

ANÁLISIS DE PERFORMANCE DE M-PSK CON UN CANAL AWGN

INFORME 3

Laboratorio de Comunicaciones Digitales-GR3

1st Melanny Dávila

Ingeniería en Telecomunicaciones
Facultad de Eléctrica y Electrónica
Quito, Ecuador
melanny.davila@epn.edu.ec

2nd Ronaldo Almachi

Ingeniería en Telecomunicaciones
Facultad de Eléctrica y Electrónica
Quito, Ecuador
ronaldo.almachi@epn.edu.ec

Abstract—En este documento se analizará el rendimiento de la modulación digital M-PSK en un canal AWGN a diferentes niveles de M y también varios valores de SNR, esto con el fin de comparar el performance de la modulación, con el objetivo de conocer a que niveles (M) y SNR resulta ser más eficiente, para esto utilizará el cálculo de errores de distribución normal de probabilidades para la modulación M-PSK y el cálculo del BER, adicionalmente se mostrará como varía la probabilidad de error y el BER con diferentes niveles de SNR y E_b/N_0 , para llegar a determinar las diferencias que existen en cada caso. Todo esto se lo realizará gracias a MATLAB y el toolbox de comunicaciones que ofrece, esto con el fin de realizar un tratamiento sencillo y comprensible según lo solicitado.

Index Terms—M-PSK, E_b/N_0 , BER, AWGN, rendimiento

I. INTRODUCCIÓN

M-PSK es una técnica de modulación digital, en la cual la fase de la portadora sinusoidal varía con respecto a una señal digital de múltiples niveles, es decir la señal que llega del transmisor al receptor después de la modulación tiene M posibles fases de salida, donde M es el número de niveles que se tiene disponible con respecto a la manera en la que se agrupan ($b = \log_2(M)$), donde b representa el número de bits que se tiene en cada grupo.

Cuando se realizan este tipo de transmisiones es común tener ruido en el canal que afecte a la modulación, es por eso que el modelo se lo va a realizar con un canal AWGN que es el más común y sencillo de estudiar, pues al comportamiento de este ruido se lo puede describir mediante una campana de Gauss que facilitaría el cálculo de errores que pueden surgir en el canal.

La función de probabilidad de error (erf) es una herramienta que sirve para determinar los posibles errores en múltiples áreas profesionales, siempre y cuando se tenga un modelo de distribución normal de probabilidad o comúnmente conocido como campana de Gauss, pues es sencillo de interpretar y se lo puede adaptar dependiendo de lo que se necesite.

La SNR y E_b/N_0 son parámetros en sistemas de transmisión de datos que permiten tener un estimado del rendimiento del canal a un determinado valor, fácilmente se lo puede representar en dB, pero si se necesita modelar un canal se debe

tener un conocimiento más amplio de los posibles errores y en que punto puede haber mayor incidencia. Con este propósito se usa ambos parámetros y en conjunto con el BER, se puede llegar a tener una idea más precisa de cual sería la opción más óptima a usar para ahorrar recursos.

II. OBJETIVOS

- Analizar el desempeño de los diferentes esquemas de modulación M-PSK en un canal AWGN.
- Utilizar MATLAB para evaluar los resultados obtenidos de BER y E_b/N_0 en los diferentes esquemas de modulación M-PSK.

III. PREGUNTAS

A. *Describir los elementos que intervienen en la distinguibilidad de las señales digitales afectadas por el canal AWGN.*

Las distinguibilidad de las señales permite conocer cuán fácil es distinguir una señal que fue afectada por el ruido, se encuentra relacionada con la probabilidad de errores y el número de niveles en una modulación M-PSK.

La probabilidad de errores aumenta a medida que se disminuye la E_b/N_0 , como ya se comprobó en la práctica, es decir una probabilidad de errores alta hace que sea difícil distinguir la señal afectada por el ruido, no por el echo de no se pueda obtener una señal sino porque se estaría obteniendo una señal incorrecta, lo que produciría errores en la demodulación.

Otro parámetro que influye y que se toma como referencia para distinguir a una señal es la mínima distancia Euclidiana, esta distancia se obtiene como resultado de generar el diagrama de constelaciones pues es el mínimo valor que dista entre dos puntos del diagrama para M-PSK, dicho esto hay que tener en cuenta que a medida que mayor sean los niveles M de la modulación M-PSK, la distancia mínima será cada vez más pequeña lo que causa una mayor dificultad en la interpretación de las señales y por tanto conlleva a posibles errores.

