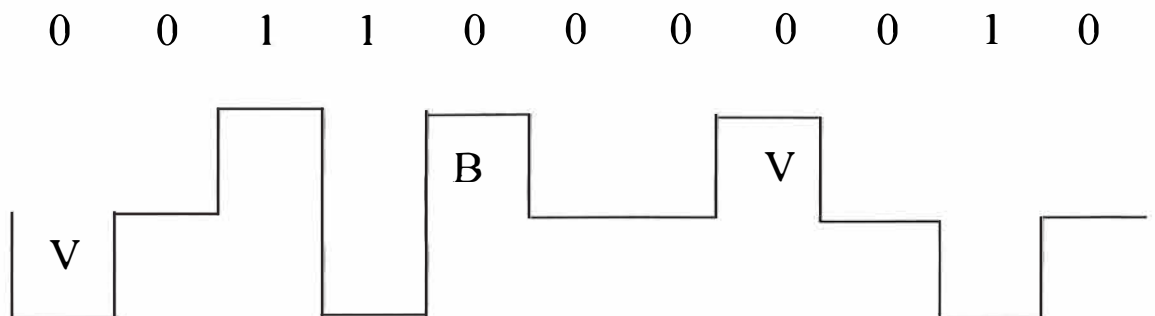
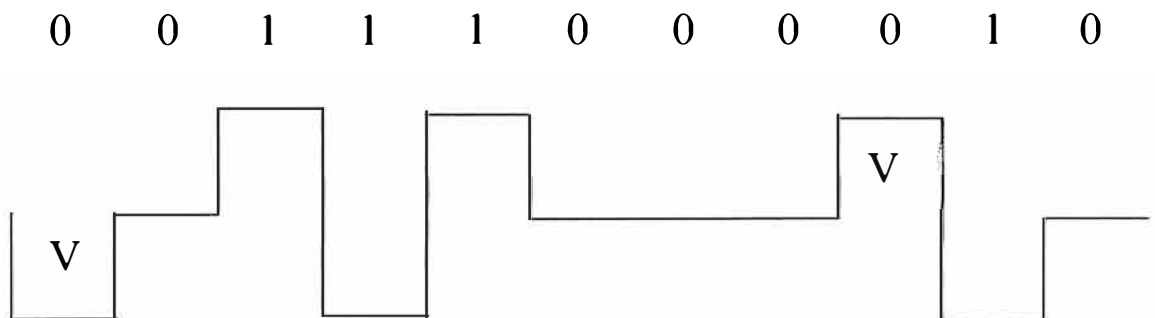
**CÓDIGO HDB-3 (High Density Bipolar 3):** Código de alta densidad bipolar con máximo de 3 ceros. Posee la misma regla que el código AMI pero con dos reglas adicionales cuando se envían más de tres ceros consecutivos

1. Si se transmiten cuatro o más ceros consecutivos, el cuarto cero se codifica como un 1, conocido como pulso V (violación) pero con el nivel alto o bajo opuesto al V (violación) precedente : 0000 a 000V

2. Si entre el bit *V* que se va a insertar y el bit *V* precedente hay un número par de 1s, entonces el primer 0 de los 4 ceros consecutivos es cambiado a 1, con el nivel alto o bajo que le corresponda (debe tener polaridad opuesta al último pulso transmitido). Este pulso es conocido como pulso *B* (pulso de balance): 0000 a B00V.

Luego de hacer esta modificación al código AMI se logra, además de las ventajas ya mencionadas, tener sincronización y transparencia que en el código AMI no se lograban del todo.

#### Ejemplo



El código HDB-3 posee las siguientes ventajas:

- Contiene señal de temporización.
- No tiene componente continua (No tiene contenido de energía cercano a 0).
- No posee contenido de baja frecuencia.
- Mayor inmunidad al ruido al emplear voltajes positivos y negativos.
- Tiene buena sincronización y transparencia en los datos transmitidos .
- Tiene capacidad de detectar errores de transmisión, por que incorpora redundancia que permite que el receptor pueda detectar la aparición de errores en la recepción (2 unos seguidos con un mismo nivel).

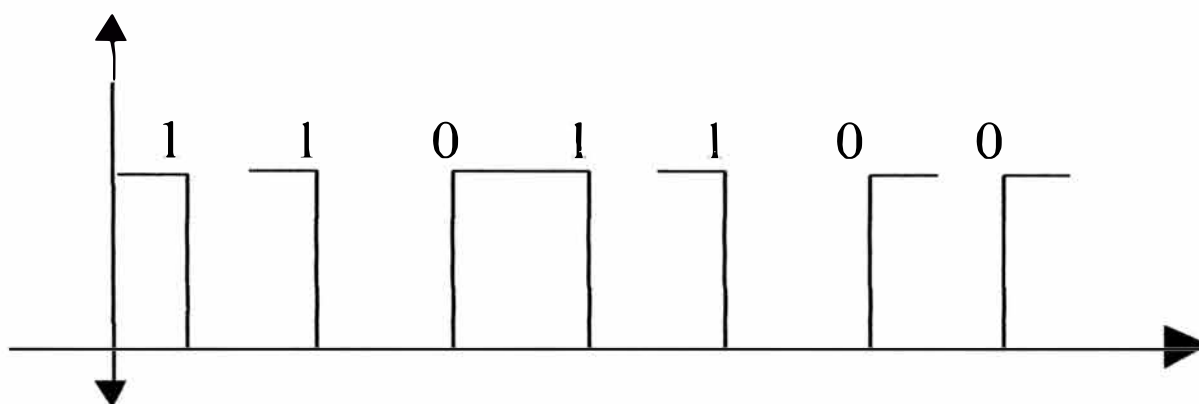
Pero estos métodos no ofrecen al receptor un medio para determinar el ritmo con el que el emisor envía los bits, es decir, el ritmo del reloj del emisor. Por esta razón se prefiere emplear una técnica denominada codificación Manchester; o bien una variante conocida como codificación Manchester diferencial.

### **Codificación Manchester.-**

En este código cada período de un bit se divide en dos intervalos iguales. Un bit binario de valor 1 se transmite con valor de tensión alto en el primer intervalo y un valor bajo en el segundo. Un bit 0 se envía al contrario, es decir, una tensión baja seguida de un nivel de tensión alto.

Este esquema asegura que todos los bits presentan una transición en la parte media, proporcionando así un excelente sincronismo entre el receptor y el transmisor.

Es utilizada en Red de Área Local Token-Ring.



Cuanto mejor sea el sistema de codificación, mayor velocidad de modulación se podrá obtener.

Ventajas:

- Contiene señal de temporización. Dado que tanto los "0" como los "1" dan como resultado una transición en la señal, el reloj se puede recuperar de forma eficaz en el receptor.
- No tiene componente continua (No tiene contenido de energía cercano a 0).
- Mayor inmunidad al ruido al emplear voltajes positivos y negativos.
- Presenta sincronización: La auto sincronización se mantiene independientemente del valor de la información.
- Permite detectar cierto tipo de errores

Desventajas:

- Se necesita mayor ancho de banda para la misma información que en el método convencional.
- Doble ancho de banda que AMI.

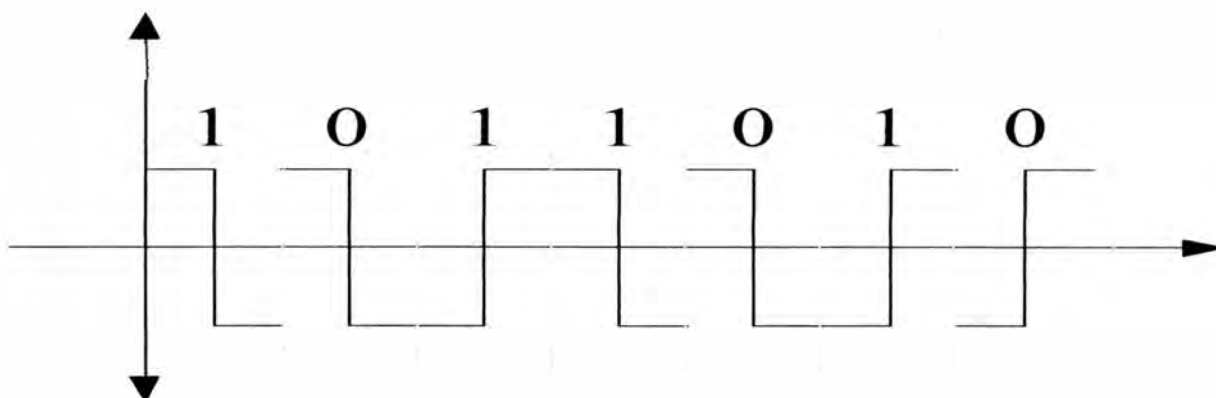
### Codificación diferencial Manchester

Es una variación del anterior, puesto que en ella, un bit de valor 1 se indica por la ausencia de transición al inicio del intervalo, existiendo siempre una transición en el centro del intervalo; mientras que un bit 0 se indica por la presencia de una transición en el inicio, existiendo siempre una transición en el centro del intervalo.

Con la cual se cumple que:

“1” retiene la polaridad medio tiempo de bit

“0” repite la polaridad del “1” inmediato anterior con la misma duración.



La codificación Manchester diferencial tiene en cuenta el valor binario de la señal en el momento anterior:

Bit 0: la forma de la onda es idéntica a la del bit anterior

Bit 1: la forma de la onda es opuesta a la del bit anterior

En el código Manchester Diferencial al igual que en el Manchester hay una transición en la mitad del intervalo; en este tipo de codificación Manchester Diferencial, un bit de valor "1" se indica por la ausencia de transición al inicio

del intervalo, mientras que un bit "0" se indica por la presencia de una transición en el inicio, existiendo siempre una transición en el centro del intervalo. La transición a la mitad de un bit se presenta para sincronizar al transmisor y al receptor. El esquema diferencial requiere un equipo más sofisticado, pero ofrece una mayor inmunidad al ruido.

El código Manchester Diferencial

Permite detectar cierto tipo de errores

Mayor inmunidad al ruido al emplear voltajes positivos y negativos.

No tiene contenido de energía cercano a 0.

Doble ancho de banda que AMI.

La auto sincronización se mantiene independientemente del valor de la información.

Se utiliza en Token Ring, Ethernet , LAN.

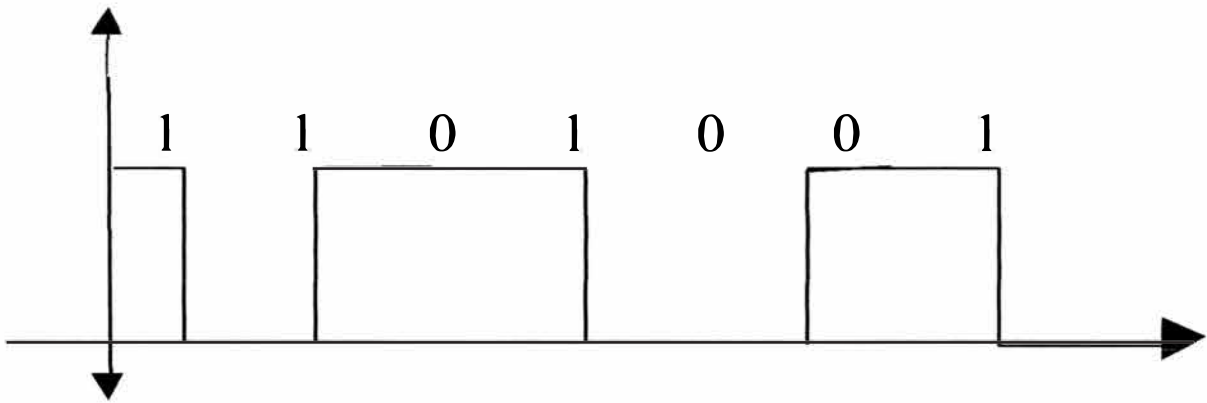
### **CÓDIGO MILLER :**

Definición:

0: no cambia de nivel (sólo si hay dos ceros consecutivos entonces alterna su signo).

1: cambio de nivel a la mitad del bit . Retiene medio tiempo de bit

Es decir este código emplea para la transmisión de un uno, una transición en la mitad del intervalo significativo. Para el caso de un cero, existe una transición al final del intervalo si el bit siguiente es cero, en caso contrario no habrá transición alguna.



El código Miller permite reducir considerablemente la contribución de las bajas frecuencias (y por lo tanto el problema que ello significa), y garantiza un número mínimo de transiciones de la señal en banda base como para recuperar la señal de reloj. Por lo menos habrá una transición cada dos intervalos significativos.

## **CAPITULO III**

### **DENSIDAD ESPECTRAL DE POTENCIA DE LOS CODIGOS DE LINEAS**

#### **3.1 Introducción**

Otro de los aspectos que deben tenerse en cuenta cuando se selecciona un código de línea en un sistema de comunicación es el espectro que va a ocupar la señal transmitida.

Dado que el ancho de banda es un recurso finito, normalmente estamos interesados en ocupar el mínimo ancho de banda posible. Sin embargo, ese no es el único criterio a seguir. En ocasiones es necesario utilizar técnicas de señalización que ocupan más ancho de banda pero que ofrecen otras prestaciones.

