

PROYECTO INTERNO SIN FINANCIAMIENTO PII-DMT-01-2018

"Modificación de la conductividad eléctrica de tinta comercial para impresión inkjet utilizando nanotubos de carbono"

En la ciudad de Quito D.M., a los veintiún días del mes de febrero del año dos mil veinte, comparecen a la celebración de la presente Acta de Finalización del Proyecto Interno Sin financiamiento **PII-DMT-01-2018: "Modificación de la conductividad eléctrica de tinta comercial para impresión inkjet utilizando nanotubos de carbono"**, por una parte, la **Dra. Alexandra Patricia Alvarado Cevallos** en calidad de **Vicerrectora de Investigación, Innovación y Vinculación** de la Escuela Politécnica Nacional, y por otra el **M.Sc. Luis Fernando Pantoja Suárez** en calidad de **Director del Proyecto Interno sin financiamiento PII-DMT-01-2018**, al tenor de lo siguiente:

1. ANTECEDENTES:

- a) Mediante memorando EPN-DMT-2018-0148-M del 23 de febrero de 2018, el M.Sc. Fausto Oviedo, Jefe del Departamento de Materiales solicita la asignación de código y registro del proyecto titulado *"Modificación de la conductividad eléctrica de tinta comercial para impresión inkjet utilizando nanotubos de carbono"*, presentado por el M.Sc. Luis Pantoja.
- b) Mediante Memorando Nro. EPN-VIPS-2018-0612-M del 19 de marzo del 2018, el Vicerrectorado de Investigación y Proyección Social, notifica que se ha codificado y registrado el proyecto de investigación interno sin financiamiento o autogestionado presentado por el M.Sc. Luis Fernando Pantoja Suárez, y se indica que la fecha de inicio del proyecto es el 19 de marzo de 2018.

2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO:

Código de Proyecto	PII-DMT-01-2018
Nombre del Proyecto	<i>Modificación de la conductividad eléctrica de tinta comercial para impresión inkjet utilizando nanotubos de carbono.</i>
Director del Proyecto	Luis Fernando Pantoja Suárez
Colaboradores del Proyecto	Luis Felipe Urquiza Aguilar Enric Bertran Serra (Externo) Carlos Efrén Hernández Chulde (Externo)
Departamento	Departamento de Materiales
Líneas de Investigación	Materiales compuestos y nanoestructurados
Objetivo	<i>Modificar la conductividad eléctrica de tinta comercial para impresión inkjet utilizando nanotubos de carbono.</i>
Duración del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Inicio: 19 de marzo del 2018 • Fecha de fin planeada: 18 de marzo de 2019 • Fecha fin prórroga: 18 de septiembre del 2019 • Duración total: 18 meses
Entrega del Informe Final	15 de noviembre de 2019

3. INFORME FINAL:

Mediante Memorando Nro. EPN-DMT-2019-1332-M del 15 de noviembre de 2019, el M.Sc. Luis Fernando Pantoja Suárez, Director del Proyecto Interno PII-DMT-01-2018, presenta el Informe Final



del proyecto, el cual es revisado por la Dirección de Investigación, se anexa y forma parte integrante de la presente Acta de Finalización, cuyas conclusiones y productos generados son:

CONCLUSIONES:

- Se ha logrado cumplir parcialmente el objetivo general de la propuesta, el cual contempla la modificación de la conductividad eléctrica de tinta comercial para impresión inkjet utilizando nanotubos de carbono (NTC) y la obtención de patrones para medidas Van der Pauw. La resistencia eléctrica de tinta comercial para impresión inkjet fue satisfactoriamente reducida. La adición de NTC de una pared y multipared con grupos funcionales carboxílicos permitió disminuir la resistencia por cuadro (R.) de los patrones hasta en cuatro órdenes de magnitud. Sin embargo, los patrones necesarios para realizar las pruebas de resistencia por el método Van der Pauw no fueron obtenidos utilizando una impresora inkjet. El método alternativo para obtener los patrones fue depositar, a mano alzada, la tinta modificada con NTC. La tinta correctora de bolígrafos correctores fue reemplazada por la tinta con NTC. Los patrones así obtenidos, aunque no presentaron una geometría uniforme, fueron suficientes para conocer la influencia de los NTC sobre la conductividad de la tinta para impresión inkjet.
- La conductividad de la tinta mejoró por la inclusión de NTC en su composición. Aunque los valores de conductividad no son equiparables con los valores que presentan capas delgadas de metal, son suficientes para realizar patrones útiles para ciertos depósitos (sensores, calefactores, micro superconductores, etc.). Es importante remarcar la flexibilidad que los patrones impresos sobre papel fotográfico y papel cartulina presentan. Esa característica juega un papel clave en este tipo de tecnología, sobre todo desde el auge del internet de las cosas. Por lo observado durante la realización del proyecto, los patrones obtenidos a partir de tinta con NTC multipared sobre cartulina presentan mejor tolerancia a ciclos doblados. Muy probablemente esto se debe a las características geométricas de los NTC multipared y a la morfología de la cartulina. El límite de percolación para la tinta con NTC multipared fue de aproximadamente 1% en peso. Es decir, que esa concentración es suficiente para modificar drásticamente las propiedades eléctricas de la tinta para impresión inkjet.
- La caracterización morfológica, a través del microscopio electrónico de barrido y a través de la caracterización Raman permitió confirmar la presencia de los NTC en los patrones obtenidos a partir de la tinta inkjet modificada. Es interesante mencionar que la formulación de la tinta presenta pigmento de color negro tipo "black carbón". Esto se constató al realizar la caracterización Raman de los patrones sobre papel cartulina y fotográfico obtenidos a partir de la tinta sin modificación. En el espectro Raman se observa dos picos anchos e intensos que corresponden a la banda D ($\sim 1349 \text{ cm}^{-1}$, relacionada con los defectos) y a la banda G ($\sim 15954 \text{ cm}^{-1}$, relacionada con la naturaleza gráfica de los pigmentos). El espectro Raman de la tinta con NTC, aunque presenta las mismas bandas, se diferencia en el sentido de que a partir de $\sim 1700 \text{ cm}^{-1}$ no se observan más modos de vibración. Además, el método Van der Pauw confirmó que la inclusión de los NTC cambió la conductividad de la tinta.
- La tinta sin NTC permitió la caracterización con microscopio electrónico de barrido de la superficie de papel cartulina y fotográfico. El pigmento utilizado para la formulación de la tinta es un material basado en carbono, que, aunque disperso en el sustrato no proporciona una alta conductividad (por baja percolación), es suficiente para permitir estudiar la morfología de las fibras celulosas del papel o la superficie plana del papel fotográfico recubierta con una fina capa de óxido de titanio. Este hecho fue contrastado durante el uso del microscopio electrónico del barrido. Al intentar estudiar zonas de papel sin tinta, en las imágenes que se

obtuvieron no presentaban ningún contraste. Por el contrario, en las zonas de papel recubiertas con capas de tinta sin modificar, si se obtuvo contraste.

PRODUCTOS:

- Artículo publicado: *Modificación de la conductividad eléctrica de tinta comercial para impresión inkjet utilizando nanotubos de carbono multipared*; Pantoja, F., Urquiza, L., Hernández, C. y Bertran, E; *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información - RITI* ISSN: 2387-0893 (Latindex); diciembre 2019. DOI: <https://doi.org/10.36825/RITI.07.14.024>.
- Presentación a la comunidad politécnica - Exposición: "*Modificación de la conductividad eléctrica de tinta comercial para impresión inkjet utilizando nanotubos de carbono multipared*"; Pantoja Luis Fernando; 7 de noviembre del 2019; Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional.
- Artículo en formato de la revista Politécnica: "*Modificación de la conductividad eléctrica de tinta comercial para impresión inkjet utilizando nanotubos de carbono multipared*"; Pantoja, F.; Urquiza, L.; Hernández, C. y Bertran, E.

4. LIQUIDACIÓN ECONÓMICA:

El proyecto Interno PII-DMT-01-2018 no conto con asignación presupuestaria.

5. FINALIZACIÓN:

Con la presente Acta se declara finalizado y cerrado el Proyecto Interno sin financiamiento o autogestionado PII-DMT-01-2018: "*Modificación de la conductividad eléctrica de tinta comercial para impresión inkjet utilizando nanotubos de carbono*".

Para constancia de lo ejecutado y por estar de acuerdo con el contenido de la presente Acta, las partes libre y voluntariamente suscriben la misma, en tres ejemplares de igual contenido, tenor y valor legal.

Dado en la ciudad de Quito, D.M. a los veintiún días del mes de febrero del año dos mil veinte.




Dra. Alexandra Alvarado
Vicerrectora de Investigación,
Innovación y Vinculación

ms/cr



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,
INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN



M.Sc. Luis Fernando Pantoja Suárez
Director del Proyecto
PII-DMT-01-2018

Recibido

27/02/2020

Fernando Pantoja

Página 3 de 3