

Polarización

Daniel Espinel Rodriguez¹ and Damian Steven Ospina¹
Departamento de Física, Universidad Industrial de Santander

(Dated: 22 de junio de 2024)

I. INTRODUCCIÓN

Una onda electromagnética (OEM) es una perturbación que viaja a través del espacio y medios materiales, como lo puede ser el ambiente atmosférico de la tierra. La velocidad de propagación de estas ondas no es infinita, esta limitada a viajar a una velocidad en el vacío de $2,9978 \cdot 10^8 [m/s]$, comúnmente conocida como la velocidad de la luz.

Una OEM consta de dos componentes: un campo eléctrico (E) y un campo magnético (B), que son perpendiculares entre sí y a la dirección de propagación de onda. Estos campos son oscilantes y se continúan generando el uno al otro, propagándose así en el espacio en un amplio espectro de longitudes de onda.

Las ondas electromagnéticas son fundamentales porque permiten la transmisión de información a través de las ondas de radio y microondas, utilizadas para transmitir señales de radio, televisión y telefonía móvil en forma de audio y video. En medicina, las ondas electromagnéticas también son ampliamente utilizadas para observar el interior del cuerpo humano en busca de anomalías y detección de enfermedades o tumores, a través de procesos que involucran rayos X y tomografía por emisión de positrones (PET).

Imagine que toma su smartphone y comienza a alejarse de su casa, monitoreando en todo momento la intensidad de la señal Wi-Fi que proviene de su hogar. Se sorprenderá al ver que la señal también está disponible fuera de la casa, atravesando los muros. Conforme se aleja más, la intensidad de la señal va disminuyendo hasta que finalmente desaparece. ¿Por qué ocurre esto?¹ Esto es gracias a las ondas electromagnéticas, dado que las redes Wi-Fi utilizan ondas de radio para transmitir datos entre dispositivos y puntos de acceso.

A. Objetivos Generales

En este primer contacto con el estudio de las OEM, se debe superar la barrera de comprensión que siempre existe entre aquellos fenómenos observables a simple vista y aquéllos que lo son indirectamente mediante el uso de instrumentos apropiados.

B. Objetivos Específicos

- Medir la distribución del campo transversal y longitudinal de microondas delante de una antena de bocina.
- Demostrar la polarizabilidad de microondas y determinar la polarización de las microondas emitidas.
- Medir la señal recibida por la sonda de campo E como una medida de la potencia de microondas transmitida detrás de alfombras de espuma secas y húmedas.

II. MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo del experimento protagonista de este informe, es necesario comprender los conceptos clave que lo componen, tales como el proceso de polarización de una OEM, los tipos de ondas que se esperan conseguir una vez polarizadas y el margen de longitud de onda generado. Entender estos conceptos es importante para el desarrollo del experimento y para comprender el funcionamiento esencial de las telecomunicaciones en el mundo moderno a través de estos mecanismos de polarización y antenas.

A. Polarización

La polarización en ondas electromagnéticas se da cuando la orientación de las oscilaciones del campo eléctrico de la onda están restringidas a una única dirección de propagación, esta orientación preferencial se consiguen mediante el uso de un filtro polarizador. Esta preferencia por el campo eléctrico al definir la polarización de una OEM se da porque muchos detectores comunes de ondas electromagnéticas responden a las fuerzas eléctricas de los electrones en los materiales y no a las fuerzas magnéticas.²

Se dice que un haz de luz, un tipo de OEM, esta linealmente polarizada cuando tras realizar la polarización se da como resultado que su campo eléctrico oscila en la misma dirección en todo momento en un punto determinado.¹ Una polarización lineal de este tipo puede crearse o analizarse por medio de un polarizador, cuando el campo eléctrico de una OEM linealmente polarizada incide en un polarizador que se gira respecto a la dirección de polarización de la onda por un ángulo θ , la componente del campo eléctrico y su intensidad pueden ser descritos por medio de las siguientes ecuaciones:

$$E(\theta) = E_0 \cos \theta \quad (1)$$

$$I(\theta) = I_0 \cos^2 \theta \quad (2)$$

B. Ondas Transversales

En OEM se dice que las ondas son transversales cuando estas oscilan perpendicularmente a la dirección de propagación. Cuando la onda se mueve en la dirección horizontal, las partículas del medio se moverán en direcciones perpendiculares a la trayectoria de la onda. La polarización es una característica de todas las ondas transversales.².