#### **3.2 Espectro en Frecuencia**

El espectro de una señal es el conjunto de frecuencias que constituyen la señal. Si una señal tiene una componente de frecuencia 0, es una componente continua



### **3.3 El ancho de banda.**

Es la anchura del espectro. Muchas señales tienen un ancho de banda infinito, pero la mayor parte de la energía está concentrada en un ancho de banda pequeño. Por eso se afirma que el ancho de banda es una medida del espectro (en frecuencia) utilizado o la capacidad de un determinado medio (canal de transmisión). Es decir el Ancho de Banda es un número que representa el rango de frecuencias que se puede propagar por un canal o medio de transmisión. Este se divide en dos tipos: de Banda Base y Banda Ancha.

En Banda Base sólo se puede transmitir una señal en un instante de tiempo, es más segura por cada señal que se recibe.

En Banda Ancha se transmite múltiples señales en un instante de tiempo, pero por el hecho de transmitir varias señales al mismo tiempo las velocidades se ven reducidas.

### **3.4 Relación entre la velocidad de transmisión y el ancho de banda**

El medio de transmisión de las señales limita mucho las componentes de frecuencia a las que puede ir la señal, por lo que el medio sólo permite la transmisión de cierto ancho de banda

Al considerar que el ancho de banda de una señal está concentrado sobre una frecuencia central, al aumentar esta, aumenta la velocidad potencial de transmitir la señal.

Al duplicar el ancho de banda, se duplica la velocidad de transmisión a la que puede ir la señal.

Pero al aumentar el ancho de banda, aumenta el coste de transmisión de la señal aunque disminuye la distorsión y la posibilidad de ocurrencia de errores.

### **3.5 Eficiencia espectral**

Se desea que el código tenga un espectro de frecuencias que se adapte a la respuesta en frecuencia del medio de transmisión. En un sistema de banda base se busca que el espectro no contenga componente continua. No contribuye al traspaso de información, es potencia transmitida inútilmente y requiere de un canal con acoplo DC.

### **3.6 Densidad espectral de potencia de los códigos de línea (DEP o PSD)**

La densidad espectral de potencia de los códigos de línea es la distribución de la potencia de la señal codificada en función de la frecuencia. Es un instrumento muy útil pues nos da información acerca del ancho de banda de la señal.

Para obtener esta densidad espectral de potencia se utiliza la Transformada de Fourier que nos permite transformar funciones no periódicas  $f(t)$  que están en el dominio del tiempo  $t$  en funciones  $F(w)$  que están en el dominio de la frecuencia .

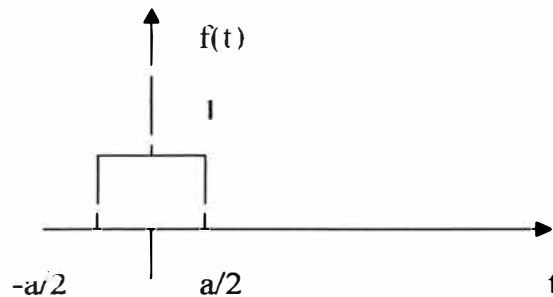
La Transformada de Fourier está denotada y definida por

$$F(\omega) = \mathfrak{F}[f(t)] = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt$$

La condición para que exista  $F(\omega)$  está dada por :  $\int_{-\infty}^{+\infty} |f(t)| dt < +\infty$

Ejemplo : Hallar la transformada de Fourier de un pulso rectangular de amplitud unitaria , ancho  $a$  y que está centrada en el origen de coordenadas

Solución :



Por definición se tiene que  $F(\omega) = \mathfrak{F}[f(t)] = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt$

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt = \int_{-a/2}^{a/2} 1e^{-j\omega t} dt$$

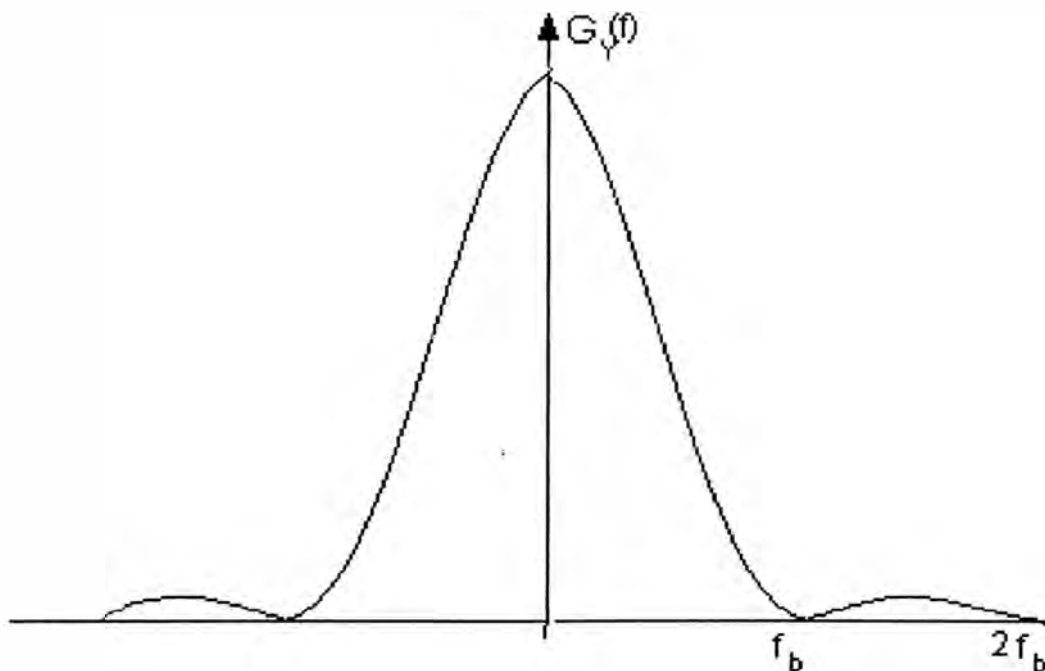
$$F(\omega) = \left. \frac{e^{-j\omega t}}{-j\omega} \right|_{-a/2}^{a/2} = \frac{e^{-j\omega a/2} - e^{j\omega a/2}}{-j\omega}$$

$$F(\omega) = \frac{e^{j\omega a/2} - e^{-j\omega a/2}}{j\omega} = \frac{1}{\frac{\omega}{2}} \left[ \frac{e^{j\omega a/2} - e^{-j\omega a/2}}{2j} \right]$$

$$F(\omega) = \frac{\text{sen} \frac{\omega a}{2}}{\frac{\omega}{2}} = a \frac{\text{sen} \frac{\omega a}{2}}{\frac{\omega a}{2}} = a S_a \left( \frac{\omega a}{2} \right)$$

La densidad espectral de energía de  $f(t)$  es  $|F(\omega)|^2$ ,

cuya gráfica correspondiente es  $G_y(f)$ , siendo  $f_b = 1/a$ ,  $\omega = 2\pi f$  y el valor máximo de la gráfica es 1



Para una secuencia de pulsos rectangulares, se tendrá en cuenta que la transformada de Fourier se puede expresar como

$$\mathfrak{F}[f(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j 2\pi f t} dt$$

Un pulso no centrado en el origen se representa por  $f(t-t_0)$  y su transformada de Fourier es :

$$\mathfrak{F}[f(t-t_0)] = \int_{-\infty}^{\infty} f(t-t_0) e^{-j 2\pi f t} dt \quad \dots\dots(1)$$

si hacemos que  $t - t_0 = u$  entonces  $dt = du$  , luego reemplazando en (1) se tiene :

$$\mathfrak{F}[f(t-t_0)] = \int_{-\infty}^{\infty} f(u) e^{-j 2\pi f (t_0 + u)} du$$

$$\mathfrak{F}[f(t-t_0)] = \int_{-\infty}^{\infty} f(u) e^{-j 2\pi f t_0} e^{-j 2\pi f u} du$$

$$\mathfrak{F}[f(t-t_0)] = e^{-j 2\pi f t_0} \int_{-\infty}^{\infty} f(u) e^{-j 2\pi f u} du$$

$$\mathfrak{F}[f(t-t_0)] = e^{-j 2\pi f t_0} \mathfrak{F}(f)$$

Además se utilizará las siguientes propiedades de las transformada de Fourier :

$$\mathfrak{F}[a f(t)] = a \mathfrak{F}[f(t)]$$

$$\mathfrak{F}[f(t-t_0)] = e^{-j 2\pi f t_0} \mathfrak{F}[f(t)]$$

$$\mathfrak{F}[f_1(t) + f_2(t)] = \mathfrak{F}[f_1(t)] + \mathfrak{F}[f_2(t)]$$

## CAPÍTULO IV

### SIMULACION DE LOS CODIGOS DE LINEA EN BANDA BASE

A continuación se elaborará programas para simular los principales códigos de línea en banda base. Esta simulación es una aplicación del software Matlab utilizando programación. Esta simulación nos permitirá comparar los espectros de frecuencia de los diferentes códigos y analizar en éstos algunas características importantes

#### ***PROGRAMAS QUE SIMULAN LOS CÓDIGOS DE LÍNEA:***

##### ***CÓDIGO NRZ***

```
%PROGRAMA QUE CODIFICA EN "NO RETORNO A ZERO" (NRZ)
clear all;
clc;
d=input('ingrese tiempo de duracion del bit d= ');
x=input('ingrese secuencia binaria x=');
[h,n]=size(x);
s=x-x;
t=0:0.001*d:d;
i=1;
while (i<=n)
    title('Codigo NRZ')
```

```

hold on;
l=plot((t+i*d-d),x(1,i)*gate(t,d));
set(l,'LineWidth',3)
hold off;
i=i+1;
end
grid on;

```

*%segmento que grafica la densidad espectral de potencia de la secuencia*

*NRZ*

```

j=sqrt(-1);
i=1;
po=0;
f=-3*(1/d):1/(500*d):3*(1/d);
while (i<=n)
    po=x(1,i)*(exp(((j)*2*pi*d*i)*(f)).*(sin(pi*f*d))./(pi*f))+po;
    i=i+1;
end
P=po.*conj(po);
figure (2);
plot(f,abs(P));
grid on;
title('Densidad Espectral de Potencia de la secuencia codificada en NRZ')
ylabel('Watts')
xlabel('frecuencia')
%FIN DEL SEGMENTO
clc;

```

**EJECUCIÓN DEL PROGRAMA EN MATLAB:**

```
>> NRZ
```

```
ingrese tiempo de duración del BIT d = 0.001
```

```
ingrese secuencia binaria x = [1 1 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0]
```

Luego de la ejecución se abrirán dos ventanas una en la cual se muestra la señal codificada y la otra muestra la densidad espectral de potencia:

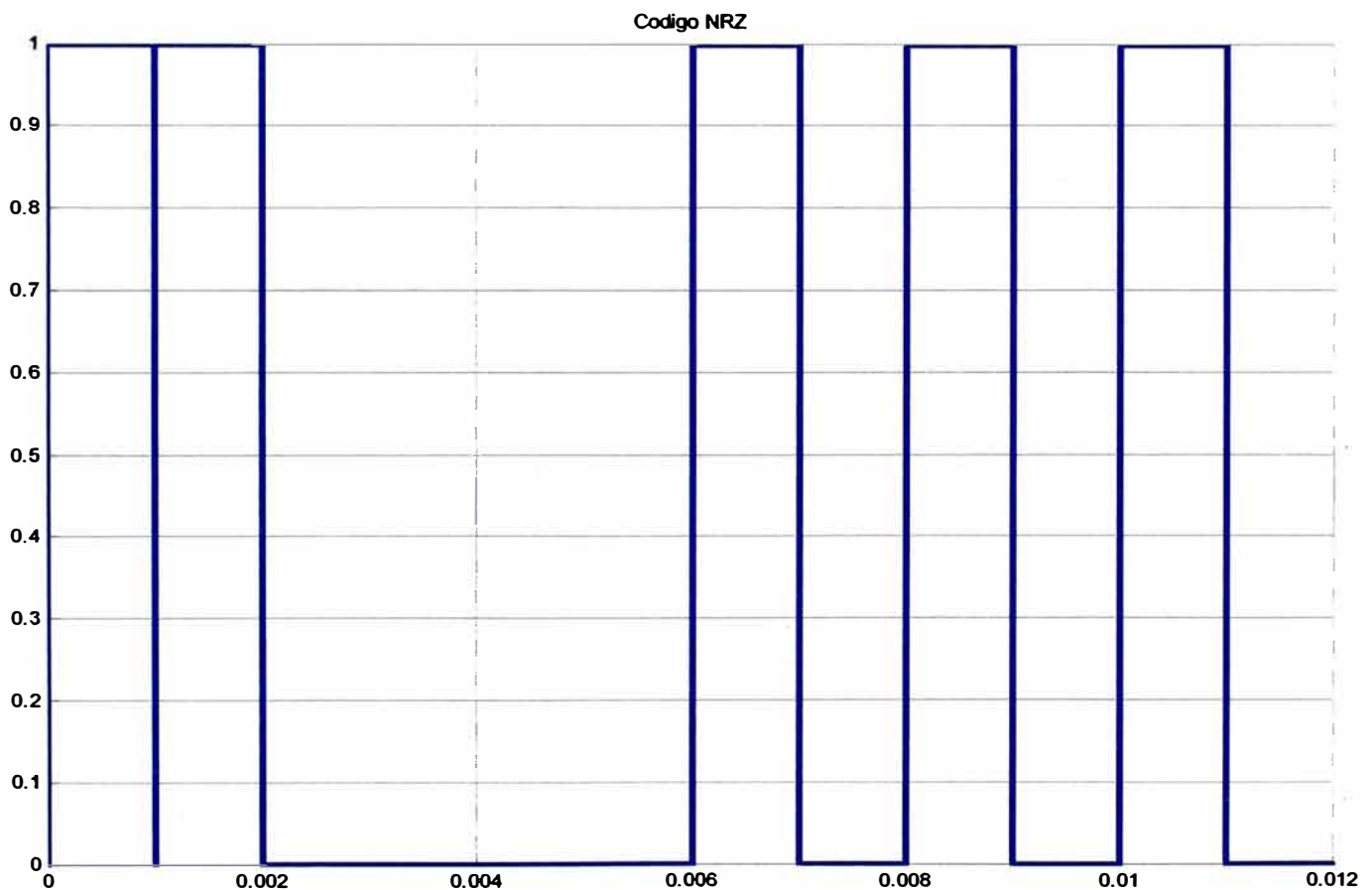


Figura 4.1: Secuencia binaria codificada en NRZ



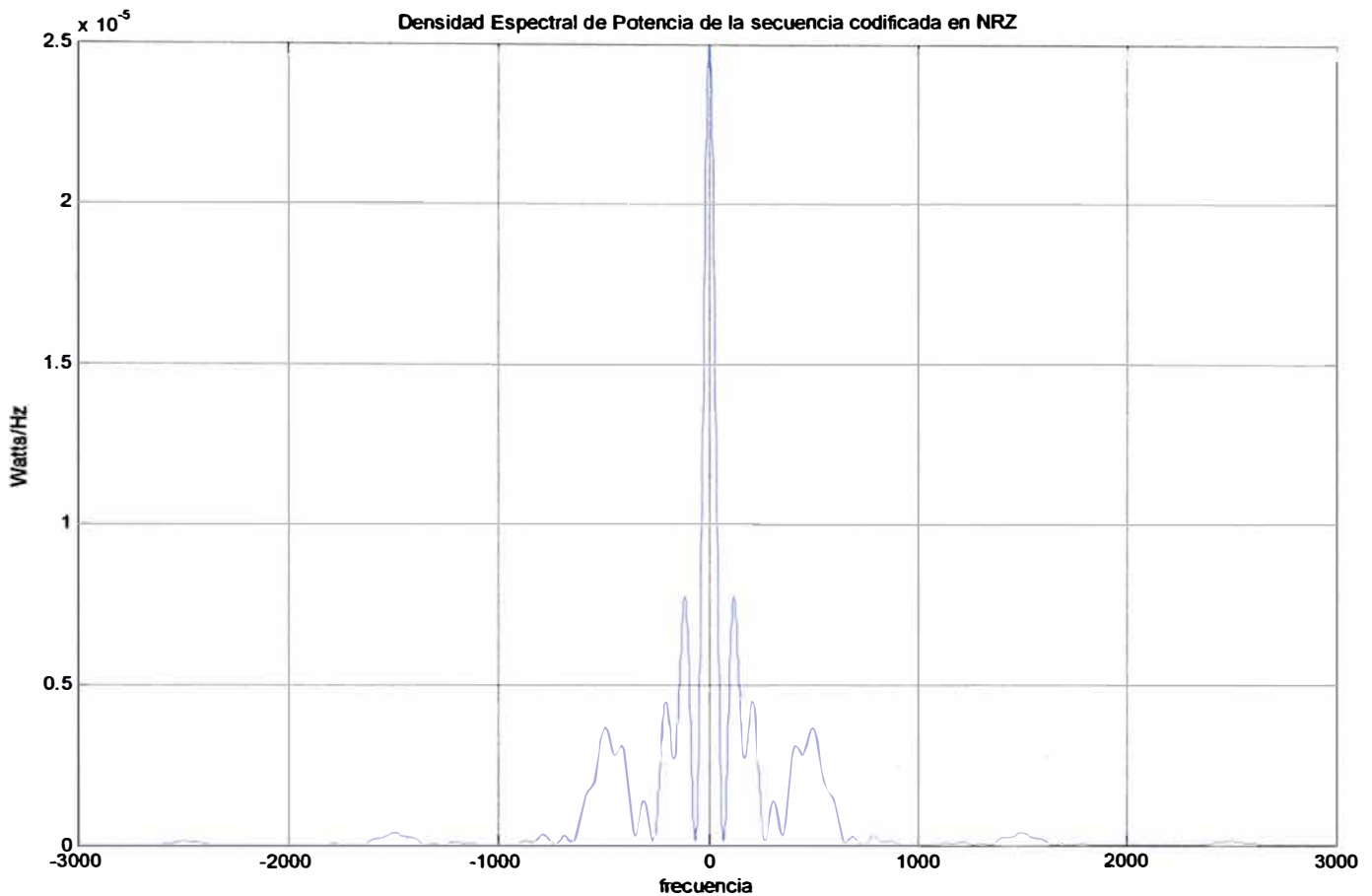


Figura 4.2: Densidad espectral de potencia de la secuencia binaria codificada en NRZ

#### Observaciones de la Simulación:

- Del gráfico que muestra la codificación se puede llegar a la conclusión que al momento de la fabricación del demodulador tendríamos ciertos problemas para reconocer la cantidad de "1" consecutivos, de la misma manera que para detectar "0"s consecutivos.
- Del gráfico de la densidad espectral de potencia se puede observar la mayor parte de la energía se concentra en frecuencia = 0 (cero) es decir tiene componente continua haciendo imposible su utilización para la transmisión en BANDA BASE

De los gráficos obtenidos en la simulación del código NRZ se pudo observar que para una velocidad de transmisión de 1000 bps ( $d = 0.001s$ ) el ancho de banda que necesita este código de línea es 1000Hz.

### PROGRAMA del CÓDIGO ami

```
%PROGRAMA QUE SIMULA ALA CODIFICACION EN AMI
```

```
clear all;
```

```
clc;
```

```
d=input('ingrese tiempo de duracion del bit d=');
```

```
x=input('ingrese secuencia binaria a codificar x=');
```

```
X=x;
```

```
[h,n]=size(x);
```

```
s=x-x;
```

```
t=0:0.0002*d:d;
```

```
c=0; %cuenta la cantidad de unos ("1")
```

```
i=1;
```

```
while (i<=n)
```

```
    title('Codigo AMI')
```

```
    ylabel('BIT')
```

```
    xlabel('Time')
```

```
    if x(1,i)==1
```

```
        c=c+1;
```

```
        x(1,i)=(-1)^(c+1);
```

```
else
    c=c;
end
i=i+1;
end

%SEGMENTO QUE GRAFICA EN CODIGO AMI

i=1;
while (i<=n)
title('Codigo AMI')
ylabel('BIT')
xlabel('Time')
subplot(212);%indica que el grafico se ubicara en la parte inferior
hold on;
l=plot((t+i*d-d),x(1,i)*gate(t,d));
set(l,'LineWidth',3)
grid on;
hold off;
i=i+1;
end

%FIN DEL SEGMENTO
```

```
%SEGMENTO QUE GRAFICA EN CODIGO NRZ
```

```
subplot(211); %indica que el gráfico se ubicará en la parte superior
```

```
title('Codigo NRZ')
```

```
ylabel('BIT')
```

```
xlabel('Time')
```

```
i=1;
```

```
while (i<=n)
```

```
hold on;
```

```
l=plot((t+i*d-d),X(1,i)*gate(t,d));
```

```
set(l,'LineWidth',3)
```

```
grid on;
```

```
hold off;
```

```
i=i+1;
```

```
end
```

```
%FIN DEL SEGMENTO
```

```
%Segmento que grafica la densidad espectral de potencia de la secuencia  
codificada en AMI
```

```
j=sqrt(-1);
```

```
i=1;
```

```
po=0;
```

```
f=-3*(1/d):1/(500*d):3*(1/d);
```

```
while (i<=n)
```

```
po=x(1,i)*(exp(((j)*2*pi*d*i)*(f)).*(sin(pi*f*d))./(pi*f))+po;
```

```

    i=i+1;

end

figure (2);

P=po.*conj(po);

subplot(212);

plot(f,abs(P));

title('Densidad Espectral de Potencia de la secuencia codificada en AMI')

ylabel('Watts')

xlabel('frecuencia')

%Fin del segmento

```

%segmento que grafica la densidad espectral de potencia de la secuencia

NRZ

```

j=sqrt(-1);

i=1;

po=0;

f=-3*(1/d):1/(500*d):3*(1/d);

while (i<=n)

    po=X(1,i)*(exp(((j)*2*pi*d*i)*(f)).*(sin(pi*f*d))./(pi*f))+po;

    i=i+1;

end

P=po.*conj(po);

subplot(211);

plot(f,abs(P));

```

```
title('Densidad Espectral de Potencia de la secuencia codificada en NRZ')
```

```
ylabel('Watts')
```

```
xlabel('frecuencia')
```

```
%FIN DEL SEGMENTO
```

### EJECUCIÓN DEL PROGRAMA EN MATLAB:

```
>> AMI
```

```
ingrese tiempo de duración del BIT d = 0.001
```

```
ingrese secuencia binaria x = [1 1 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0]
```

