

**PROYECTO I – Implementación y simulación en MATLAB de la PHY-OFDM del estándar IEEE 802.11 sobre un canal AWGN y multitrayecto,**

**1. Objetivos:**

- Implementar en MATLAB la capa física OFDM IEEE 802.11 sobre un canal AWGN y multitrayecto

**2. Instrucciones**

- El proyecto deberá ser elaborado entre dos personas. Aquel proyecto que sea el mejor de todos se enviará a las Jornadas de Ingeniería Eléctrica y Electrónica para su evaluación y posible publicación, además se dará un punto adicional a la nota del segundo bimestre.
- Se deberá implementar un transmisor y receptor IEEE 802.11-2016 a nivel de la capa física PHY-OFDM conectados a través de un canal AWGN y a partir de los códigos de la práctica No. 2, 4, Deber No. 4 y del proyecto bimestral I.
- Se deberá elaborar un informe breve, conciso y concreto, en formato de artículo, respetando la gramática y ortografía del idioma castellano, que incluya una descripción breve de la capa física OFDM del estándar, cómo se implementó en MATLAB, los resultados de las simulaciones y las conclusiones obtenidas luego de las simulaciones.
- Se deberá subir al aula virtual, dentro del plazo establecido, el código MATLAB con todas sus funciones con el siguiente formato de nombre `Nombre_P2.zip`. El artículo, en formato PDF, deberán subirse a TURNITIN.

**3. Descripción de sistema y requerimientos**

**TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN IEEE 802.11-OFDM**

La capa física del estándar IEEE 802.11-2012 [1] se divide en dos subcapas: la PMD (*Physical Medium Dependent*) y la PLCP (*Physical Layer Convergence Protocol*). Por un lado, la subcapa PLCP crea independencia de la capa física de las capas superiores, para ello añade un preámbulo (*preamble*), una cabecera (*header*) y una cola (*tail*) [2]. Y, por otro lado, la PMD se encarga de los aspectos de transmisión como: la codificación del canal, la modulación, el

bloque OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), etc. Esto se puede ver claramente en la Figura 1 [2]. Una de las subcapas PMD del estándar IEEE 802.11 se fundamenta en una transmisión OFDM, la cual es considerada como una transmisión multiportadora.

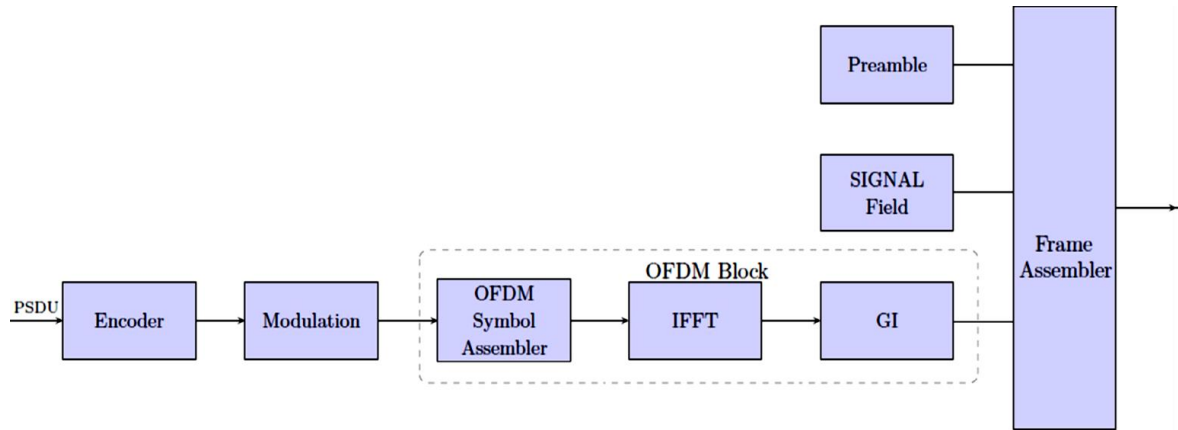


Figura 1. Capa física OFDM del estándar IEEE 802.11-2012 [2]

El receptor lleva a cabo el proceso inverso para poder recuperar los datos y pasar a la subcapa MAC.

