

Determinación experimental de la constante dieléctrica del aire, vidrio y plástico en un capacitor de placas paralelas

Experimental determination of the dielectric constant of air, glass and plastic in a parallel plate capacitor

 Sebastián Guerrero Noboa ^{1*},  Jonathan Sánchez Jacome ²,  Ricardo Defas Brucil ³

¹ Universidad Central del Ecuador, Centro de Física. Quito, Ecuador. E-mail: saguerreiro@uce.edu.ec

² Universidad Central del Ecuador, Centro de Física. Quito, Ecuador. E-mail: jsanchez@uce.edu.ec

³ Universidad Central del Ecuador, Centro de Física. Quito, Ecuador. E-mail: rddefas@uce.edu.ec

Recibido 10 de octubre de 2025; aceptado 13 de noviembre de 2025; publicado 04 de diciembre de 2025

Resumen

El presente artículo determina experimentalmente la constante dieléctrica de aire, plástico y vidrio mediante la medición de carga inducida y el voltaje aplicado en un capacitor de placas paralelas. El estudio permite evaluar cómo la presencia de distintos materiales dieléctricos entre las placas influye en la capacitancia del capacitor.

Experimentalmente se obtuvieron valores de la constante dieléctrica relativa de aproximadamente 1,0 para el aire, 2,94 para el plástico y 8,05 para el vidrio. Estos resultados muestran que la capacitancia del capacitor aumenta con el uso de materiales dieléctricos de mayor permitividad, coincidiendo con el comportamiento teórico esperado. Los errores porcentuales calculados respecto a los valores teóricos fueron menores al 6 %, lo que valida la precisión del montaje y la metodología empleada para este experimento.

Palabras clave: Constante dieléctrica, capacitancia, permitividad del vacío, capacitor de placas paralelas, dieléctrico.

Abstract

The present article experimentally determines the dielectric constant of air, plastic, and glass by measuring the induced charge and the applied voltage in a parallel-plate capacitor. The study makes it possible to evaluate how the presence of different dielectric materials between the plates influences the capacitance of the capacitor.

Experimental results yielded relative dielectric constant values of approximately 1.0 for air, 2.94 for plastic, and 8.05 for glass. These results show that the capacitance of the capacitor increases when using dielectric materials with higher permittivity, in agreement with the expected theoretical behavior. The percentage errors calculated with respect to the theoretical values were below 6%, validating the accuracy of the setup and the methodology used in this experiment.

Keywords: Dielectric constant, capacitance, permittivity of vacuum, parallel plate capacitor, dielectric.

* Autor de correspondencia: saguerreiro@uce.edu.ec



Este artículo está publicado bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)

1. INTRODUCCIÓN

Tal como se muestra en la Figura 1, un capacitor de placas paralelas es un dispositivo compuesto por dos placas conductoras separadas por una distancia pequeña y por un material aislante llamado dieléctrico. Cuando se conecta a una fuente de voltaje, una de las placas adquiere carga positiva y la otra carga negativa, generando entre ambas una región donde se almacena energía eléctrica en forma de campo eléctrico, E (Instituto Nacional de Educación Tecnológica, 2020).