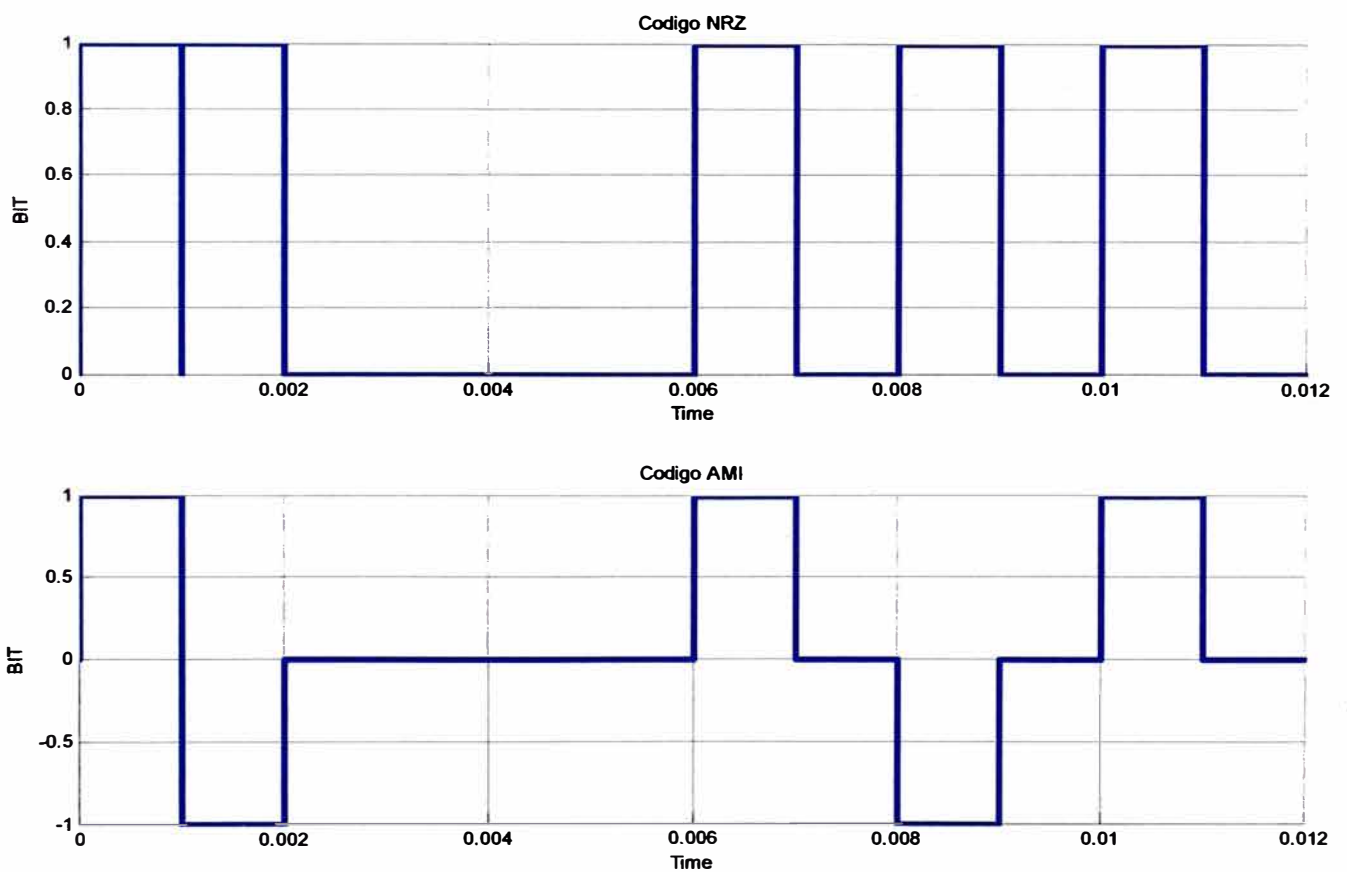


Figura 4.3: Secuencia binaria codificada en NRZ y AMI

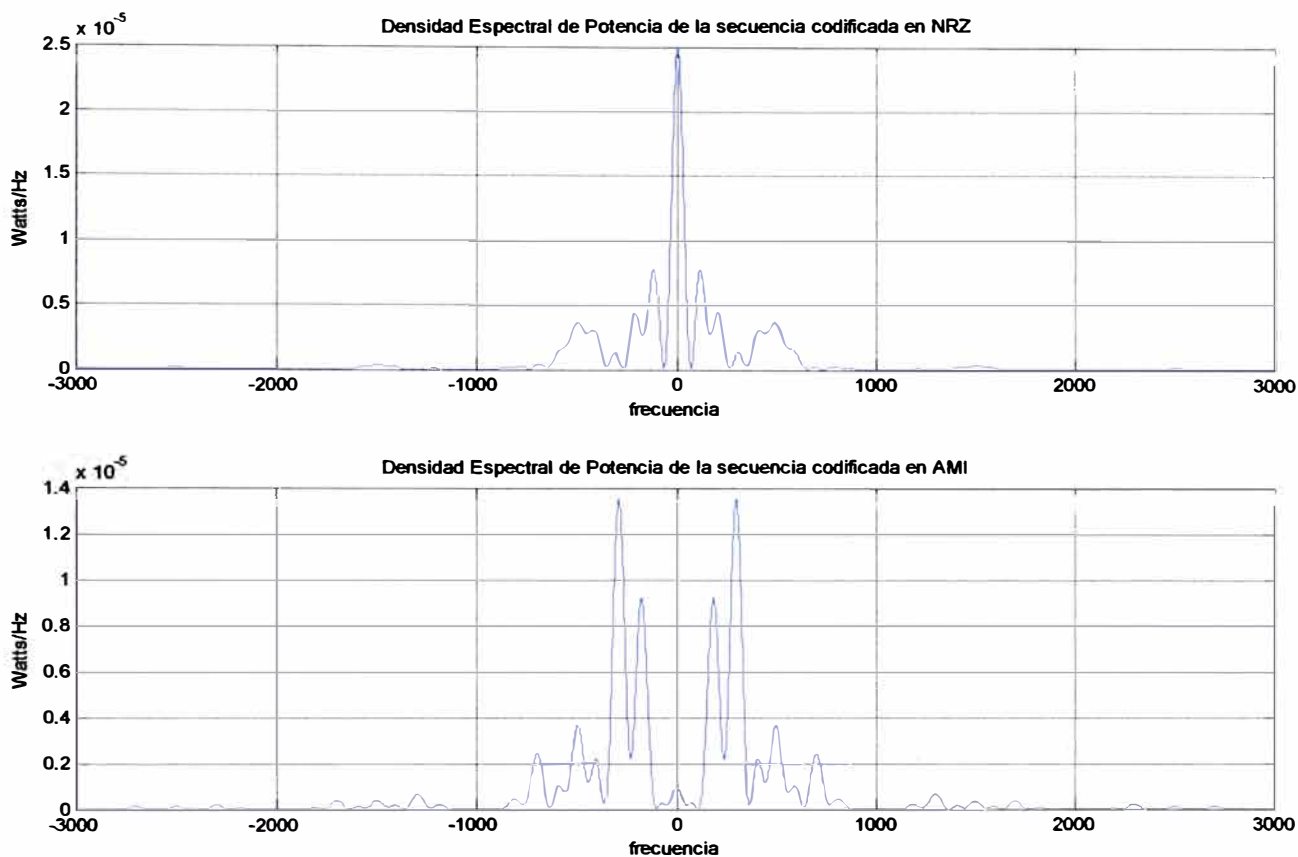


Figura 4.4: Densidad espectral de potencia de la secuencia binaria codificada en NRZ y AMI

#### Observaciones de la Simulación:

- Del gráfico que se muestra la codificación se puede llegar a la conclusión que al momento de la fabricación del demodulador el código AMI resuelve el problema para detectar los unos consecutivos ya que estos alternan su polaridad; pero aun tendríamos ciertos problemas para reconocer la cantidad "0"s de consecutivos.

Del gráfico de la densidad espectral de potencia, se puede observar que el código AMI ya no tiene componente continua como si lo tiene el código NRZ.

De los gráficos obtenidos en la simulación del código AMI se pudo observar que para una velocidad de transmisión de 1000 bps ( $d = 0.001s$ ) el ancho de banda que necesita este código de línea es 1000Hz y que este no ha variado con respecto al ancho de banda del código NRZ.

### PROGRAMA DEL CÓDIGO HDB3:

```
%PROGRAMA QUE SIMULA LA CODIFICACION EN "HDB3"
```

```
clear all;
```

```
clc;
```

```
d=input('ingrese tiempo de duracion del bit d=');
```

```
x=input('ingrese secuencia binaria a codificar x=');
```

```
X=x;
```

```
[h,n]=size(x);
```

```
s=x-x;
```

```
t=0:0.0002*d:d;
```

```
%SEGMENTO QUE CODIFICA LOS BITS INGRESADOS
```

```
i=1;
```

```
c=0;
```

```
z=0;
```

```
v=0;
```

```
while(i<=n)
```

```
    if x(1,i)==1
```

```
        c=c+1;
```

```
        x(1,i)=(-1)^(c+1);
```

```
        sv=x(1,i);
```

```
        z=0;
```

```
    else
```

```
        c=c;
```



```

end
if x(1,i)==0
    z=z+1;
    if z==4
        v=v+1;
        z=0;
        if v==1
            x(1,i)=sv;
            s=sv;
        elseif sv==(-1)^(v-1)*s
            x(1,i)=(-1)^(v-1)*s;
        else
            x(1,i)=(-1)^(v-1)*s;
            sv=x(1,i);
            x(1,i-3)=(-1)^(v-1)*s;
            c=c+1;
        end
    end
else
    z=z;
end
else
    z=z;
end
end
i=i+1;
end
%fin del segmento
figure;
%SEGMENTO QUE GRAFICA EN CODIGO HDB3
i=1;
while (i<=n)
    subplot(212);
    title('Codigo HDB3')

```

```

ylabel('BIT')
xlabel('Time')
hold on;
h=x(1,i)*gate(t,d);
l=plot((t+i*d-d),h);
set(l,'LineWidth',3)
grid on;
hold off;
i=i+1;
end

```

```
%FIN DEL SEGMENTO
```

```
%SEGMENTO QUE GRAFICA EN CODIGO NRZ
```

```

subplot(211)           %indica que el gráfico se ubicará en la parte
superior
title('Codigo NRZ')
ylabel('BIT')
xlabel('Time')
i=1;
while (i<=n)
    hold on;
    l=plot((t+i*d-d),x(1,i)*gate(t,d));
    set(l,'LineWidth',3)
    hold off;
    grid on;
    i=i+1;
end
%FIN DEL SEGMENTO

```

```
%segmento que gráfica la densidad espectral de potencia de la secuencia
codificada en HDB3
```

```
j=sqrt(-1);
```

```

i=1;
po=0;
f=-3*(1/d):1/(500*d):3*(1/d);
while (i<=n)
    po=x(1,i)*(exp(((j)*2*pi*d*i)*(f)).*(sin(pi*f*d))./(pi*f))+po;
    i=i+1;
end
figure
P=po.*conj(po);
subplot(212);
plot(f,abs(P));
title('Densidad Espectral de Potencia de la secuencia codificada en HDB3')
ylabel('Watts/Hz')
xlabel('frecuencia')
%fin del segmento
%segmento que gráfica la densidad espectral de potencia de la secuencia
NRZ
j=sqrt(-1);
i=1;
po=0;
f=-3*(1/d):1/(500*d):3*(1/d);
while (i<=n)
    po=X(1,i)*(exp(((j)*2*pi*d*i)*(f)).*(sin(pi*f*d))./(pi*f))+po;
    i=i+1;
end
P=po.*conj(po);
subplot(211);
plot(f,abs(P));
title('Densidad Espectral de Potencia de la secuencia codificada en NRZ')
ylabel('Watts/Hz')
xlabel('frecuencia')
%fin del segmento

```

```
clc;
```

### EJECUCIÓN DEL PROGRAMA EN MATLAB:

```
>> HDB3
```

```
ingrese tiempo de duración del BIT d = 0.001
```

```
ingrese secuencia binaria x = [1 1 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0]
```