Se pide:

1. Implementar (desarrollar código en MATLAB por medio de scripts), utilizando lo realizado en las prácticas no. 2, 4, Deber No. 4 y en el proyecto bimestral I. Y, simular al menos 1000 veces (1000 símbolos OFDM diferentes) y promediar los resultados a fin de obtener resultados confiables.
  - i. Se implementará la subcapa PMD de tal forma que se incluyan los siguientes bloques en la transmisión:
    1. **Codificador**, se deberá implementar el bloque de codificación de canal, específicamente códigos convolucionales con tasa  $1/2$ ,  $2/3$  y  $3/4$ . (Revisar código Deber No. 4)
    2. **Modulación**, se deberá implementar los modulares BPSK (*Binary Phase Shift Keying*), QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*), 16-QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) and 64- QAM. que son los que permite el estándar.

3. **Bloque OFDM**, para la transmisión, se implementa un símbolo OFDM usando la IFFT (*Inverse Fast Fourier Transform*) con  $N = 64$  puntos (IFFT). De las 64 subportadoras disponibles,  $N_{SD} = 48$  se utilizan para el transporte de datos,  $N_{SP} = 4$  son subportadoras piloto, las otras 11 subportadoras son nulas y 1 es la subpotadora DC. Además, dentro del bloque OFDM hay que considerar que se añade un CP (*Cyclic Prefix*) de  $N/4$ . Los símbolos piloto según el estándar son  $[1 \ 1 \ 1 \ -1]$  y se encuentran en las posiciones -21, -7, 21, 7.

Recuerde que la combinación de la tasa de codificación usada con un tipo específico de modulación proporciona las diferentes velocidades que se definen dentro del estándar. En la Figura 2 se presenta un resumen de esta combinación.

Coding rates ( $R$ )	Modulation	Coded bits per subcarrier ( $N_{BSC}$ )	Coded bits per OFDM symbol ( $N_{CWS}$ )	Data bits per OFDM symbol ( $N_{DWS}$ )	Data rate (Mb/s)
1/2	BPSK	1	48	24	3
3/4	BPSK	1	48	36	4.5
1/2	QPSK	2	96	48	6
3/4	QPSK	2	96	72	9
1/2	16-QAM	4	192	96	12
3/4	16-QAM	4	192	144	18
2/3	64-QAM	6	288	192	24
3/4	64-QAM	6	288	216	27

**Figura 2. Parámetros dependientes de la modulación [1]**

- ii. Se deberá desarrollar el código para implementar el receptor OFDM que incluye el proceso inverso (eliminar CP, demodulación OFDM y demodulación).
- iii. El transmisor y el receptor deberán conectados por medio de un canal AWGN (*Additive White Gaussian Noise*) y un canal multitrayecto con diferentes valores de SNR (*Signal-to-Noise Ratio*) (Código Proyecto I).
- iv. En el receptor deberá obtener las curvas BER (*Bit Error Rate*) vs SNR, con  $SNR = \{0, 2, 4, \dots, 30\}$  [dB], para todas las velocidades permitidas en el estándar (ver Figura 2) y para los dos calanes. Por lo que se pide presentar dos figuras:

1. Las curvas de BER vs SNR para cada una de las velocidades permitidas por el estándar y conectados a través de un canal AWGN. Un ejemplo de cómo se debe mostrar los resultados se indica en la Figura 3.
2. Las curvas de BER vs SNR para cada una de las velocidades permitidas por el estándar y conectados a través de un canal multirrayecto (canal implementado en el proyecto bimestral I).