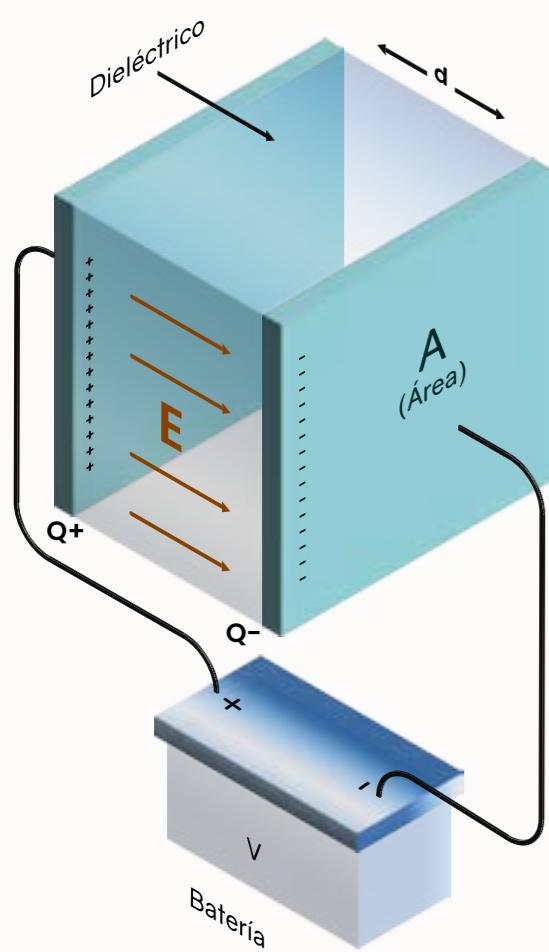


Figura 1: Esquema de un capacitor de placas paralelas con placas idénticas (de área A) separadas por una distancia d (Fuente propia). La presencia de cargas opuestas en las placas genera un campo eléctrico en el espacio intermedio.

Este campo eléctrico (E) es prácticamente uniforme entre las placas del capacitor, apunta de la placa positiva a la negativa, y su intensidad depende directamente del voltaje (V) aplicado y de la distancia (d) que las separa: a mayor voltaje o menor separación, el campo se vuelve más

intenso (OpenStax, 2024). Matemáticamente, se puede expresar como:

$$E = \frac{V}{d} \quad (1)$$

Una de las propiedades clave de un capacitor es la **capacitancia**, que describe cuánta energía eléctrica puede almacenar y se mide en faradios (F). Este parámetro depende de tres aspectos fundamentales: la distancia entre las placas (d), el área efectiva de las placas (A) y el tipo de material colocado entre ellas (Melo et al., 2024). Matemáticamente, la capacitancia de un capacitor de placas paralelas se expresa como:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d} \quad (2)$$

Donde:

C : Capacitancia en faradios (F)

ϵ_0 : Permitividad del espacio libre ($8.854 \times 10^{-12} F/m$)

ϵ_r : Permitividad relativa (o constante dieléctrica) del material entre las placas.

A : Área de cada placa.

d : Distancia de separación entre placas.

Como se observa, la capacitancia aumenta si las placas son más grandes, si se encuentran más próximas entre sí o si el material situado entre ellas posee una mayor constante dieléctrica.

El término ϵ_r hace referencia al material **dieléctrico** que se coloca entre las placas. Este cumple un doble propósito: evitar el contacto directo entre las placas (lo cual previene cortocircuitos y contribuye a la estabilidad mecánica del sistema) y aumentar la capacitancia, permitiendo que el capacitor almacene más carga para un mismo voltaje. Los dieléctricos pueden presentarse en diferentes estados: sólidos como el papel o el plástico, gaseosos como el aire, o líquidos como el agua

(Rogers, 2022).

El parámetro más relevante para caracterizar un dieléctrico es su **constante dieléctrica (ϵ_r)**, la cual indica cuánto aumenta la capacidad de un capacitor para almacenar energía eléctrica en comparación con el vacío. Por ejemplo, un material con una constante dieléctrica igual a cinco permite que el capacitor almacene cinco veces más energía que si no hubiera dieléctrico entre sus placas. Este aumento se debe a la capacidad del material para polarizarse en presencia del campo eléctrico, lo que incrementa la energía almacenada en el capacitor (Tipler, 1992, p. 546)

En este contexto, el presente estudio analiza cómo la inserción de distintos materiales, como plástico y vidrio, en un capacitor de placas paralelas modifica y aumenta su capacitancia. A partir de las propiedades geométricas del capacitor (área y separación entre placas) y de las mediciones experimentales, se determina la constante dieléctrica de cada material y se comparan los resultados obtenidos con los valores teóricos reportados en la literatura.

2. MATERIALES Y EQUIPO

Para la realización de la práctica experimental se utilizaron materiales y equipos que permiten estudiar la influencia de distintos dieléctricos en un capacitor de placas paralelas. Estos instrumentos, que se muestran en la Figura 2, forman parte del sistema de medición de la empresa PHYWE y se detallan a continuación:

1. *Capacitor de placas paralelas*: dispositivo que consta de dos placas conductoras circulares separadas por una distancia ajustable, donde se inserta el material dieléctrico. Las características son:
 - Distancia entre placas: 0 ... 70 mm.
 - Diámetro de la placa: 260 mm.
 - Espesor de la placa: 6 mm.
2. *Capacitor de referencia (220 nF / 250 V)*: se utiliza para determinar indirectamente la carga almacenada en el capacitor de placas

paralelas mediante la relación de voltajes.

