



**UNIVERSIDAD  
DE GRANADA**

---

Facultad de Ciencias

GRADO EN INGENIERÍA  
ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE GRADO

**Caracterización  
eléctrica de materiales  
bidimensionales**

Presentado por:

**D. Pablo González Pérez**

Tutor:

**Prof. Francisco Jesús Gámiz Pérez**

Curso académico 2022/2023

# Resumen

## Caracterización eléctrica de materiales bidimensionales

**Palabras clave:** grafeno, biosensor, caracterización eléctrica, TCAD, punto de Dirac, GFET

### Resumen:

El grafeno es un material bidimensional que está emergiendo en los últimos años y ha llamado la atención de la comunidad científica y tecnológica debido a sus propiedades únicas y excepcionales que lo convierten en un material idílico y nunca visto, perfecto para el sector de electrónica y sus aplicaciones a biosensores.

Una de las aplicaciones más prometedoras es la utilización de transistores de efecto de campo de grafeno (GFET) como sensores altamente sensibles y selectivos. Estos, son una variante de los tradicionales transistores de efecto de campo (MOSFET), pero que aprovechan las propiedades únicas del grafeno como canal conductor entre drenador y fuente. Al funcionalizar la superficie del grafeno con anticuerpos específicos, es posible lograr una selectividad excepcional en la detección de biomarcadores, es decir, al unirse el virus que los complementa cambiará la carga eléctrica en la superficie del grafeno, y por tanto se verá reflejado en un desplazamiento del punto de Dirac (mínimo de la función característica  $ID/V_G$  del MOSFET).

Una vez fabricado el dispositivo GFET funcionalizado, se hace necesario un análisis detallado para comprender y optimizar su comportamiento para poder desarrollar un preciso biosensor. En esto consistirá la caracterización eléctrica del dispositivo que dependerá del estudio del desplazamiento del punto de Dirac. Este variará según parámetros que han de ser ajustados y medidos, como la cantidad de anticuerpos en la superficie del grafeno, el número de enlaces anticuerpo-virus producidos y las características de calidad y homogeneidad del propio grafeno.

En este TFG, para el diseño y la caracterización eléctrica del BioGFET, se considera la herramienta de simulación TCAD (Diseño Asistido por Tecnología Computacional). El uso de herramientas de simulación para estos estudios aporta grandes ventajas como la de ahorro de costes y recursos de laboratorio, reduce el tiempo de medida, al mismo tiempo que brinda información con bastante precisión sobre el funcionamiento del mismo consiguiendo mejoras en el diseño, el rendimiento y la confiabilidad del dispositivo. Así, se ha realizado un estudio del dispositivo modelado en el cual se tienen en cuenta los factores de variabilidad mencionados anteriormente, con el objetivo de obtener una precisa caracterización del biosensor.

# Abstract

## Electrical characterization of two-dimensional materials

**Keywords:** graphene, biosensor, electrical characterization, TCAD, Dirac point, GFET

### Abstract:

Graphene is a two-dimensional material that is emerging in recent years and has caught the attention of the scientific and technological community due to its unique and exceptional properties that make it an idyllic material and never seen before, perfect for the electronics industry and its biosensor applications.

One of the most promising applications is the use of graphene field effect transistors (GFET) as highly sensitive and selective sensors. These are a variant of traditional field effect transistors (MOSFET), but they take advantage of the unique properties of graphene as a conduit between drain and source. By functionalizing the graphene surface with specific antibodies, it is possible to achieve exceptional selectivity in the detection of biomarkers, that is, by binding the supplementing virus it will change the electrical charge on the graphene surface, and will therefore be reflected in a shift of the Dirac point (minimum of the characteristic  $I_D/V_G$  function of the MOSFET).

Once the functionalized GFET device is manufactured, a detailed analysis is necessary to understand and optimize its behavior to develop a precise biosensor. This will consist of the electrical characterization of the device that will depend on the study of the displacement of the Dirac point. This will vary according to parameters to be adjusted and measured, such as the quantity of antibodies on the graphene surface, the number of antibody-virus bonds produced and the quality and homogeneity characteristics of the graphene itself.

In this TFG, for the design and electrical characterization of the BioGFET, the TCAD (Computer Technology Assisted Design) simulation tool is considered. The use of simulation tools for these studies brings great advantages such as cost savings and laboratory resources, reduces measurement time, while providing fairly accurate information about the operation of the device, resulting in improvements in the design, performance and reliability of the device. Thus, a study of the modeled device has been carried out in which the variability factors mentioned above are taken into account, with the aim of obtaining a precise characterization of the biosensor.