Si bien estos parámetros influyen cada uno a su manera, pues en un caso real estos se presentan a la par, es decir ambos afectan a la distinguibilidad de señal al mismo tiempo y

como ya se explico el efecto que tiene cada uno por separado, juntos causan mayores inconvenientes, pero no quiere decir que no se pueda encontrar una solución, más bien se debe usar el ingenio para determinar una combinación que dé el mejor rendimiento posible, la solución más obvia y fácil sería no usar demasiados niveles, pero en ese caso el ancho de banda se ve afectado, ya que disminuye. Otra posible solución sería aumentar el valor de SNR, pero de la misma manera estas soluciones dan mejores resultados si se las usa de manera conjunta, es por eso que se debe analizar una modulación con diferentes parámetros para que se tenga una buena distinguibilidad de señal y rendimiento en la transmisión de datos.

B. Analizar las gráficas obtenidas y determinar las ventajas y desventajas que ofrecen los diferentes esquemas de modulación M-PSK en un canal AWGN.

BPSK

Las gráficas que se presetan a continuación se obtuvieron en base al cambio del valor de la relación señal a ruido, en una modulación BPSK mostrando como resultado el digrama de constelación ideal y real, y tambien la gráfica de BER vs. SNR.

- $SNR = 3dB$

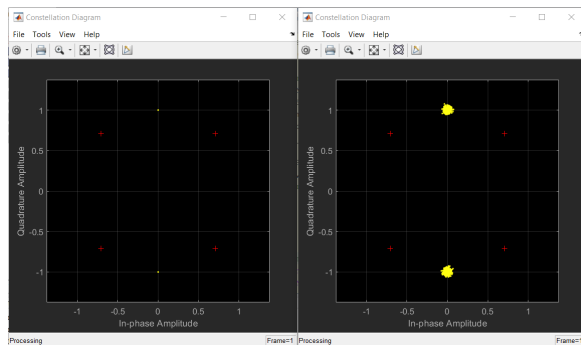


Fig. 1. Diagramas de constelación ideal y real con $SNR = 3dB$

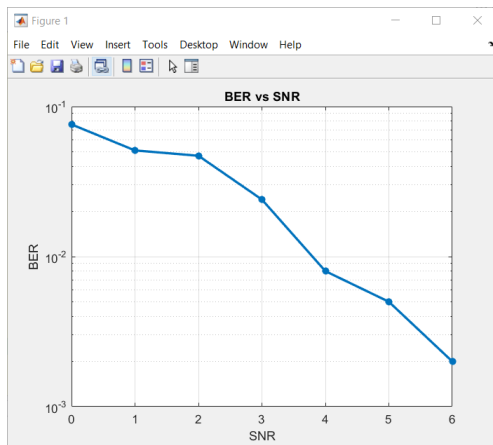


Fig. 2. BER vs. SNR con $SNR = 3dB$

- $SNR = 9dB$

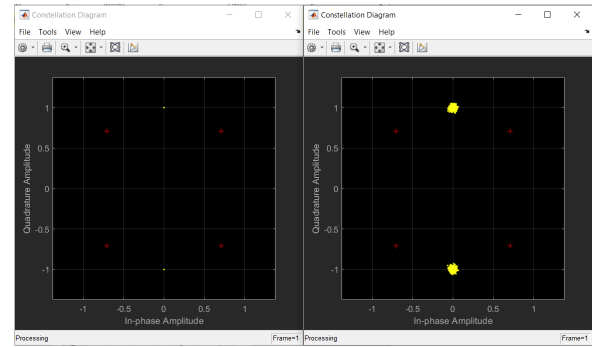


Fig. 3. Diagramas de constelación ideal y real con $SNR = 9dB$

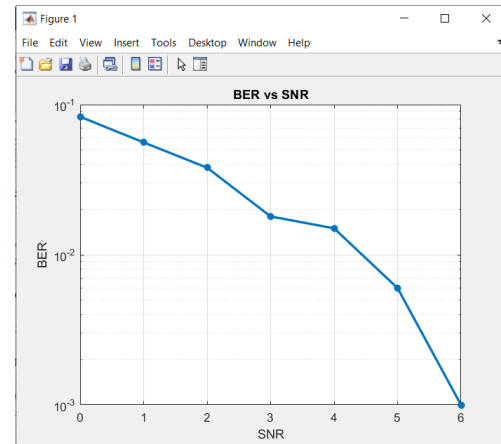


Fig. 4. BER vs. SNR con $SNR = 9dB$

- $SNR = 10dB$

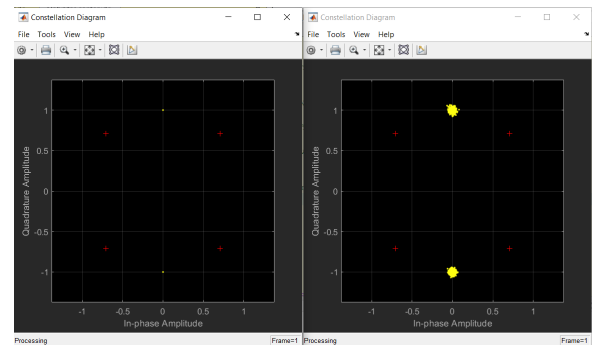


Fig. 5. Diagramas de constelación ideal y real con $SNR = 10dB$

8-PSK

Las gráficas que se presentan a continuación se obtuvieron en base al cambio del valor de la relación señal a ruido, en una modulación 8-PSK mostrando como resultado el digrama de constelación ideal y real, y tambien la gráfica de BER vs. SNR.