3. *Fuente de alto voltaje (0-10 kV)*: provee el voltaje necesario para generar el campo eléctrico entre las placas del capacitor.
4. *Resistencia de 10 MΩ*: Su función principal es limitar la corriente de carga que fluye hacia el capacitor de placas paralelas, evitando descargas bruscas.
5. *Amplificador de medición universal*: permite registrar con precisión el voltaje inducido en el capacitor de referencia, amplificando señales débiles sin alterar la medición.
6. *Voltímetro DC (0-300 V)*: instrumento de medición empleado para registrar el voltaje en el capacitor de referencia.
7. *Placa de plástico*: actúa como dieléctrico sólido, cuya permitividad se evalúa experimentalmente al ser insertada entre las placas. Sus dimensiones son 283 x 283 x 10 mm.
8. *Placa de vidrio conductora*: material dieléctrico que se utiliza para comparar su constante dieléctrica con la del plástico y el aire. Sus dimensiones son 300 x 300 x 10 mm.



Figura 2: Montaje del equipo experimental para la medición de la constante dieléctrica del aire, plástico y vidrio. Se indican los principales componentes del sistema: (1) Capacitor de placas paralelas, (2) capacitor de referencia, (3) fuente de alto voltaje, (4) Resistencia de 10 MΩ, (5) amplificador universal de medición, (6) multímetro, (7) placa de plástico y (8) placa de vidrio (PHYWE, 2025).

3. PROCEDIMIENTO

En este estudio experimental se montó un capacitor de placas paralelas con el propósito de medir la carga inducida en las placas (Q) y el voltaje aplicado (V) bajo distintas configuraciones: inicialmente con aire como dieléctrico, manteniendo fija la separación entre placas, y posteriormente intercalando materiales dieléctricos como plástico y vidrio. La carga almacenada (Q) se determinó de forma indirecta mediante la medición del voltaje inducido en un capacitor de referencia de 220 nF , conectado según el esquema presentado en la Figura 2.

3.1 Montaje y procedimiento experimental

El esquema general de conexión eléctrica del equipo experimental puede observarse en la Figura 3.

Inicialmente, para el aire, las placas del capacitor se colocaron a una distancia d fija de 10 mm. Esta distancia se eligió intencionalmente pequeña para asegurar que el campo eléctrico entre las placas sea uniforme (homogéneo), de manera que la ecuación (2) sea válida.

El experimento se llevó a cabo utilizando el capacitor de placas paralelas conectado a una fuente de alto voltaje a través de una resistencia de protección de $10\text{ M}\Omega$. Como se observa en la Figura 3, tanto la fuente de voltaje, el capacitor de placas paralelas y el capacitor de referencia (220 nF) están conectados sobre el mismo terminal de tierra. Para el aire se aplicaron voltajes de 500 V, 1000 V, 1500 V y 2000 V, respectivamente.

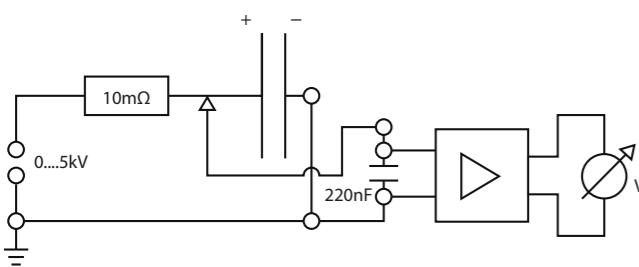


Figura 3: Esquema general de conexión eléctrica del equipo experimental usado para medir la constante dieléctrica de un material colocado en medio de las placas de un capacitor de placas paralelas (PHYWE, 2025).