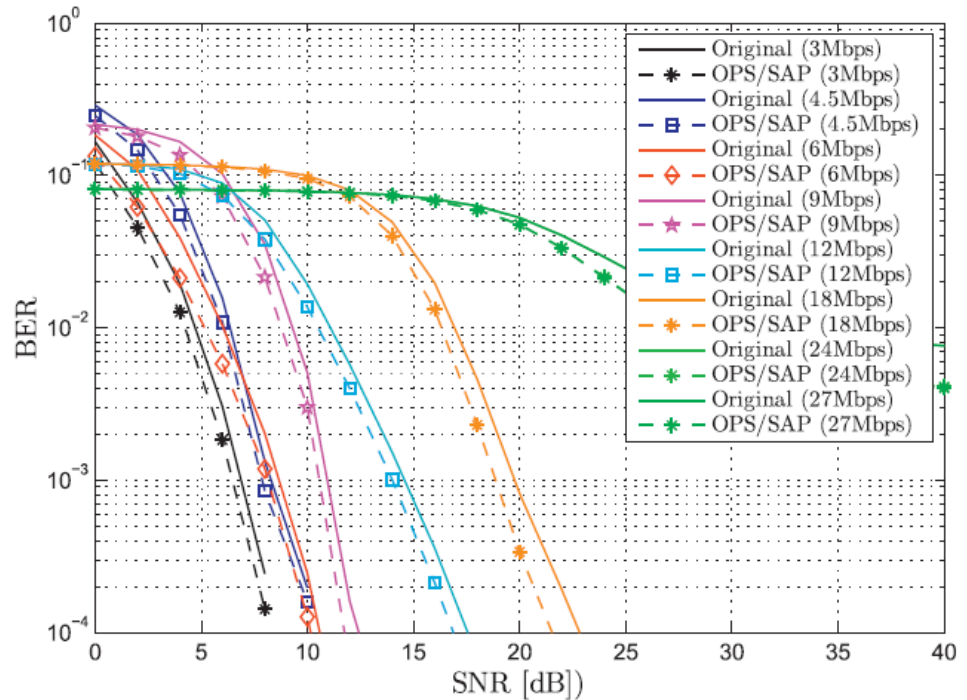


Figura 3. BER vs SNR sobre un canal AWGN

Recuerde que, para obtener resultados confiables se deberá promediar al menos 1000 símbolos OFDM. Los símbolos OFDM son generados aleatoriamente por esa razón la BER de los 1000 símbolos se deben promediar para cada valor de SNR (Simulaciones de Monte Carlo).

Al realizar un promediado de 1000 símbolos, la curva de BER vs SNR debe alcanzar una probabilidad de  $10^{-3}$ . determinar la ganancia que se obtiene al incluir la codificación de canal a una probabilidad de  $10^{-2}$ . Dichos resultados deben ser comentados en el mismo código a entregar.

## PARTE 2:

Se deberá escribir un informe técnico con las siguientes consideraciones:

1. Formato de presentación

La presentación del artículo será en formato IEEE, la plantilla ([Template and Instructions on How to Create Your Paper](https://www.ieee.org/publications_standards/publications/authors/author_templates.html) (DOC, 506 KB)) puede descargarse gratuitamente del enlace:

[https://www.ieee.org/publications\\_standards/publications/authors/author\\_templates.html](https://www.ieee.org/publications_standards/publications/authors/author_templates.html)

En dicho documento se explica detalladamente como elaborar un artículo. El artículo obligatoriamente deberá contener las siguientes secciones:

- **Abstract:** Resumen del artículo en **inglés**. Debe proporcionar al lector una idea general de lo que aborda el trabajo y cuál es su aportación.
- **Index Terms** o palabras claves: palabras claves asociadas al tema principal de su trabajo, en este caso son PHY-OFDM, IEEE 802.11
- Dividir en las siguientes secciones:

- I. **Introducción.** Debe detallarse desde lo general a lo específico el problema que se abordará en su trabajo.

Por ejemplo: Si se diseñará un canal *Rayleigh* en MATLAB, en el planteamiento del problema debería aclararse qué es un canal un canal inalámbrico, que el canal puede ser modelado de diferentes maneras siendo uno de ellos el canal *Rayleigh*, además se debería mencionar qué es el canal *Rayleigh* y que es lo que se va hacer en el trabajo y como último párrafo mencionar cómo se organiza el artículo.

- II. **Descripción de la capa física OFDM IEEE 802.11.** Debe abordar la parte teórica de su trabajo de forma breve, resumida y concisa. Por ejemplo, Si se diseñará un canal *Rayleigh* en MATLAB se deberá abordar en detalle qué es canal *Rayleigh*
- III. **Diseño.** Explique en esta sección brevemente cómo se implementó en MATLAB.
- IV. **Resultados.** Explique los parámetros generales de la simulación, es decir, cuántos símbolos, tipo de modulación de canal, etc. Debe presentar sus resultados a través de curvas de BER vs SNR de cada uno de los resultados pedidos y discutir los resultados de forma coherente.

V. **Conclusiones**, exponga las principales conclusiones de su trabajo. Recuerde que NO son conclusiones mencionar los inconvenientes presentados durante el desarrollo de su trabajo.