- $SNR = 3dB$

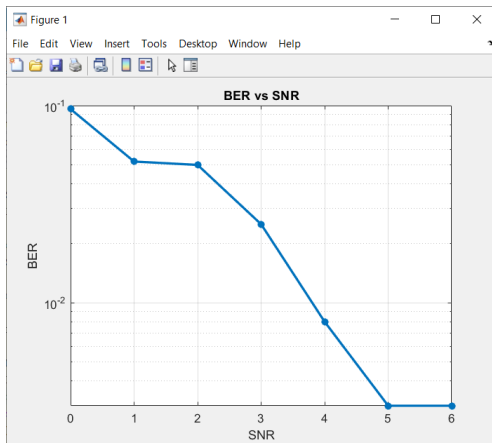


Fig. 6. BER vs. SNR con $SNR = 10dB$

- $SNR = 20dB$

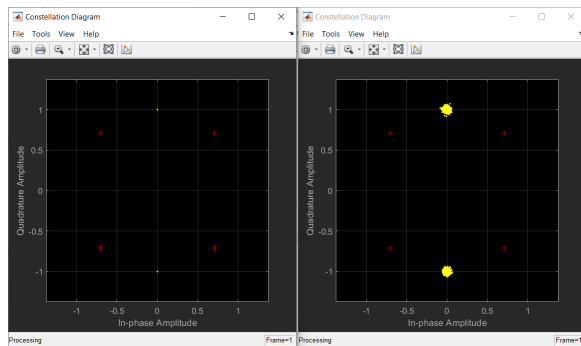


Fig. 7. Diagramas de constelación ideal y real con $SNR = 20dB$

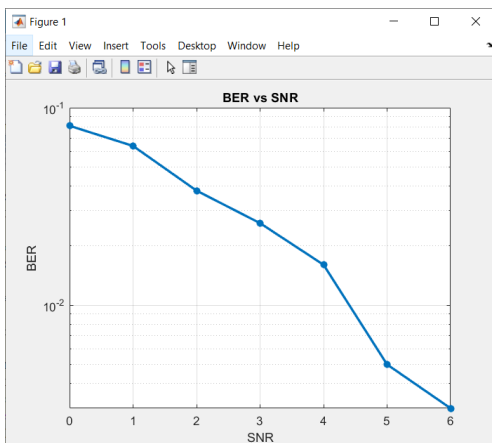


Fig. 8. BER vs. SNR con $SNR = 20dB$

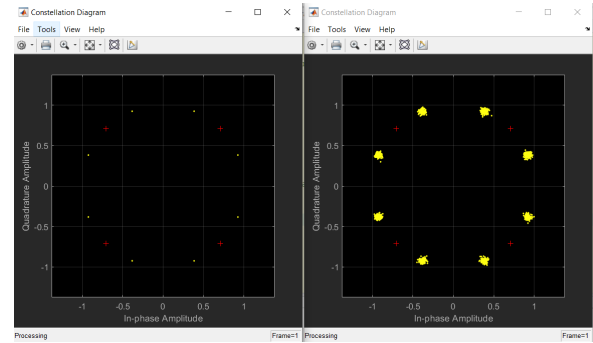


Fig. 9. Diagramas de constelación ideal y real con $SNR = 3dB$

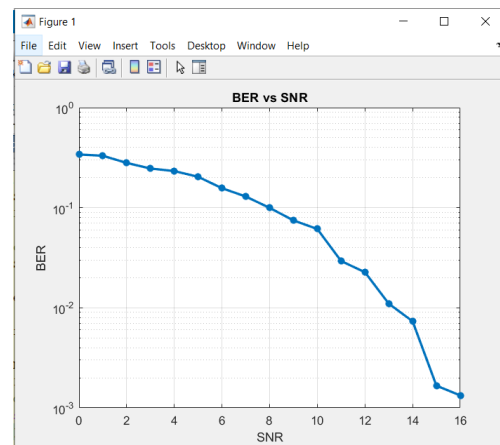


Fig. 10. BER vs. SNR con $SNR = 3dB$

- $SNR = 9dB$

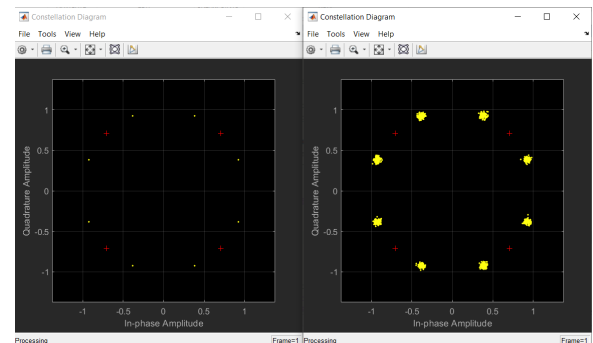


Fig. 11. Diagramas de constelación ideal y real con $SNR = 9dB$

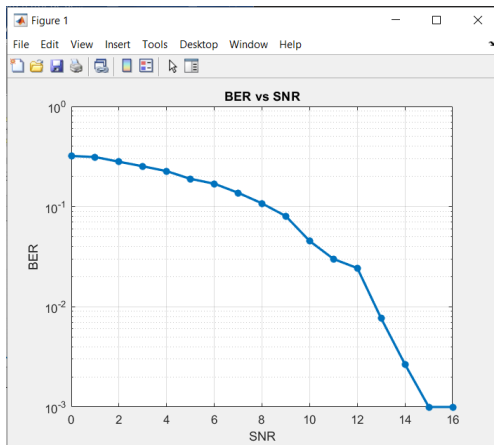


Fig. 12. BER vs. SNR con $SNR = 9dB$