El sistema incorporó el capacitor de referencia de 220 nF y el amplificador de medición universal, empleados para determinar de forma indirecta la carga almacenada (Q) en las placas del capacitor a partir del voltaje inducido (V_{ref}) en dicho capacitor de referencia.

A partir de ese voltaje medido (V_{ref}) se calculó la carga almacenada utilizando la relación:

$$Q = 220\text{ nF} \times V_{ref} \quad (3)$$

Donde:

Q : Carga almacenada.

V_{ref} : Voltaje medido en el capacitor de referencia de 200 nF .

El mismo procedimiento se repitió colocando sucesivamente una lámina de plástico y luego una placa de vidrio entre las placas del capacitor de placas paralelas, cuidando que el material quedara centrado y sin espacios de aire.

4. RESULTADOS

Los resultados experimentales obtenidos se presentan en la Tabla 1, donde se observa que la carga almacenada en el capacitor aumenta proporcionalmente con el voltaje aplicado. Esta relación confirma el comportamiento lineal esperado entre Q y V para un capacitor, y sirve como base para el cálculo posterior de la capacitancia en cada material.

Tabla 1

Carga medida en un capacitor de placas paralelas con distintos materiales dieléctricos, al aplicarse voltajes de 500 a 2000 V.

Voltaje aplicado (V)	Q (nC) Aire	Q (nC) Plástico	Q (nC) Vidrio
500	0.90	2.60	7.30
1000	1.80	5.20	14.50
1500	2.70	7.90	21.80
2000	3.60	10.50	29.00

$$C_{material} = \frac{Q}{V} \quad (4)$$

Posteriormente, se determina la **constante dieléctrica relativa (ϵ_r)** mediante la comparación de la capacitancia de cada material con la del aire, de acuerdo con la expresión:

$$\epsilon_r = \frac{C_{material}}{C_{aire}} \quad (5)$$

Donde:

$C_{material}$: Capacitancia del material.

C_{aire} : Capacitancia con aire entre las placas.

Estos valores permitieron cuantificar cómo la presencia de distintos dieléctricos modifica la capacidad del capacitor para almacenar energía eléctrica. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2

Cálculo de la capacitancia y constante dieléctrica relativa

Material	Capacitancia promedio C (pF)	Constante dieléctrica relativa ϵ_r
Aire	1.80	1.00
Plástico	5.30	2.94
Vidrio	14.50	8.05

Nota: Los datos corresponden al cálculo de la capacitancia y constante dieléctrica relativa

Con el fin de evaluar la precisión de los resultados obtenidos, se calculó el porcentaje de error de la constante dieléctrica relativa para cada material.

El valor teórico de la constante dieléctrica se encuentra como referencia reportada por la Phywe (PHYWE, 2025).

Este cálculo permitió estimar el grado de concordancia entre los resultados experimentales y los valores esperados para el aire, plástico y vidrio, tal como se muestra en la

Tabla 3
Cálculo del porcentaje de error de la constante dieléctrica relativa

Material	Teórico	Experimental	Error (%)
Aire	1.00	1.00	0.00 %
Plástico	3.00	2.94	2.00 %
Vidrio	8.50	8.05	5.29 %

Tabla 3.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados experimentales muestran una clara relación entre el tipo de material dieléctrico y la capacitancia del capacitor. En la Tabla 1 se observa que la carga almacenada aumenta proporcionalmente con el voltaje aplicado, mientras que en la Tabla 2 se presenta la capacitancia calculada para cada material, evidenciando que el plástico y el vidrio incrementan la capacidad de almacenamiento de energía eléctrica en comparación con el aire.

Finalmente, los porcentajes de error presentados en la Tabla 3 fueron menores al 6%, lo que indica una buena precisión en las mediciones y valida la efectividad del procedimiento empleado. Estos resultados evidencian la correcta aplicación de los principios electrostáticos y demuestran que el método utilizado es confiable para determinar la constante dieléctrica de distintos materiales.

6. APlicaciones

El estudio de la constante dieléctrica tiene amplias aplicaciones en el ámbito científico y tecnológico. Los capacidores con materiales dieléctricos se emplean en sistemas electrónicos, circuitos de almacenamiento de energía, filtros, sensores capacitivos y dispositivos de protección eléctrica. Comprender cómo la permitividad de un material afecta la capacitancia permite optimizar el diseño de equipos de alta precisión, mejorar la eficiencia energética y desarrollar nuevos aislantes eléctricos.