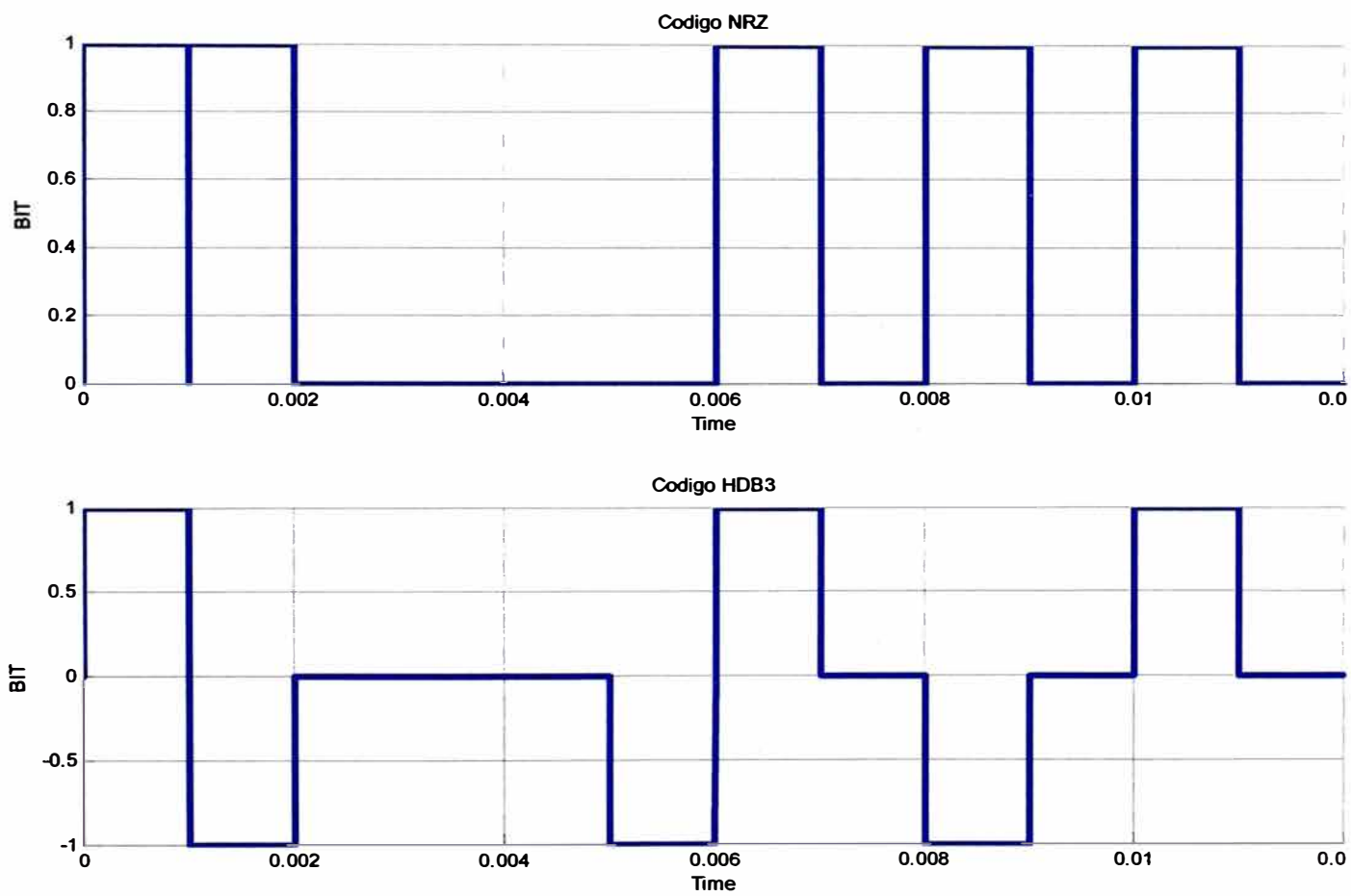


Figura 4.5: Secuencia binaria codificada en NRZ y HDB3

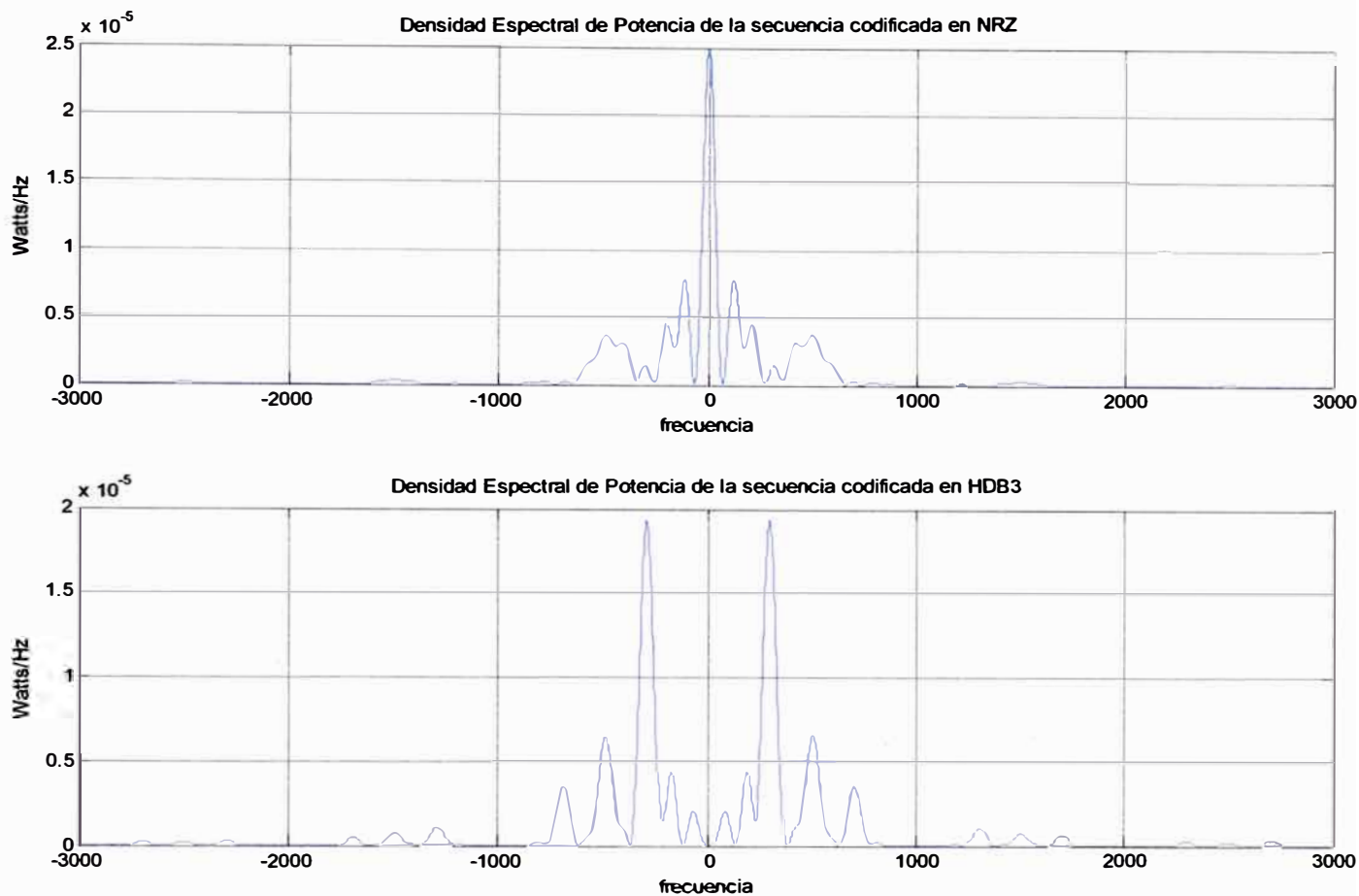


Figura 4.6: Densidad espectral de potencia de la secuencia binaria codificada en NRZ y HDB3

#### OBSERVACIONES DE LA SIMULACIÓN:

- Del gráfico que muestra la codificación se puede llegar a la conclusión que al momento de la fabricación del demodulador el código HDB3 resuelve el problema para detectar los “unos” consecutivos ya que estos alternan su polaridad; y con respecto a los ceros consecutivos estos son rellenados con dos bits para eliminar dicho problema.

Del gráfico de la densidad espectral de potencia, se puede observar que el código HDB3 al igual que el código AMI no tiene componente continua lo cual permite su transmisión en BANDA BASE.

De los gráficos obtenidos en la simulación del código HDB3 se pudo observar que para una velocidad de transmisión de 1000 bps ( $d = 0.001\text{s}$ ) el ancho de banda que necesita este código de línea es 1000Hz y que este no ha variado con respecto al ancho de banda del código NRZ.

### Programa que codifica en Manchester diferencial

```
%Manchester diferencial
d=input('ingrese tiempo de duración del bit d=');
x=input('ingrese secuencia de bits x =');
X=x;
[h,n]=size(x);
t=0:0.00005*d:1.001*d;
i=1;
s=0;
while (i<=n)
    if x(1,i)==1
        s=s+1;
        x(1,i)=(-1)^(s+1);
    else
        s=s;
    end
    i=i+1;
end
```

```

    x(1,i)=(-1)^(s+1);

    end

    i=i+1;

    end

i=1;

figure;

while (i<=n)

subplot(212);%indica que el gráfico se ubicará en la parte superior

    title('Codigo Manchester Diferencial')

    ylabel('BIT')

    xlabel('Time')

    hold on;

    l=plot((t+i*d-d),x(1,i)*manch(t-0.0005*d,d));

    set(l,'LineWidth',3)

    grid on;

    hold off;

    i=i+1;

end

%SEGMENTO QUE GRAFICA EN CODIGO NRZ

subplot(211);%indica que el gráfico se ubicará en la parte superior

    title('Codigo NRZ')

    ylabel('BIT')

    xlabel('Time')

```

```

i=1;
while (i<=n)
    hold on;
    l=plot((t+i*d-d),X(1,i)*gate(t,d));
    set(l,'LineWidth',3)
    grid on;
    hold off;
    i=i+1;
end
%FIN DEL SEGMENTO

%Segmento que grafica la densidad espectral de potencia de la secuencia
codificada en
%Manchester diferencial

j=sqrt(-1);
i=1;
po=0;
f=-6*(1/d):1/(500*d):6*(1/d);
while (i<=n)
    po = (x(1,i)*(exp(((j)*2*pi*d*i)*(f)).*(sin(pi*f*d/2))./(pi*f))).*(exp(j*pi*d*f/2)-
exp((-j)*pi*d*f/2))+po;
    i=i+1;
end
figure;

```



```

P=po.*conj(po);
subplot(212);
plot(f,abs(P));
title('Densidad Espectral de Potencia de la secuencia codificada en
manchester diferencial')
ylabel('Watts/Hz')
xlabel('frecuencia')
%FIN DEL SEGMENTO

%segmento que grafica la densidad espectral de potencia de la secuencia
en codigo RZ
j=sqrt(-1);
i=1;
po=0;
f=-6*(1/d):1/(500*d):6*(1/d);
while (i<=n)
    po=X(1,i)*(exp(((j)*2*pi*d*i)*(f)).*(sin(pi*f*d))./(pi*f))+po;
    i=i+1;
end
P=po.*conj(po);
subplot(211);
plot(f,abs(P));
title('Densidad Espectral de Potencia de la secuencia codificada en NRZ')
ylabel('Watts')

```

```
xlabel('frecuencia')
```

```
%FIN DEL SEGMENTO
```

```
CLC;
```

### EJECUCIÓN DEL PROGRAMA EN MATLAB:

```
>> MANCHESTERD
```

```
ingrese tiempo de duración del BIT d = 0.001
```

```
ingrese secuencia binaria x = [1 1 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0]
```

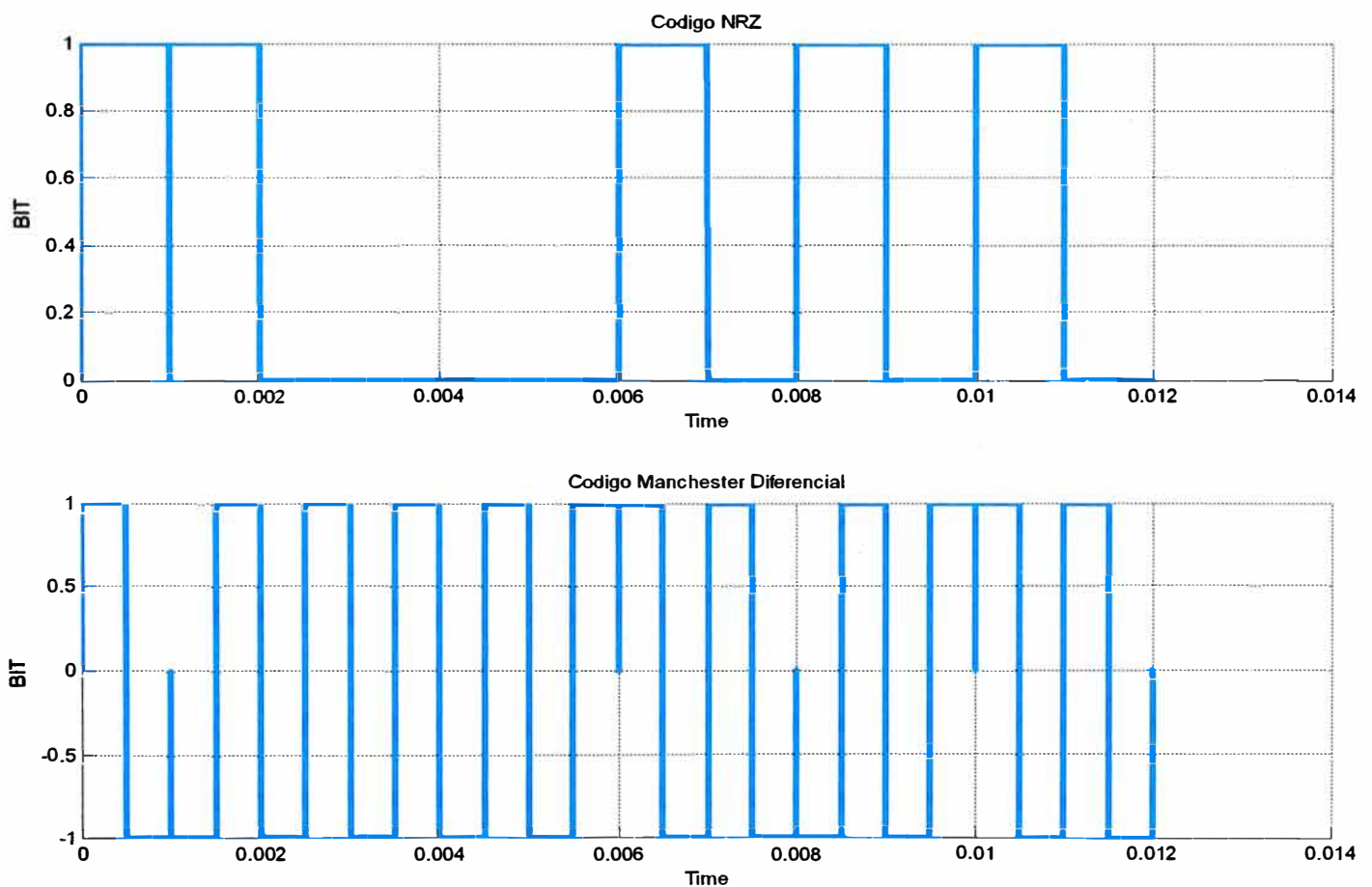


Figura 4.7: Secuencia binaria codificada en NRZ y Manchester Diferencial

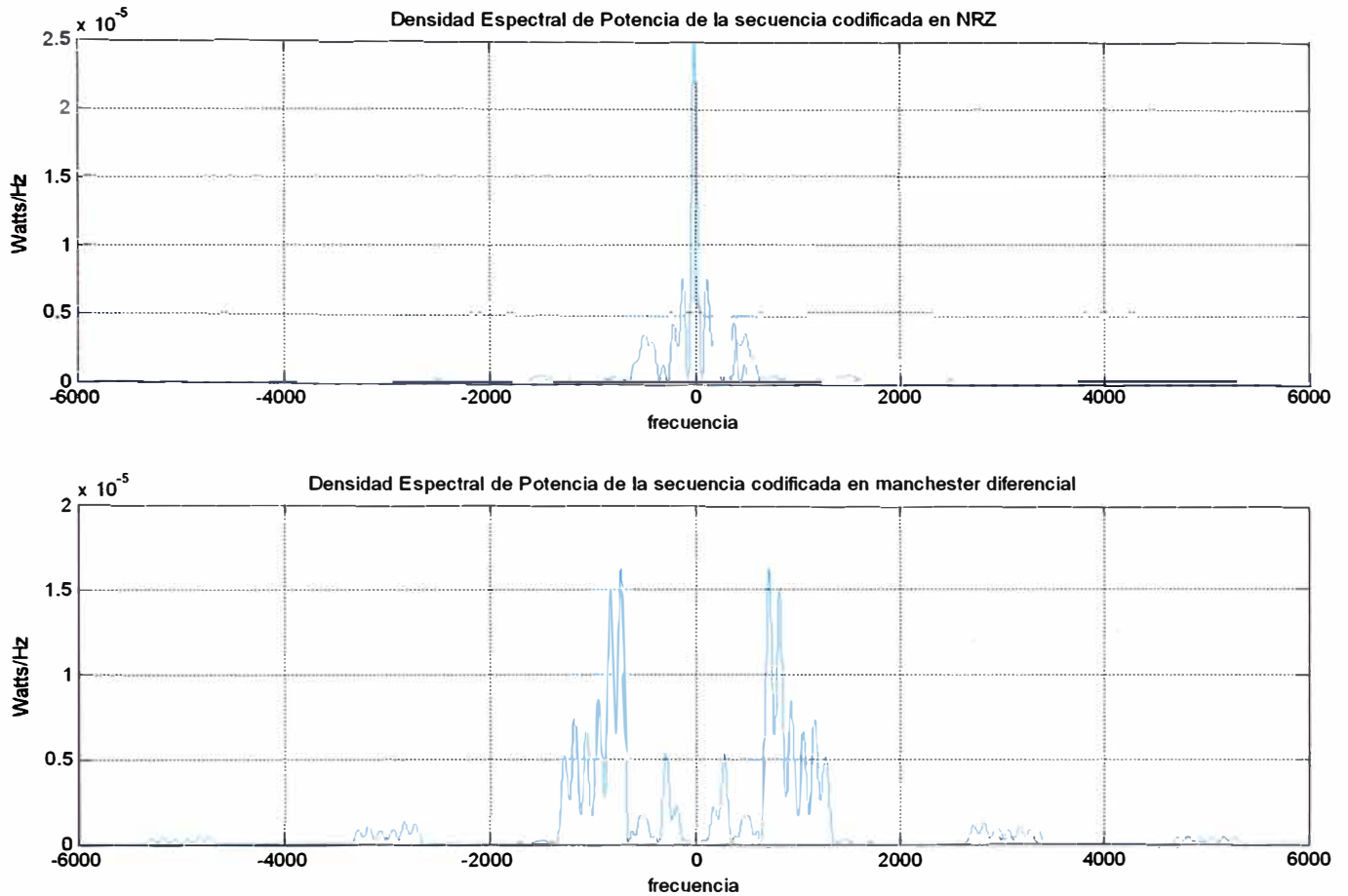


Figura 4.8: Densidad espectral de potencia de la secuencia binaria codificada en NRZ y Manchester Diferencial