- $SNR = 10dB$

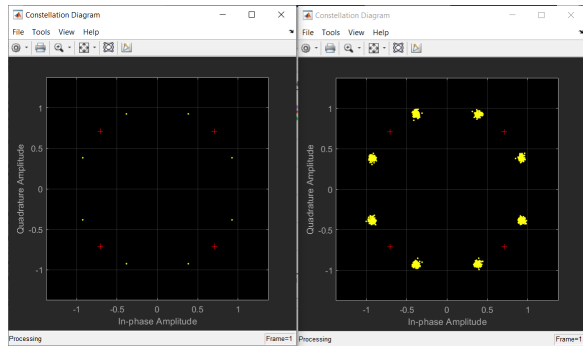


Fig. 13. Diagramas de constelación ideal y real con $SNR = 10dB$

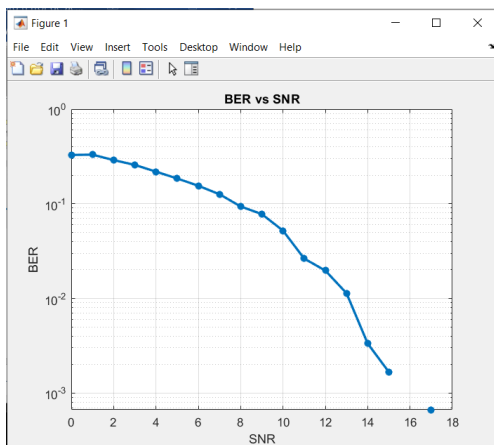


Fig. 14. BER vs. SNR con $SNR = 10dB$

- $SNR = 20dB$

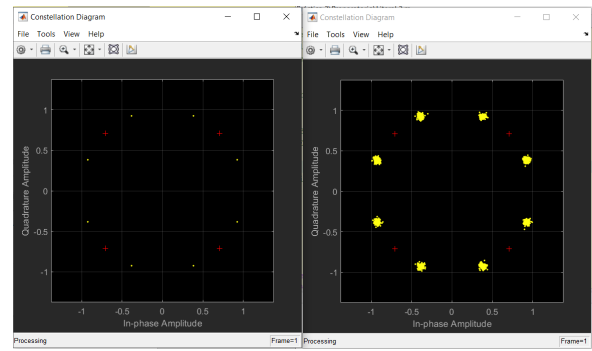


Fig. 15. Diagramas de constelación ideal y real con $SNR = 20dB$

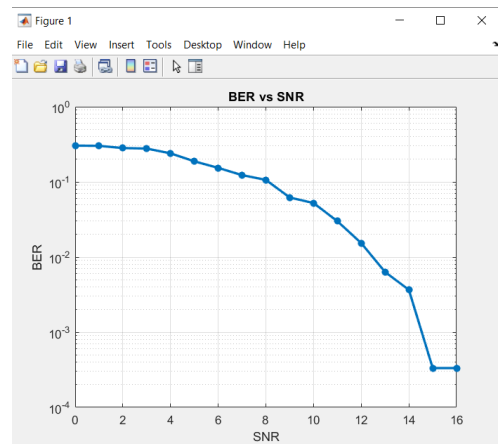


Fig. 16. BER vs. SNR con $SNR = 20dB$

16-PSK

Las gráficas que se presentan a continuación se obtuvieron en base al cambio del valor de la relación señal a ruido, en una modulación 16-PSK mostrando como resultado el digrama de constelación ideal y real, y tambien la gráfica de BER vs. SNR.