Los resultados de este experimento son aplicables en el diseño de capacitores, sensores capacitivos y sistemas de almacenamiento de energía, donde el conocimiento de la constante dieléctrica permite seleccionar materiales adecuados para cada aplicación electrónica o eléctrica.

7. CONCLUSIONES

Los resultados experimentales confirmaron que el uso de materiales dieléctricos entre las placas de un capacitor incrementa su capacitancia. Se comprobó que el vidrio presenta la constante dieléctrica más alta seguido por el plástico y el aire.

Los porcentajes de error obtenidos menores al 6% demuestran la precisión del método experimental, validando la eficacia del procedimiento basado en la medición indirecta de la carga mediante un capacitor de referencia (**220 nF**). Esto evidencia que el experimento constituye un método confiable para determinar la constante dieléctrica de diferentes materiales y comprender su efecto en la capacitancia.

Los resultados experimentales obtenidos en esta práctica poseen un valor formativo significativo, ya que permite verificar de manera experimental los principios de la electrostática y familiarizar al estudiante con el manejo seguro de fuentes de alto voltaje y equipos de medición. De esta forma, se fortalece la relación entre teoría y práctica en la enseñanza de la física y la ingeniería, consolidando habilidades técnicas y de análisis experimental.

Además de los resultados físicos obtenidos, este trabajo permitió elaborar una hoja guía de laboratorio basada en los procedimientos y resultados experimentales, la cual facilitará que los estudiantes repliquen el experimento con mayor precisión y seguridad. Este producto, que se presenta como anexo a este artículo, complementa el valor educativo de la práctica, promoviendo el aprendizaje autónomo, el uso adecuado de instrumentos de medición

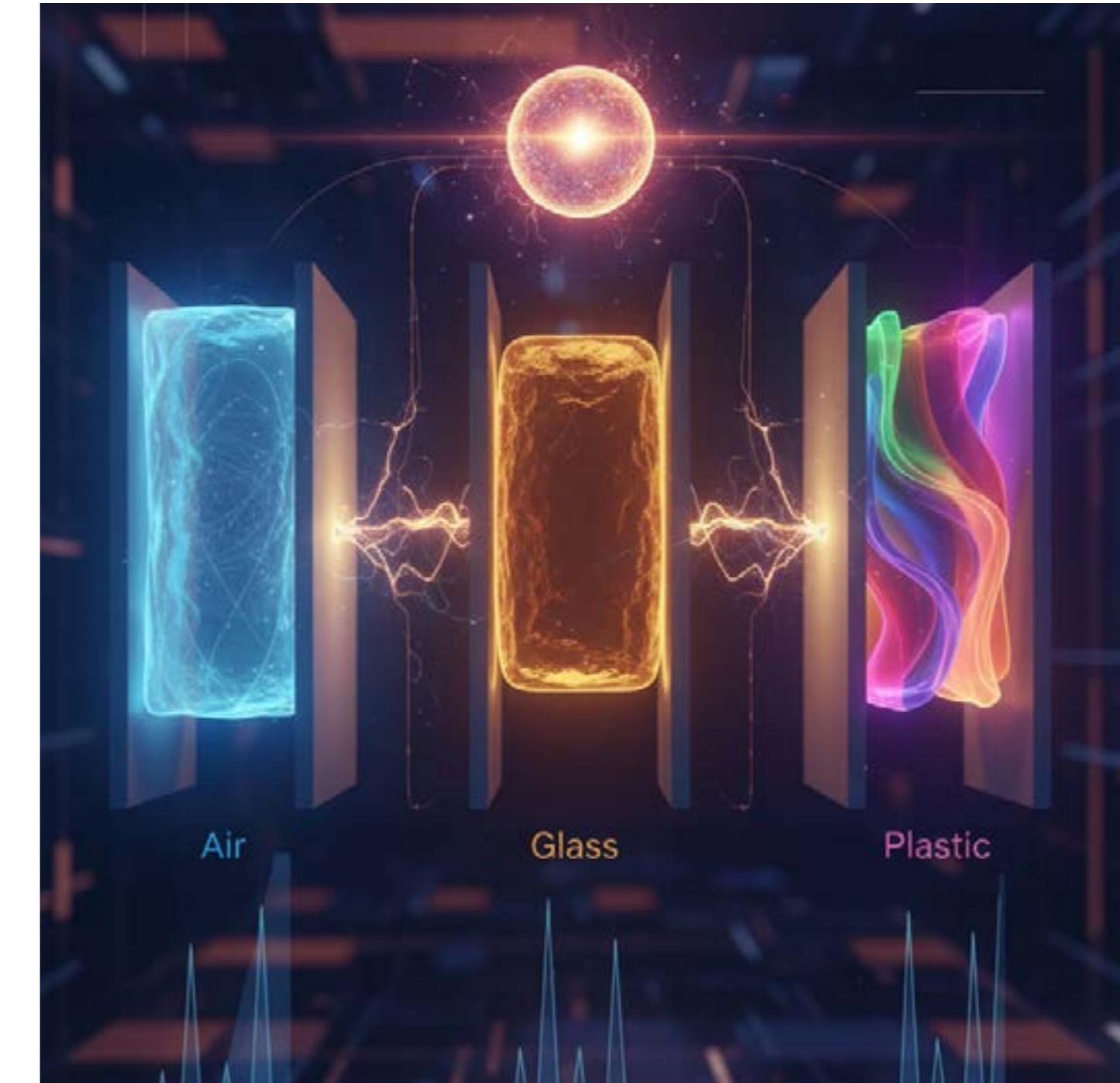
y la comprensión aplicada de los materiales dieléctricos en la física experimental.