- **Referencias Bibliográficas**, las referencias deben ser en formato IEEE, y todas las referencias deben ser citadas dentro del texto del artículo en donde corresponda. No ponga las citas ni en los títulos ni en los subtítulos.
- **Biografía**, incluya una biografía del autor de forma breve y resumida, destacando sus logros académicos y algún tipo de experiencia profesional.

2. Extensión del documento: No debe superar 6 páginas.
3. Escritura correcta, para ello siga las recomendaciones del documento “Lineamientos para escribir un trabajo de titulación”
4. Plagio. Los trabajos serán enviados a Turnitin a fin de evaluar el porcentaje de plagio. Turnitin evaluará el porcentaje de copia con documentos de Internet, con el de sus compañeros y con los trabajos de los semestres anteriores.
5. Registro e Inscripción de una clase en Turnitin

Los documentos de nuestra propia autoría pueden enviarse a Turnitin.com [<http://turnitin.com>] para ofrecer servicios de detección de plagio o copia.

Para enviar un trabajo, se debe primero crear una cuenta de estudiante, luego registrarse a la clase y finalmente enviar el documento.

#### 1. CREAR UNA CUENTA:

Para obtener más detalles sobre cómo crear una cuenta de estudiante, diríjase al siguiente enlace:

[https://guides.turnitin.com/01\\_Manuals\\_and\\_Guides/Translated\\_Guides/Espa%C3%B1ol/Originality\\_Check\\_Only/Estudiante/Configuraci%C3%B3n\\_de\\_la\\_cuenta\\_de\\_Turnitin](https://guides.turnitin.com/01_Manuals_and_Guides/Translated_Guides/Espa%C3%B1ol/Originality_Check_Only/Estudiante/Configuraci%C3%B3n_de_la_cuenta_de_Turnitin)

#### 2. INSCRIBIRSE EN UNA CLASE

Para obtener más detalles sobre inscribirse en una clase, diríjase al siguiente enlace:

[https://guides.turnitin.com/01\\_Manuals\\_and\\_Guides/Translated\\_Guides/Espa%C3%B1ol/Originality\\_Check\\_Only/Estudiante/Inscripci%C3%B3n\\_en\\_una\\_clase](https://guides.turnitin.com/01_Manuals_and_Guides/Translated_Guides/Espa%C3%B1ol/Originality_Check_Only/Estudiante/Inscripci%C3%B3n_en_una_clase)

Las credenciales para unirse a la clase **Comunicaciones Inalámbricas** son las siguientes:

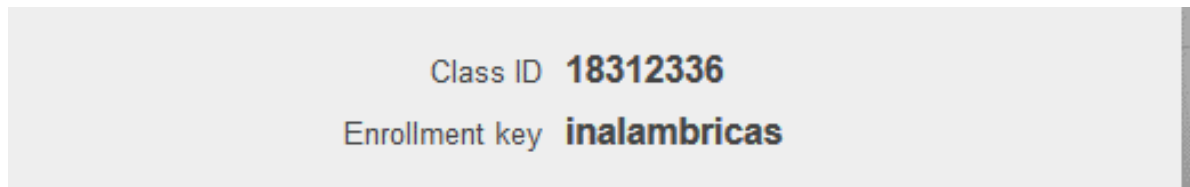


Figura 4. Credenciales de la clase Comunicaciones Inalámbricas

### 3. ENVIO DEL TRABAJO

Para obtener más detalles de cómo enviar un trabajo en la clase inscribirse en una clase, diríjase al siguiente enlace:

[https://guides.turnitin.com/01\\_Manuals\\_and\\_Guides/Translated\\_Guides/Espa%C3%B1ol/Originality\\_Check\\_Only/Estudiante/Entrega\\_de\\_un\\_trabajo](https://guides.turnitin.com/01_Manuals_and_Guides/Translated_Guides/Espa%C3%B1ol/Originality_Check_Only/Estudiante/Entrega_de_un_trabajo)

### REFERENCIAS:

- [1].IEEE, 802.11-2016 - IEEE Standard for Information technology--Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks--Specific requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, 2016.  
Capítulo 17.
- [2].Paredes Paredes, Martha Cecilia; García Fernández-Getino, M. Julia, “Performance of OPS-SAP technique for PAPR reduction in IEEE 802.11p scenarios”. Ad Hoc Networks, 2016, vol. 52, p. 78-88.