- $SNR = 3dB$

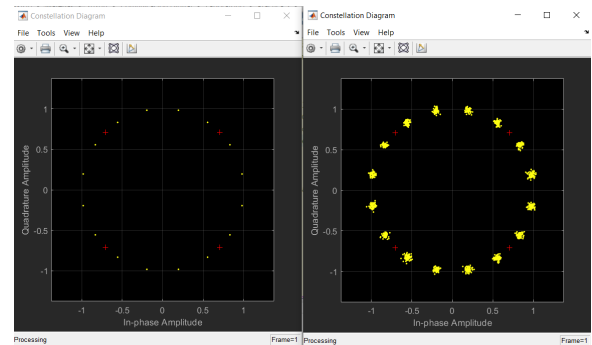


Fig. 17. Diagramas de constelación ideal y real con $SNR = 3dB$

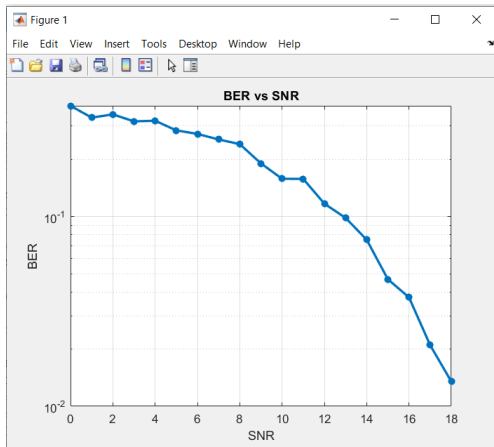


Fig. 18. BER vs. SNR con $SNR = 3dB$

- $SNR = 9dB$

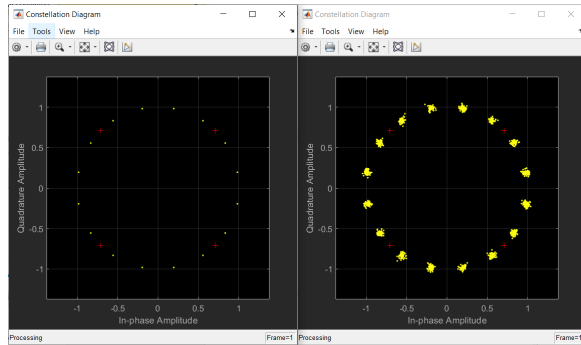


Fig. 19. Diagramas de constelación ideal y real con $SNR = 9dB$

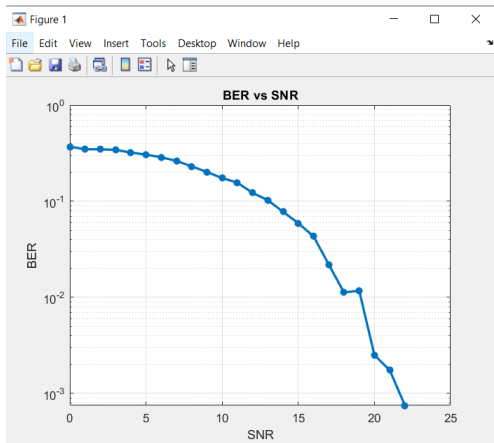


Fig. 20. BER vs. SNR con $SNR = 9dB$

- $SNR = 10dB$

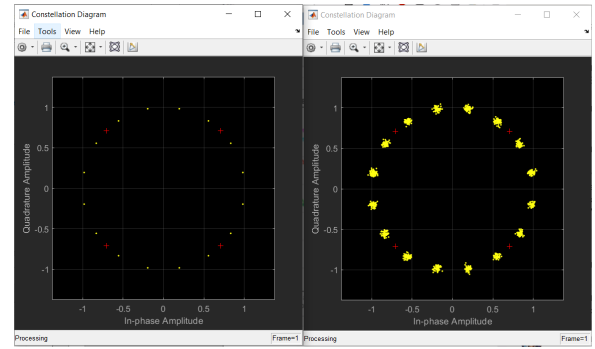


Fig. 21. Diagramas de constelación ideal y real con $SNR = 10dB$

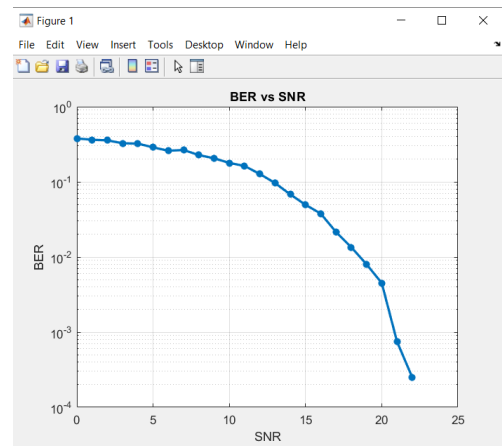


Fig. 22. BER vs. SNR con $SNR = 10dB$

- $SNR = 20dB$

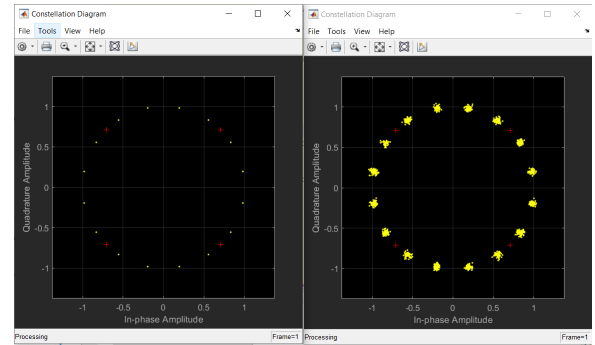


Fig. 23. Diagramas de constelación ideal y real con $SNR = 20dB$