8. REFERENCIAS

- Instituto Nacional de Educación Tecnológica. (2020). Guía de estudio 4: Capacitancia [PDF]. https://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2020/07/ELECTRONICA_Gu-a04-Capacitancia.pdf
- Melo Mondragón, G., Doria Andrade, J. G., & Melo Londoño, S. (2024). Medición de la constante dieléctrica del papel y vidrio en capacitores. *Publicaciones e Investigación*, 18(1). <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/7794/7191>
- OpenStax. (2024). 7.2: Capacitors and Capacitance. In *Electricity and Magnetism with Applications to Amateur Radio and Wireless Technology*. LibreTexts. https://phys.libretexts.org/Courses/Kettering_University/Electricity_and_Magnetism_with_Applications_to_Amateur_Radio_and_Wireless_Technology/07%3A_Capacitance/7.02%3A_Capacitors_and_Capacitance
- PHYWE Systeme GmbH. (2025). Dielectric constant of different materials (Item No. P2420600) [Manual de experimento]. https://phywe-itemservice.s3.eu-central-1.amazonaws.com/sites/DMS-Phywe/PROD/de-DE/item/phy_itemtestinstruction/P2/P2420600/P2420600_es.pdf
- Rogers, C. W. (2022). Insulators and dielectrics. EBSCO Research Starters. <https://www.ebsco.com/research-starters/science/insulators-and-dielectrics> EBSCO
- Tipler, P. A. (1992). Física preuniversitaria. Volumen II (p. 546). Editorial Reverté. https://books.google.com.ec/books/edition/F%C3%ADsica_preuniversitaria_II/7Z-IWpWaP9QC2hl=es-419&gbpv=1&dq=que+es+un+diel%C3%A9ctrico&pg=PA546&printsec=frontcover

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES (SEGÚN CReditT):

- MSc. Sebastián Guerrero: Curación de datos, análisis formal, redacción – borrador original.
- MSc. Jonathan Sánchez: Investigación, metodología, validación, supervisión.
- MSc. Ricardo Defas: redacción – revisión y edición, visualización.



INFORMACIÓN DE LA REVISTA

Praxis

Revista del Centro de Física-UCE

<https://revistasdivulgacion.uce.edu.ec/index.php/>
e-ISSN : 3103-1323

Periodicidad: Cuatrimestral

Edición: Núm. 8, diciembre 2025

e-mail: revista.praxis@uce.edu.ec