### OBSERVACIONES DE LA SIMULACIÓN:

Del gráfico que muestra la codificación se puede llegar a la conclusión que al momento de la fabricación del demodulador, el código **MANCHESTER DIFERENCIAL** resuelve el problema de los ceros y unos consecutivos ya que tanto los “unos” como los “ceros” presentan flanco de subida como de bajada y esto es lo que detectan los sistemas digitales.

Del gráfico de la densidad espectral de potencia, se puede observar que el código MANCHESTER DIFERENCIAL no tiene componente continua lo cual permite su transmisión en BANDA BASE.

De los gráficos obtenidos en la simulación del código MANCHESTER DIFERENCIAL se pudo observar que para una velocidad de transmisión de 1000 bps ( $d = 0.001s$ ) el ancho de banda que necesita este código de línea es 2000Hz, siendo este un problema ya que para grandes velocidades de transmisión la línea de transmisión nos limita el ancho de BANDA; esta es su principal desventaja con respecto a otros códigos de línea.

### PROGRAMA QUE CODIFICA EN MILLER

```
%program que codifica en MILLER
clear all;
clc;
d=input('ingrese tiempo de duracion del bit d=');
x=input('ingrese x=');
X=x;
[h,n]=size(x);
t=0:0.0005*d:1.001*d;
i=1;
while (i<=n)
if i==1
x(1,i)=1;
```

```
elseif X(1,i)==0 & X(1,(i-1))==1
```

```
x(1,i)=(-1)*x(1,i-1);
```

```
elseif X(1,i)==1 & X(1,(i-1))==0
```

```
x(1,i)=x(1,i-1);
```

```
elseif X(1,i)==0 & X(1,(i-1))==0
```

```
    x(1,i)=(-1)*x(1,i-1);
```

```
else
```

```
    x(1,i)=(-1)*x(1,i-1);
```

```
end
```

```
i=i+1;
```

```
end
```

```
i=1;
```

```
%SEGMENTO QUE GRAFICA EN CODIGO MILLER
```

```
figure;
```

```
while (i<=n)
```

```
    title('Codigo MILLER')
```

```
    ylabel('BIT')
```

```
    xlabel('Time')
```

```
    subplot(212);%indica que el grafico se ubicara en la parte inferior
```

```
    hold on;
```

```
    if X(1,i)==1
```

```
        l=plot((t+i*d-d),x(1,i)*manch(t,d));
```

```
    else
```

```
        l=plot((t+i*d-d),x(1,i)*gate(t,d));
```

```
end

set(l,'LineWidth',3)

grid on;

hold off;

i=i+1;

end

%FIN DEL SEGMENTO

%SEGMENTO QUE GRAFICA EN CODIGO NRZ

subplot(211);%indica que el gráfico se ubicará en la parte superior

title('Codigo NRZ')

ylabel('BIT')

xlabel('Time')

i=1;

while (i<=n)

    hold on;

    l=plot((t+i*d-d),X(1,i)*gate(t,d));

    set(l,'LineWidth',3)

    grid on;

    hold off;

    i=i+1;

end

%FIN DEL SEGMENTO
```

```

%segmento que grafica la densidad espectral de potencia del codigo
MILLER
j=sqrt(-1);
i=1;
po=0;
f=-6*(1/d):1/(500*d):6*(1/d);
while (i<=n)
    if X(1,i)==1
        po = (x(1,i)*(exp(((j)*2*pi*d*i)*(f)).*(sin(pi*f*d/2))./(pi*f))).*(exp(j*pi*d*f/2)-
exp((-j)*pi*d*f/2))+po;
    else
        po=x(1,i)*(exp(((j)*2*pi*d*i)*(f)).*(sin(pi*f*d))./(pi*f))+po;
    end
    i=i+1;
end
figure ;
P=po.*conj(po);
subplot(212);
plot(f,abs(P));
title('Densidad Espectral de Potencia de la secuencia codificada en
MILLER')
ylabel('Watts/Hz')
xlabel('frecuencia')
%FIN DEL SEGMENTO

```

```

%segmento que grafica la densidad espectral de potencia del código NRZ

j=sqrt(-1);
i=1;
po=0;
f=-6*(1/d):1/(500*d):6*(1/d);
while (i<=n)
    po=X(1,i)*(exp((-j)*2*pi*d*i)*(f)).*(sin(pi*f*d))./(pi*f))+po;
    i=i+1;
end
P=po.*conj(po);
subplot(211);
plot(f,abs(P));
title('Densidad Espectral de Potencia de la secuencia codificada en NRZ')
ylabel('Watts/Hz')
xlabel('frecuencia')
%FIN DEL SEGMENTO

clc;

```

### EJECUCIÓN DEL PROGRAMA EN MATLAB:

```
>> MILLER
```

ingrese tiempo de duración del BIT d = 0.001

ingrese secuencia binaria x = [1 1 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0]



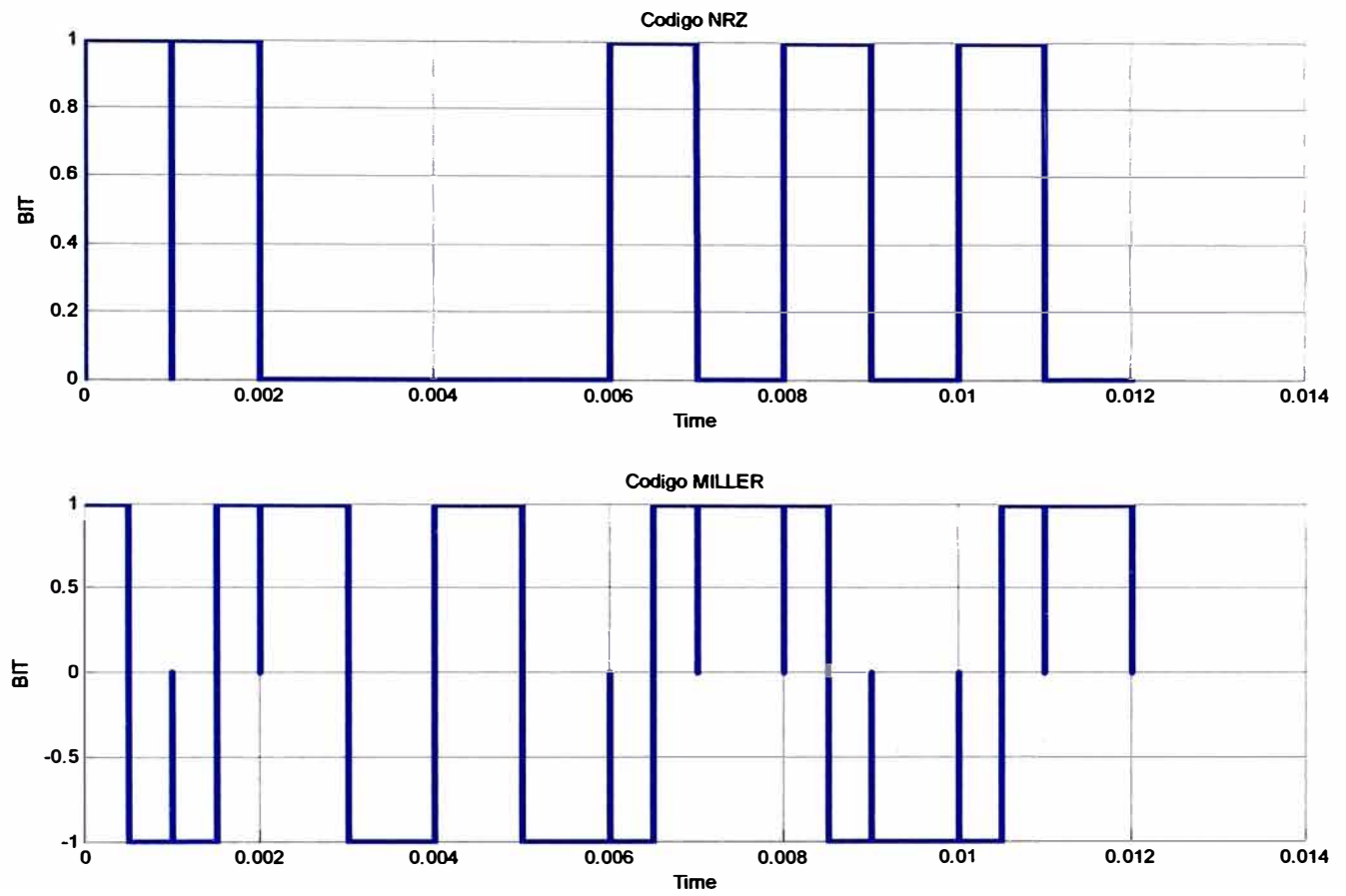


Figura 4.9: Secuencia binaria codificada en NRZ y Miller

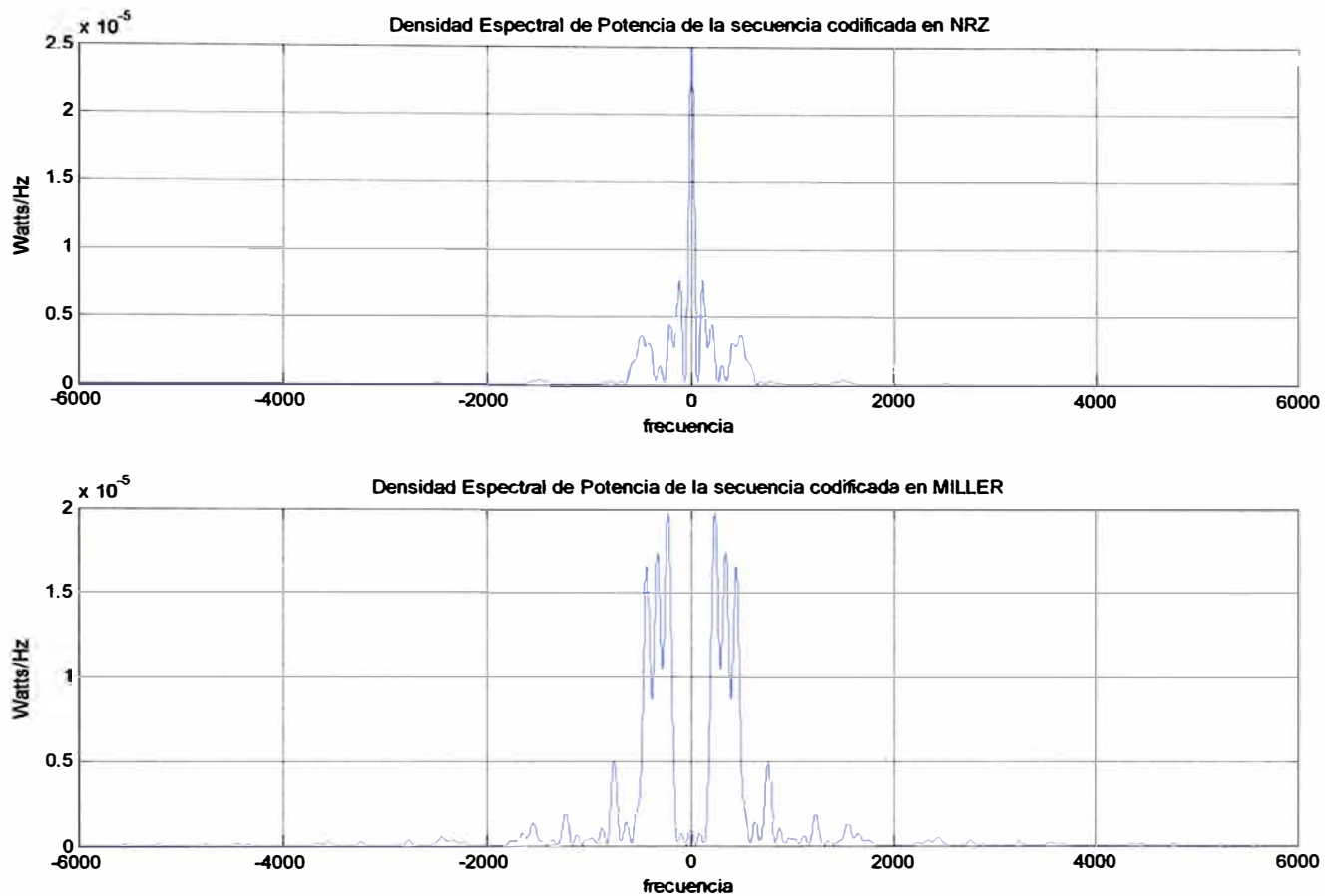


Figura 4.10: Densidad espectral de potencia de la secuencia binaria codificada en NRZ y Miller

### OBSERVACIONES DE LA SIMULACIÓN:

Del gráfico que muestra la codificación se puede llegar a la conclusión que al momento de la fabricación del demodulador el código MILLER resuelve el problema de los ceros y unos consecutivos ya que tanto los “unos” siempre presentan flanco de subida como de bajada; y los “ceros” consecutivos alterna su polaridad.