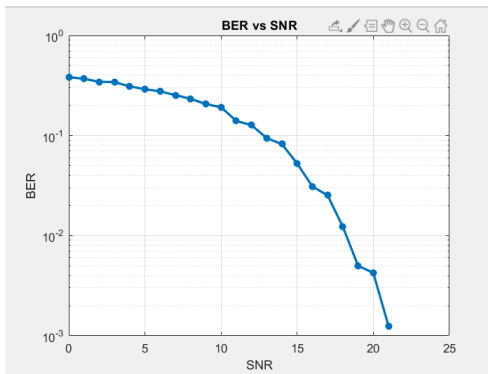


Fig. 24. BER vs. SNR con $SNR = 20dB$

Como conclusión general, se podría decir que la probabilidad de error disminuye considerablemente a medida que se aumenta el valor de SNR, además es importante recordar que dependiendo de la modulación que se utilice la probabilidad de error también cambiará. Cuando se utiliza un valor de SNR de 20 dB la existencia de error es casi nula, debido a que el valor es bastante alto, el mismo que hace que la probabilidad de error sea mínima. Sin embargo, se debe tener en cuenta que un nivel alto de SNR implica el uso de equipos más robustos para que soporten dicha potencia ya que 20dB implica que la potencia de la señal es 100 veces más grande que la potencia del ruido.