C. Ondas de Microondas

Las ondas de microondas son un tipo de OEM con frecuencias en el rango de 300 MHz a 300GHz,

lo que corresponde a longitudes de onda que van desde 1 milímetro hasta 1 metro. Estas ondas se encuentran entre las ondas de radio de alta frecuencia y las ondas infrarrojas.

Las microondas son cruciales para las telecomunicaciones debido a sus características distintivas. Su alta frecuencia y corta longitud de onda, en comparación con las ondas de radio, permiten una mayor capacidad de transmisión de datos mediante el uso de anchos de banda más amplios. Además, las microondas pueden recorrer largas distancias con mínima pérdida de intensidad y atravesar la atmósfera terrestre con menor interferencia. Otra ventaja es su facilidad de polarización, lo que facilita la transmisión de señales a largas distancias con menos dispersión. Estas propiedades hacen que las microondas sean ideales para diversas aplicaciones en telecomunicaciones, ofreciendo beneficios significativos en la transmisión de datos.

III. RESULTADOS, ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DEL MONTAJE

A. Polarización de una onda

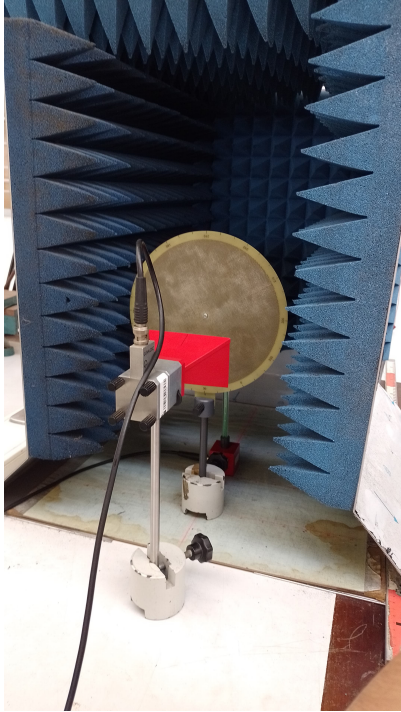


Figura 1. *Montaje 1*

En el montaje representado en la figura 1, se observa una bobina conectada a una fuente de diferencia de potencial que genera un campo eléctrico con una magnitud de $U_0 = 8 \text{ V}$. Este campo eléctrico tiene una distribución transversal. Se introduce un polarizador de red en este campo, el cual permite el paso exclusivamente de las ondas de campo eléctrico que son perpendiculares a las líneas horizontales que lo componen.

El propósito de este estudio es analizar el comportamiento del campo variando el ángulo del polarizador de red. En la parte posterior del polarizador, se ubica una sonda de campo, la cual posibilita la toma de mediciones del potencial del campo eléctrico.

Esta disposición experimental nos permite una observación detallada de cómo la orientación del polarizador afecta la transmisión de las ondas del campo eléctrico. Es crucial destacar que este montaje nos permite obtener datos precisos sobre cómo el polarizador de red influye en la dirección y la intensidad del campo eléctrico resultante³.

Esta parte del informe de laboratorio se enfocará en analizar las variaciones observadas en las mediciones del potencial del campo eléctrico al modificar el ángulo del polarizador de red. Los resultados obtenidos serán fundamentales para comprender mejor el comportamiento de los polarizadores en campos eléctricos transversales y su relevancia en diversas aplicaciones tecnológicas y científicas⁴.

Cuadro I. Primera toma de datos con el polarizador en horizontal variando el ángulo

θ [Grados sexagesimales]	U [V]
90	6.5
80	6
70	5
60	3.5
50	2
40	1
30	0.4
20	0.13
10	0.06
0	0.05
100	6
110	5
120	3.7
130	2.5
140	1.5

Cuadro II. Segunda toma de datos con el polarizador en cero variando el ángulo

θ [Grados sexagesimales]	U [V]
0	0.1
10	0.25
20	0.5
30	0.85
40	1.15
45	1.2
50	1.15
60	1
70	0.6
80	0.2
90	0.1
100	0.3
110	0.85
120	1.35
130	1.65
135	1.7
140	1.65
150	1.3
160	0.8
170	0.3
180	0.05
225	1.2
270	0.05
315	1.65