Del gráfico de la densidad espectral de potencia, se puede observar que el código MILLER no tiene componente continua lo cual permite su transmisión en BANDA BASE.

De los gráficos obtenidos en la simulación del código MILLER se pudo observar que para una velocidad de transmisión de 1000 bps ( $d = 0.001s$ ) el ancho de banda que necesita este código de línea es 2000Hz, siendo este un problema ya que para grandes velocidades de transmisión la línea de transmisión nos limita el ancho de BANDA.

### **Programa que muestra la DENSIDAD ESPECTRAL de potencia de los códigos de línea.**

#### **Descripción del programa:**

Este programa nos abre una ventana donde se muestran la densidad espectral de potencia de los códigos de línea visto anteriormente para así poder analizar y comparar su ancho de banda.

```
%PROGRAMA QUE MUESTRA LOS PSD DE LOS CODIGOS DE LINEA
```

```
d=input('ingrese tiempo de duracion del bit d=');
```

```
x=input('ingrese secuencia binaria a codificar x=');
```

```
X=x;
```

```
[h,n]=size(x);
```

```
figure;
```

```
%segmento que grafica la densidad espectral de potencia de la secuencia
```

```
NRZ
```

```
j=sqrt(-1);
```

```

i=1;

po=0;

f=(-2)*(1/d):1/(500*d):(2/d);

while (i<=n)

    po=X(1,i)*(exp(((j)*2*pi*d*i)*(f)).*(sin(pi*f*d))./(pi*f))+po;

    i=i+1;

end

P=po.*conj(po);

subplot(511);

plot(f,abs(P));

title('Densidad Espectral de Potencia de la secuencia codificada en NRZ')

ylabel('Watts/Hz')

%FIN DEL SEGMENTO

```

%segmento que grafica la densidad espectral de potencia de la secuencia en código AMI

```
c=0; %cuenta la cantidad de unos ("1")
```

```
i=1;
```

```
while (i<=n)
```

```
    if x(1,i)==1
```

```
        c=c+1;
```

```
        x(1,i)=(-1)^(c+1);
```

```
    else
```

```
        c=c;
```

```
    end
```

```

i=i+1;

end

j=sqrt(-1);
i=1;
po=0;
f=(-2)*(1/d):1/(500*d):(2/d);
while (i<=n)
    po=x(1,i)*(exp((-j)*2*pi*d*i)*(f)).*(sin(pi*f*d))./(pi*f)+po;
    i=i+1;
end

P=po.*conj(po);
subplot(512);
plot(f,abs(P));
title('Densidad Espectral de Potencia de la secuencia codificada en AMI')
ylabel('Watts/Hz')

%FIN DEL SEGMENTO

%segmento que grafica la densidad espectral de potencia de la secuencia
en código HDB3

x=X;

%SEGMENTO QUE CODIFICA LOS BITS INGRESADOS

i=1;
c=0;
z=0;
v=0;

```

```
while(i<=n)
  if x(1,i)==1
    c=c+1;
    x(1,i)=(-1)^(c+1);
    sv=x(1,i);
    z=0;
  else
    c=c;
  end

  if x(1,i)==0
    z=z+1;
    if z==4
      v=v+1;
      z=0;
      if v==1
        x(1,i)=sv;
        s=sv;
      elseif sv==(-1)^(v-1)*s
        x(1,i)=(-1)^(v-1)*s;
      else
        x(1,i)=(-1)^(v-1)*s;
        sv=x(1,i);
        x(1,i-3)=(-1)^(v-1)*s;
        c=c+1;
      end
    end
  end
end
```

```

        end

    else

        z=z;

    end

else

    z=z;

end

i=i+1;

end

%fin del segmento

%dibuja los bits codificados

j=sqrt(-1);

i=1;

po=0;

f=(-2)*(1/d):1/(500*d):2*(1/d);

while (i<=n)

    po=x(1,i)*(exp(((j)*2*pi*d*i)*(f)).*(sin(pi*f*d))./(pi*f))+po;

    i=i+1;

end

P=po.*conj(po);

subplot(513);

plot(f,abs(P));

title('Densidad Espectral de Potencia de la secuencia codificada en HDB3')

ylabel('Watts/Hz')

```

%fin del segmento

%segmento que grafica la densidad espectral de potencia de la secuencia en código Manchester %Diferencial

```

x=X;
i=1;
s=0;
while (i<=n)
    if x(1,i)==1
        s=s+1;
        x(1,i)=(-1)^(s+1);
    else
        s=s;
        x(1,i)=(-1)^(s+1);
    end
    i=i+1;
end

j=sqrt(-1);
i=1;
po=0;
f=(-2)*(1/d):1/(500*d):2*(1/d);
while (i<=n)
    po = (x(1,i)*(exp(((j)*2*pi*d*i)*(f)).*(sin(pi*f*d/2))./(pi*f))).*(exp(j*pi*d*f/2)-
exp((-j)*pi*d*f/2))+po;

```



```

    i=i+1;

end

P=po.*conj(po);

subplot(514);

plot(f,abs(P));

title('Densidad Espectral de Potencia de la secuencia codificada en
manchester diferencial')

ylabel('Watts/Hz')

%FIN DEL SEGMENTO

%segmento que grafica la densidad espectral de potencia de la secuencia
Codificada en Miller

x=X;

i=1;

while (i<=n)
if i==1
x(1,i)=1;
elseif X(1,i)==0 & X(1,(i-1))==1
x(1,i)=(-1)*x(1,i-1);
elseif X(1,i)==1 & X(1,(i-1))==0
x(1,i)=x(1,i-1);
elseif X(1,i)==0 & X(1,(i-1))==0
    x(1,i)=(-1)*x(1,i-1);
else
    x(1,i)=(-1)*x(1,i-1);

```

```

    end
i=i+1;
end

j=sqrt(-1);
i=1;
po=0;
f=(-2)*(1/d):1/(500*d):2*(1/d);
while (i<=n)
    if X(1,i)==1
        po = (x(1,i)*(exp((( -j)*2*pi*d*i)*(f)).*(sin(pi*f*d/2))./(pi*f))).*(exp(j*pi*d*f/2)-
exp((-j)*pi*d*f/2))+po;
    else
        po=x(1,i)*(exp((( -j)*2*pi*d*i)*(f)).*(sin(pi*f*d))./(pi*f))+po;
    end
    i=i+1;
end
P=po.*conj(po);
subplot(515);
plot(f,abs(P));
title('Densidad Espectral de Potencia de la secuencia codificada en
MILLER')
ylabel('Watts/Hz')
xlabel('frecuencia')

```

**%FIN DEL SEGMENTO**

**clc;**

**EJECUCIÓN DEL PROGRAMA EN MATLAB:**

**>> COMPARAF**

ingrese tiempo de duración del BIT **d = 0.001**

ingrese secuencia binaria **x = [1 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0]**

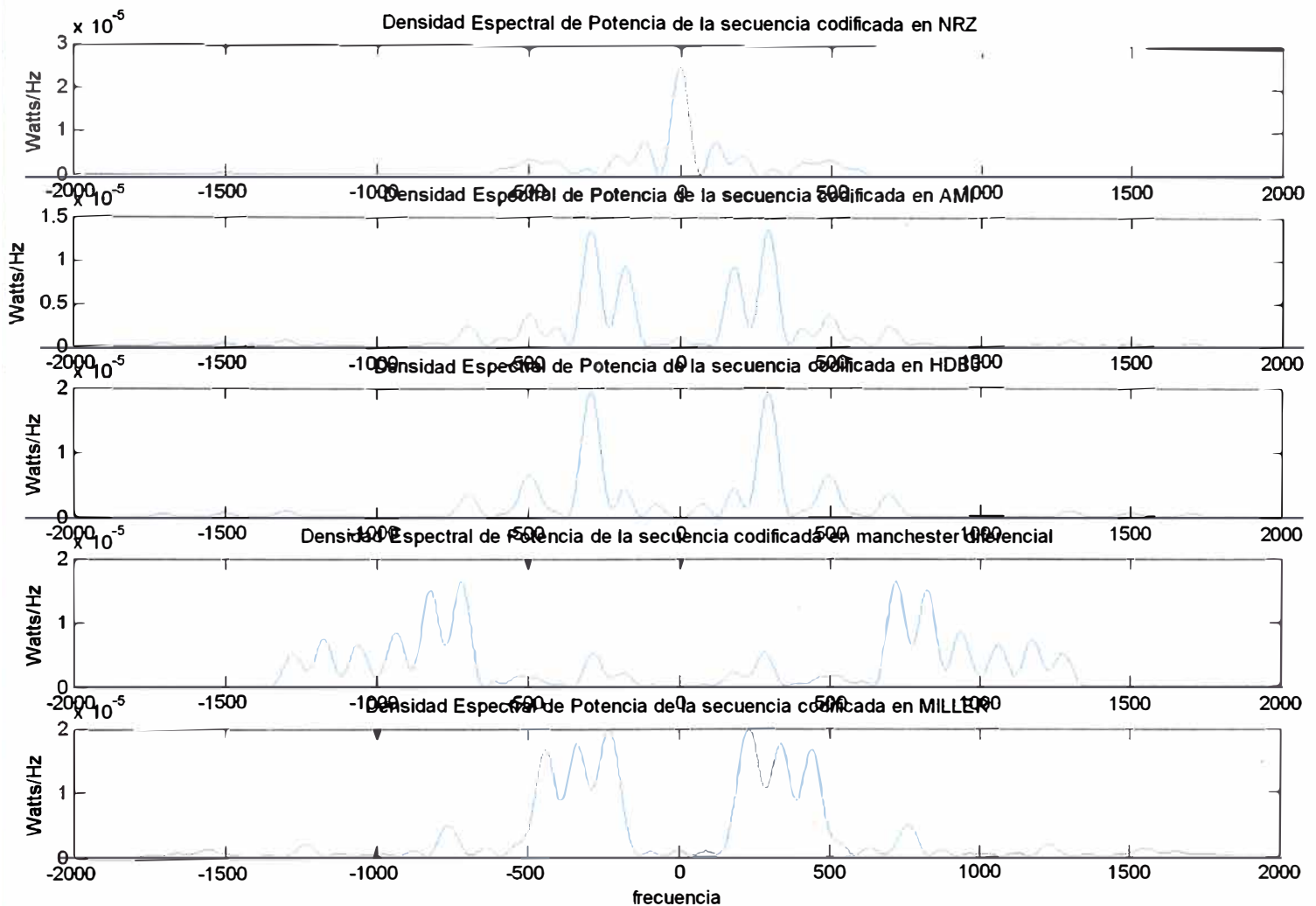


Figura 4.11: Comparación de la densidad espectral de potencia de la secuencia binaria en diferentes códigos con  $d=0.001$

## EJECUCIÓN DEL PROGRAMA EN MATLAB:

```
>> COMPARAF
```

```
ingrese tiempo de duración del BIT d = 0.000001
```

```
ingrese secuencia binaria x = [1 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 1 0 1 0  
0 1 1 1]
```