• Código usado :

```
1 %% M-QAM
2 clear all
3 close all
4 clc
5 M=16; %Numero de fases
6 b=log2(M); %Numero de bits
7 SNR=30; %relacion senal a ruido
8
9 data = randi([0 1],10000,1); %vector
    de datos aleatorios ente 1 y 0
10 sym = qammod(data,M,'InputType','bit',
    'UnitAveragePower',true); %
    Modulacion de los datos
11 stx=awgn(sym,SNR); %Paso atraves de un
    canal AWGN
12 cd=comm.ConstellationDiagram('
    ShowReferenceConstellation',false);
    %Objeto del diagrama de
    constelacion
13 cd(stx); %Grafico del diagrama de
    constelacion real
14 cd1=comm.ConstellationDiagram('
    ShowReferenceConstellation',false);
    %Objeto del diagrama de
    constelacion
15 cd1(sym); %Grafico del diagrama de
    constelacion ideal
16 n=1000; %numero de muestras
```

```
17 eyediagram(stx,M);
```

C. Presentar los resultados obtenidos en la práctica, los códigos de los programas debidamente comentados, así como Conclusiones y Recomendaciones.

Tal y como se apreciar en la figura 25, se presentan la gráficas de la modulación M-PSK a medida que se incrementa el valor de SNR se tiene menos probabilidad de error.

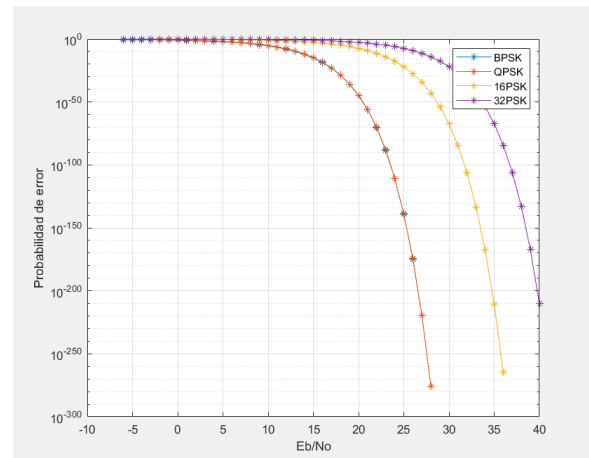


Fig. 25. $P(e)$ vs. E_B/N_O

• Código usado :

```
1 %% M-QAM
2 close all
3 clc
4 %4-QAM
5 M=4;
6 Pe=[];
7
8 for Eb=0:1:30;
9     Eb1=10^(Eb/10);
10    a=3*log2(M);
11    b=2*(M-1);
12    c=a/b;
13    x=sqrt(c*Eb1);
14    Pe1=2*((sqrt(M)-1)/sqrt(M))*erfc(x);
15    Pe=[Pe Pe1];
16 end
17
18 Eb=0:1:30;
19 semilogy(Eb,Pe,'g+-')
20 hold on
21
22 %16-QAM
23 M=16;
24 Pe2=[];
```

```

25
26 for Eb11=0:1:30;
27     Eb12=10^(Eb11/10);
28     a=3*log2(M);
29     b=2*(M-1);
30     c=a/b;
31     x=sqrt(c*Eb12);
32     Pe12=2*((sqrt(M)-1)/sqrt(M))*erfc(
33         x);
34     Pe2=[Pe2 Pe12];
35
36 Eb11=0:1:30;
37 semilogy(Eb11,Pe2','b*-')
38 hold on
39
40 %32-QAM
41 M=32;
42 Pe3=[];
43
44 for Eb12=0:1:30;
45     Eb1=10^(Eb12/10);
46     a=3*log2(M);
47     b=2*(M-1);
48     c=a/b;
49     x=sqrt(c*Eb1);
50     Pe14=2*((sqrt(M)-1)/sqrt(M))*erfc(
51         x);
52     Pe3=[Pe3 Pe14];
53
54 Eb12=0:1:30;
55 semilogy(Eb12,Pe3','ro-')
56 hold on
57
58
59 legend('4-QAM','8-QAM','16-QAM','32-
60         QAM')
61 title('Probabilidad de error vs. Eb/No
62         ')
63 xlabel('Eb/No') %nombre del eje x
64 ylabel('Probabilidad de error') %
65         nombre del eje y
66 grid on