Figura 2. Gráfica toma de datos, tabla I

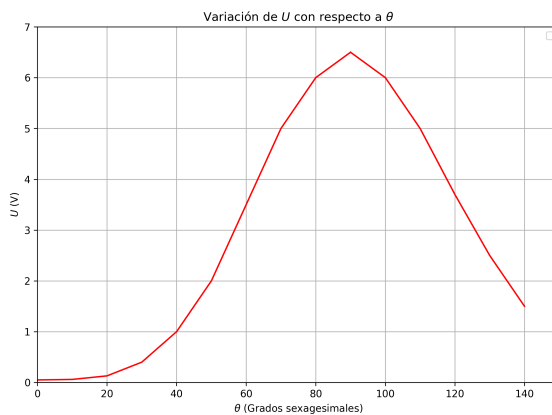
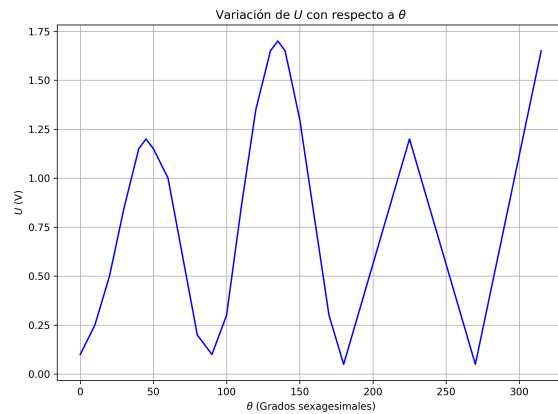


Figura 3. Gráfica toma de datos, tabla II



Tanto la tabla I como la tabla II presentan gráficas que muestran la variación de la diferencia de potencial U en función del ángulo θ . Estas gráficas exhiben un claro comportamiento sinusoidal, característico de una función de onda.

La presencia de oscilaciones sinusoidales en ambas gráficas indica la naturaleza ondulatoria del fenómeno estudiado. El patrón repetitivo de subidas y bajadas en la diferencia de potencial a medida que el ángulo θ cambia sugiere la existencia de un ciclo periódico en el sistema.

Es importante destacar que la diferencia de potencial U alcanza valores máximos y mínimos en intervalos regulares de θ , lo que indica la periodicidad de la función de onda. Este comportamiento periódico es fundamental para el estudio de fenómenos ondulatorios en diversos campos científicos.

Las gráficas obtenidas a partir de las tablas I y II muestran claramente un comportamiento sinusoidal, lo que indica la presencia de una función de onda en el sistema analizado.

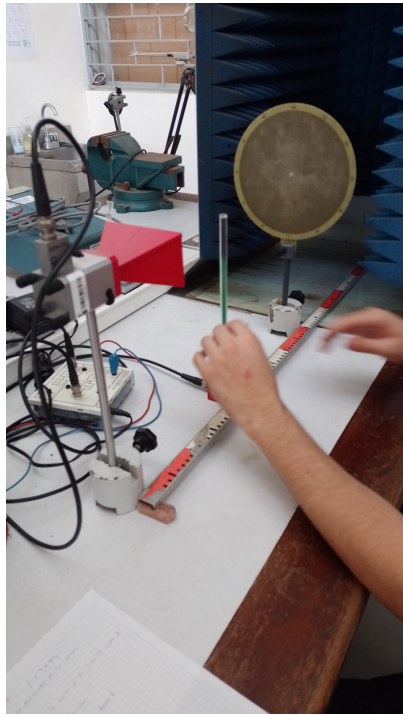
B. Determinación de la longitud de onda

Figura 4. Montaje 2

A partir del montaje hecho en la figura 4 con ayuda de la sonda de campo teniendo esta sobre una hoja cuadriculada o milimétrica, empezamos a marcar una línea cada vez que esta entra en un mínimo (la diferencia de potencial medida por la sonda de campo es prácticamente cero en ese punto), marcamos estos mínimos unas cuatro veces, la longitud entre cada uno de estos mínimos es $\lambda/2$, para nuestro caso nos dieron las siguientes distancias sobre la hoja cuadriculada⁵:

- $\lambda_1 = 3,2 \text{ cm}$
- $\lambda_2 = 3,4 \text{ cm}$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} = 3,3 \text{ cm}$$

Podemos comparar este valor de λ con su valor teórico ya que conocemos la frecuencia a la que oscila nuestro sistema:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{9,4 \times 10^9 \text{ Hz}} = 3 \text{ cm}$$

Ahora con los valores obtenidos experimentalmente encontramos la desviación estándar de nuestro experimento llevado a cabo en el segundo montaje⁶:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Para nuestro caso:

$$(\lambda_1 - \bar{\lambda})^2 = 0,01$$

$$(\lambda_2 - \bar{\lambda})^2 = 0,01$$

$$S = \sqrt{\frac{0,02}{1}} = 0,142$$

Finalmente podemos encontrar el porcentaje de error (PE) con el valor experimental y teórico:

$$PE = \left| \frac{\text{Valor teórico} - \text{Valor experimental}}{\text{Valor teórico}} \right| \times 100 \%$$

$$PE = \frac{|3 \text{ cm} - 3,3 \text{ cm}|}{3 \text{ cm}} \times 100 \%$$

$$\text{Porcentaje de error} = 10 \%$$

IV. CONCLUSIONES

El experimento realizado permitió analizar la polarización de ondas electromagnéticas y determinar la longitud de onda mediante dos montajes experimentales. A continuación, se presentan las conclusiones más relevantes:

- Se observó que la variación del ángulo del polarizador afecta significativamente la magnitud del campo eléctrico medido. Las gráficas obtenidas muestran un claro comportamiento sinusoidal, indicando la naturaleza ondulatoria del fenómeno estudiado.
- La longitud de onda medida experimentalmente fue $\bar{\lambda} = 3,3$ cm, obtenida a partir de las distancias entre los mínimos de la diferencia de potencial. Este valor se comparó con el valor teórico calculado, $\lambda = 3$ cm, mostrando una buena concordancia.
- La desviación estándar calculada para las mediciones de la longitud de onda fue $s = 0,142$ cm, lo que indica una consistencia aceptable en los datos obtenidos.
- El porcentaje de error relativo entre el valor teórico y el experimental fue del 10%, lo cual se considera razonable dentro del contexto experimental, teniendo en cuenta posibles fuentes de error como la precisión de las mediciones y las condiciones del montaje.
- Este estudio proporciona una comprensión más profunda del comportamiento de los polarizadores en campos eléctricos transversales y su impacto en la transmisión de ondas electromagnéticas, siendo relevante para aplicaciones tecnológicas y científicas.

REFERENCIAS

- ¹J. W. J. Raymond A. Serway, *Física para Ciencias e Ingeniería* (Cengage Learning, 2018).
- ²R. A. F. Hugh D. Young, *Física Universitaria* (Pearson Educación, 2012).
- ³C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 4th ed. (Wiley, Hoboken, NJ, 2016).
- ⁴R. E. Collin, *Foundations for Microwave Engineering*, 2nd ed. (McGraw-Hill, New York, NY, 2001).
- ⁵S. Ramo, J. R. Whinnery, and T. Van Duzer, "Fields and waves in communication electronics," Wiley Series in Microwave and Optical Engineering **3** (1994).
- ⁶R. V. Hogg, A. T. Craig, and J. W. McKean, *Introduction to Mathematical Statistics*, 6th ed. (Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2005).

V. ANEXOS

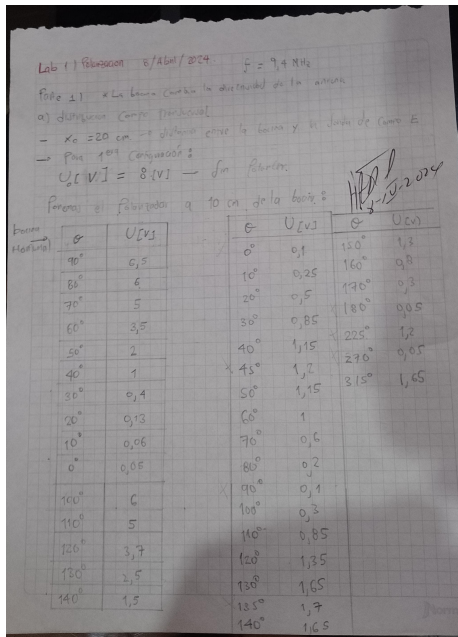


Figura 5. Hoja de trabajo 1

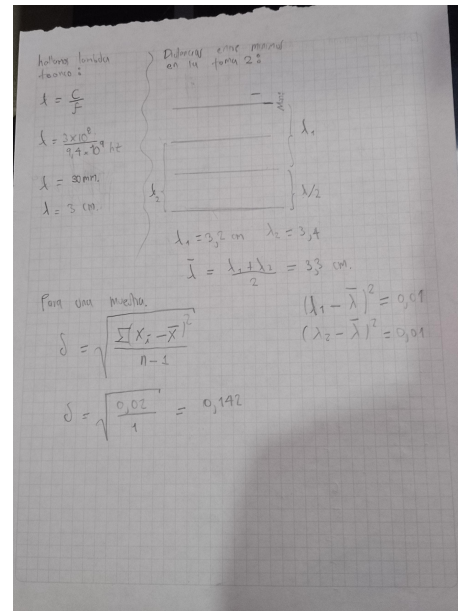


Figura 6. Hoja de trabajo 1

Archivo COLAB del código elaborado en PYTHON para el desarrollo de las curvas de resonancia