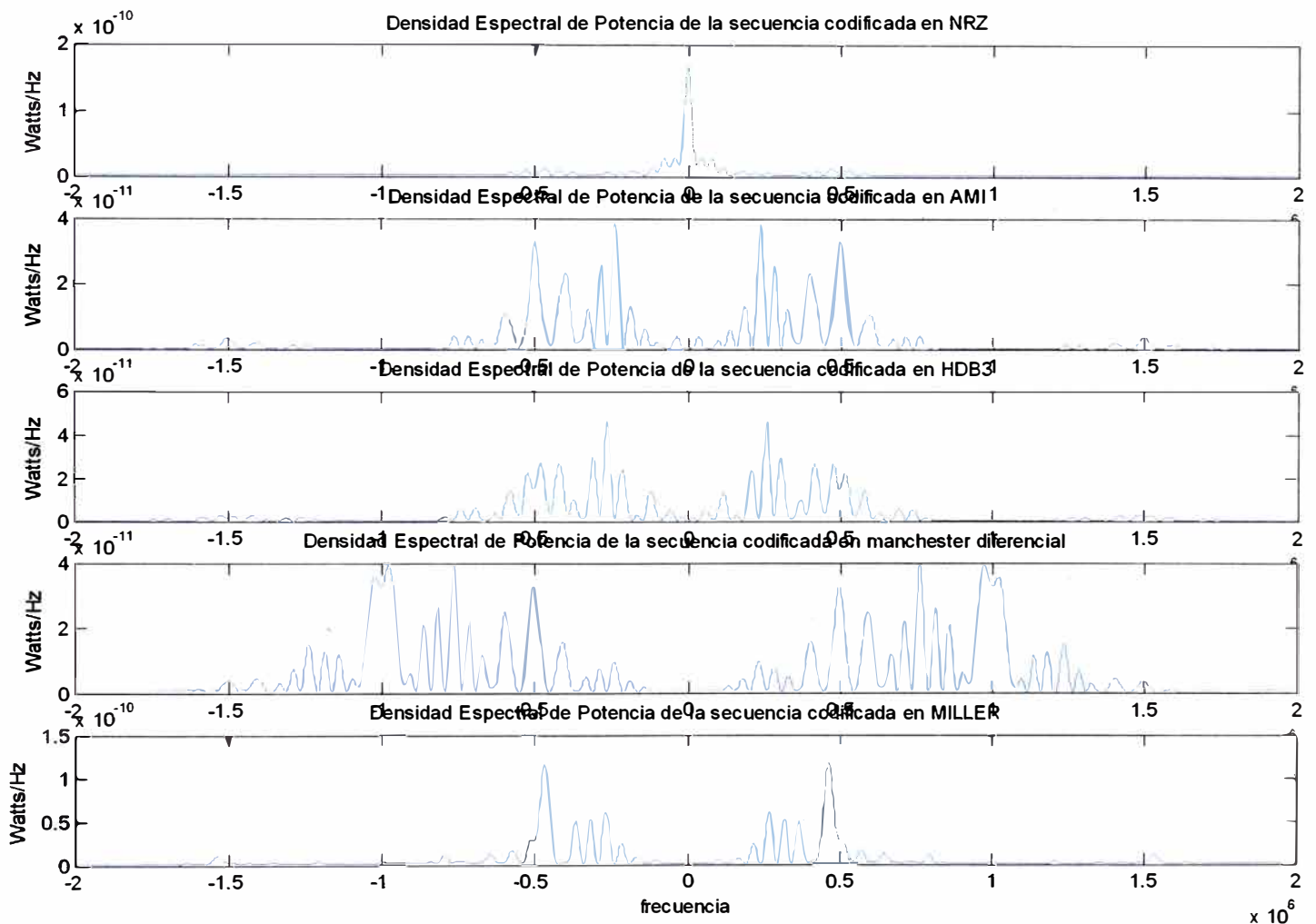


Figura 4.12: Comparación de la densidad espectral de potencia de la secuencia binaria en diferentes códigos con  $d=0.000001$

**OBSERVACIONES DE LA SIMULACIÓN:**

De los dos gráficos mostrados anteriormente se puede observar que de todos los códigos mostrados anteriormente el mejor código de línea es el código de MILLER porque elimina la componente continua , no tiene problemas con los “unos” y “ceros” consecutivos y su ancho de banda no aumenta tanto como el código MANCHESTER DIFERENCIAL.

## **CONCLUSIONES**

Los códigos de línea adaptan la información digital a las características del canal de transmisión para transmitir símbolos digitales.

Los objetivos que se persiguen para adaptar los bits a señales digitales son:

- Eliminar el contenido espectral de frecuencia no deseado para las transmisiones (componentes de CC y BF).
- Aumentar la eficiencia espectral de la transmisión.
- Reducir al máximo posible las componentes espectrales de frecuencia fuera de la banda de transmisión.
- Proveer un mecanismo de sincronización para el receptor, incorporado a los símbolos transmitidos, pero transparente al contenido de la información.
- Incorporar alguna capacidad adicional de detección de errores.
- Reducir la interferencia entre símbolos.

**ANEXO**

## **GLOSARIO**

**Ancho de Banda** es un número que representa el rango de frecuencias que se puede propagar por un canal o medio de transmisión. Este se divide en dos tipos de Banda Base y Banda Ancha.

**Banda Base** Solo se puede transmitir una señal en un instante de tiempo es mas segura por cada señal que se recibe.

**Banda Ancha** Transmite múltiples señales en un instante de tiempo, pero por el hecho de transmitir varias señales al mismo tiempo las velocidades se ven reducidas.

**BANDA BASE.-** Transmisión sin modulación

**Banda ancha.-** Característica de cualquier red que permite la conexión de varias redes en un único cable. Para evitar las interferencias en la información manejada en cada red, se utilizan diferentes frecuencias para cada una de ellas. La banda ancha hace referencia también a una gran velocidad de transmisión.

**Bandwidth.-** Ancho de Banda. Capacidad de un medio de transmisión



**Batch.-** Se dice que un proceso es batch cuando se realiza de forma secuencial y automática por el ordenador. En el entorno PC, este tipo de programas se identifica por la extensión bat.

**Baudio.-** Es igual al número de veces por segundo en que cambia la condición de la línea. En señales binarias, el número de baudios es igual al de bits por segundo . Velocidad con que se mide un módem.

**BBS.** (Bulletin Board System). Servicio al que se conectan usuarios de ordenadores personales a través de un modem, mediante el que se pueden enviar mensajes, mantener conversaciones on-line, intercambiar software o acceder a bases de datos. Básicamente se compone de un ordenador con una potente base de datos y un sistema de conexión a través de la red telefónica conmutada y el correspondiente módem (la primera red pública existente en el mundo antes de Internet entre ordenadores independientes).

**BER ( Bits Error Rate ) .-** Tasa de errores de transmisión medida entre el número de bits con error comparados con el total de bits transmitidos. La tasa de errores es la razón a la que ocurren errores.

**BIT ( Binary Digit ) .-** Dígito binario que adopta valores cero (0) o uno (1) Bit, en informática, acrónimo de Binary Digit (dígito binario), que adquiere el valor 1 o 0 en el sistema numérico binario. En el procesamiento y almacenamiento informático un bit es la unidad de información más pequeña manipulada por el ordenador, y está representada físicamente por un elemento como un único pulso enviado a través de un circuito, o bien como un pequeño punto en un disco magnético capaz de almacenar un 0 o un 1.

La representación de información se logra mediante la agrupación de bits para lograr un conjunto de valores mayor que permite manejar mayor información. Por ejemplo, la agrupación de ocho bits componen un byte que se utiliza para representar todo tipo de información, incluyendo las letras del alfabeto y los dígitos del 0 al 9.

**Broadband.-** Banda Ancha. Término utilizado para identificar circuitos de transmisión de datos, voz e imágenes de alta velocidad, generalmente asociados a velocidades de 2 megabits por segundo o más.

**CRIPTOGRAFIA.-** Es la ciencia que mediante el tratamiento de la información, protege a la misma de modificaciones y utilización no autorizada. Utiliza algoritmos matemáticos complejos para la transformación de la información en un extremo y la realización del proceso inverso en el otro extremo.

**CTI (Computer Telephony Integration).-** Término que define la convergencia entre la informática y la telefonía.

**FIRMA DIGITAL.-** Información añadida o transformación cifrada de los datos que permite al receptor de los mismos comprobar su fuente e integridad y protegerse así de la suplantación o falsificación.

**GATEWAY:** Conjunto de Hardware y Software que permiten la conexión de una red con otra

**HTML (HyperText Markup Language).**- Lenguaje en el que se escriben los documentos a los que se acceden mediante los navegadores WWW. Admite componentes hipertexto y multimedia.

**IP NUMBER** (Internet Protocol Number) Número único de cuatro secciones divididas por un punto, que identifica a cada una de las computadoras que se conectan a Internet. Ej.: 165.113.245.2

**JITTER.**- Distorsión aleatoria ligera de una señal, debido a la rápida variación de la frecuencia o fase.

**MICROONDAS.**- Ondas electromagnéticas superiores a los 700 megahertz con gran capacidad, altamente confiables. Requieren línea de vista entre el emisor y el receptor y sensibles a condiciones climáticas extrem

**Ordenador o Computadora.**- dispositivo electrónico capaz de recibir un conjunto de instrucciones y ejecutarlas realizando cálculos sobre los datos numéricos, o bien compilando y correlacionando otros tipos de información.

**RADIOFRECUENCIA.**- Frecuencias del espectro electromagnético utilizadas en las telecomunicaciones.

**ROUTER.**- Equipamiento que permite conectar redes de diferentes tipos de protocolo.

**RTB / RTC.**- Red Telefónica Básica o Red Telefónica Conmutada convencional conocida también como red fija.

**Señal** es la forma en como se representan los datos.

**SERVIDOR WEB.-** Es el programa que, utilizando el protocolo de comunicaciones HTTP, es capaz de recibir peticiones de información de un programa cliente (navegador), recuperar la información solicitada y enviarla al programa cliente para su visualización por el usuario.

**Transmisión de datos.-** O transferencia de datos, en informática, transmisión de información de un lugar a otro, tanto dentro de un ordenador o computadora (por ejemplo, de una unidad de disco a la memoria de acceso aleatorio), como entre un ordenador y un dispositivo externo (otro ordenador, o un servidor de archivos, o un ordenador perteneciente a una red). La velocidad de transmisión de datos se denomina también coeficiente de transmisión o velocidad de transferencia de datos y suele medirse en bits por segundo (bps). La velocidad de transmisión nominal es por lo general bastante mayor que la efectiva, debido a los tiempos de parada, procedimientos de verificación de errores y otros retrasos. Además, las transmisiones de datos desde diferentes orígenes a distintos destinos suelen competir entre sí en caso de utilizar la misma ruta de datos, como por ejemplo en una red o en el bus de un sistema informático. Véase también Telecomunicación.

**URL (Uniform Resource Locator).-** Modalidad estándar para ubicar el nombre de un sitio en Internet usualmente a través de un navegador. Ejemplo de URL: <http://www.yahoo.com>

**Velocidad de señalización de una línea.** Es la velocidad de conmutación, o el número de transiciones (cambios de voltaje o de frecuencia) que se

realiza por segundo. Sólo a velocidades bajas, los baudios son iguales a los bits por segundo; por ejemplo, 300 baudios equivalen a 300 bps. Sin embargo, puede hacerse que un baudio represente más de un bit por segundo. Por ejemplo, el modem V.22bis genera 1,200 bps a 600 baudios.

**Velocidad de transferencia o Velocidad de modulación.**-En informática, una referencia a la velocidad, expresada en baudios, con que un módem puede transmitir datos. Aunque a veces se supone, de forma incorrecta, que indica el número de bits por segundo (bps) transmitidos, lo que la velocidad de transferencia mide realmente es el número de sucesos (eventos), o cambios de señal, que se producen en 1 segundo. Como un suceso puede codificar más de 1 bit en las comunicaciones digitales de alta velocidad, la velocidad de transferencia y los bits por segundo no son siempre sinónimos, por lo que bits por segundo es el término más exacto que debe aplicarse a los aparatos de módem. Por ejemplo, el denominado módem de 9.600 baudios que codifica 4 bits por suceso, en la práctica funciona a 2.400 baudios, aunque transmite 9.600 bits por segundo (2.400 sucesos multiplicados por 4 bits por suceso); por consiguiente, debería llamarse módem de 9.600 bps. Sólo coinciden los bits por segundo con los baudios cuando la transmisión se realiza a muy baja velocidad; así, 300 baudios es lo mismo que 300 bps. Véase también Telecomunicación.

## BIBLIOGRAFIA

1. Rodríguez Gutiérrez, Alfredo. "Redes y Servicios de Telecomunicaciones", "Información Cuarto Programa de Titulación por Actualización de Conocimientos" , 2003.
2. Del Carpio Salinas, Jorge. "Procesamiento Digital de Señales", "Información Cuarto Programa de Titulación por Actualización de Conocimientos" , 2003.
3. Dolores M. Etter. "Solución de Problemas de Ingeniería con Matlab", Ed. Prentice Hall, 2° edición.
4. César Pérez." Matlab y sus Aplicaciones en las Ciencias y la Ingeniería ",Ed.Prentice Hall.
5. León W. Couch II. "Sistemas de Comunicación Digitales y Analógicos". Ed. Prentice Hall.
6. Dr. Juan Riera / Dr. Leon Vidaller. "Introducción a la Telemática", Dit-Upm.
7. Ruben Kustra/Osvaldo Tujsnaider. "Principios de Comunicaciones Digitales Vol. I y II ", Ahciet.
8. A. Tanenbaum. "Computer Networks", Prentice-Hall.
9. Uyles Black. "Redes de Ordenadores", R.A.M.A.
10. Cray Communications, "The Pocket Book Of Isdn".

11. S.Shanmugan. "Digital And Analog Communication Systems", John Wiley.