```

D. Conclusiones

- Ronaldo Almachi:

- 1) Como se puede apreciar con los dos scripts, la modulación BPSK y QPSK, tienen un rendimiento muy parecido, esto fácilmente se puede interpretar que en factor de rendimiento la QPSK es la que mejor características nos ofrece, esto comparado

solo con las modulaciones presentadas sin tomar en cuenta sus aplicaciones.

- 2) Para tener un buen rendimiento en un canal con ruido, la modulación MPSK debe conseguir un equilibrio entre el uso de múltiples niveles y su relación de SNR o E_b/N_o , si bien hay soluciones mas sencillas que llevan a un gasto adicional, este seria un método para optimizar nuestro canal de tal manera que no conlleve a gastos excesivos en un situación real.
- 3) Se puede concluir que el rendimiento de una modulación MPSK sobre un canal con ruido, seria difícil de interpretarlo sin herramientas que nos faciliten estos cálculos, sin embargo en un simulador hay que tener especial cuidado ya que no se esta libre de errores, pero con la ventaja de que nos permite realizar un tratamiento de las señales de manera controlada y sencilla.

- Melanny Dávila:

- 1) Es claro que a mayor número de fases, mayor información puede ser transmitida en un mismo ancho de banda pero la sensibilidad frente a ruido o interferencia también es mayor, eso se puede apreciar en la figura 25 donde se realiza la comparacion entre diferentes modulacones con un numero diferente de fases. Todo esto generará aún más confusión ya que un canal AWGN afecta a todos los componentes de frecuencia de la señal a transmitir.
- 2) Mediante esta práctica de laboratorio se pudo analizar el comportamiento de las modulaciones B-PSK, 8-PSK, 16-PSK Y 32-PSK mientras el valor de SNR varía, ya que cuando se tiene un valor alto de SNR la tasa de bits errados disminuirá pero los equipos a utilizar deben ser más robustos, lo que podría implicar mayor gasto de recursos.
- 3) Mientras más cantidad de fases tenga una modulación PSK, la probabilidad de transmitir bits errados es mayor ya que la distancia entre fases no es tan grande, en comparación a BPSK, donde solamente existen dos fases.

E. Recomendaciones

- Ronaldo Almachi:

- 1) Para obtener un valor exacto de E_b/N_o usar la conversión adecuada ya que el valor que usamos de SNR esta en dB.
- 2) La manera mas sencilla de conseguir diferentes modulaciones MPSK es variar un numero de referencia que tiene los M niveles de la modulación, especificando cuales son las que vamos a usar.
- 3) Para identificar señales que se superponen usar diferentes símbolos y colores, con su respectiva etiqueta, de esta manera se puede tener una mejor referencia de todas las señales.

- Melanny Dávila:

- 1) Es importante conocer que argumentos son necesarios para el uso de las funciones de Matlab, con el fin de evitar inconvenientes en el desarrollo de los scripts.
- 2) Antes de realizar la práctica de laboratorio se debe poseer el conocimiento de los principales factores que se van a analizar en las simulaciones; como lo son SNR y E_b/N_o con el fin de poder llegar a conclusiones mucho más específicas en base a la modulación M-PSK.
- 3) Es recomendable comentar cada una de las líneas código debido a que esto nos facilitará a solventar problemas en caso que existan errores de compilación y a su vez el entendimiento del mismo.

REFERENCES

- [1] K. Iwashita y T. Matsumoto, "Modulation and detection characteristics of optical continuous phase FSK transmission system", Journal of Lightwave Technology, vol. 5, n.º 4, pp. 452-460, abr. 1987, doi: 10.1109/JLT.1987.1075546.