

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTERNO SIN FINANCIAMIENTO PII-DEE-2021-02**  
***"Diseño de controladores híbridos-inteligentes para amortiguar oscilaciones de baja frecuencia en tiempo real, utilizando descomposición de la señal, inteligencia artificial y el método del residuo."***

En la ciudad de Quito D.M., a los veinte días del mes de septiembre del año dos mil veintidós, comparecen a la celebración de la presente Acta de Finalización del Proyecto de Investigación Interno Sin Financiamiento PII-DEE-2021-02 ***"Diseño de controladores híbridos-inteligentes para amortiguar oscilaciones de baja frecuencia en tiempo real, utilizando descomposición de la señal, inteligencia artificial y el método del residuo"***, 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 ***Dr. Carlos Fabián Gallardo Quingatuña*** en calidad de ***Director del Proyecto de Investigación Interno sin financiamiento PII-DEE-2021-02***, al tenor de lo siguiente:

**1. ANTECEDENTES:**

- a) Mediante Memorando EPN-DEE-2021-0018-0 del 3 de marzo de 2021, el Dr. Carlos Gallardo, profesor del Departamento de Energía Eléctrica solicita al Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Vinculación la aprobación del proyecto de investigación interno sin financiamiento titulado: ***"Diseño de controladores híbridos-inteligentes para amortiguar oscilaciones de baja frecuencia en tiempo real, utilizando descomposición de la señal, inteligencia artificial y el método del residuo"***.
- b) El Consejo de Investigación, Innovación y Vinculación, en sesión ordinaria del 13 de abril de 2021, mediante Resolución RCIV-069-2021 aprobó el Informe DI-IPII-CIIV-2020-03; entre los proyectos aprobados en el informe se encuentra el proyecto ***"Diseño de controladores híbridos-inteligentes para amortiguar oscilaciones de baja frecuencia en tiempo real, utilizando descomposición de la señal, inteligencia artificial y el método del residuo"***, propuesto por el Dr. Carlos Gallardo.
- c) Mediante Memorando EPN-DI-2021-0286-M del 22 de abril de 2021, la Dirección de Investigación notifica al Jefe del Departamento de Energía Eléctrica, la aprobación del proyecto de investigación interno sin financiamiento con código PII-DEE-2021-02, con fecha de inicio 21 de abril de 2021 y fecha de finalización 20 de abril de 2021.

**2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO:**

<b>Código del proyecto</b>	PII-DEE-2021-02
<b>Título del proyecto</b>	Diseño de controladores híbridos-inteligentes para amortiguar oscilaciones de baja frecuencia en tiempo real, utilizando descomposición de la señal, inteligencia artificial y el método del residuo.
<b>Director</b>	GALLARDO QUINGATUÑA CARLOS FABIAN
<b>Colaborador</b>	SORIA COLINA MAURICIO SANTIAGO
<b>Unidad ejecutora</b>	DEPARTAMENTO DE ENERGIA ELECTRICA
<b>Línea de investigación</b>	- ESTUDIOS DE SEP EN ESTADO ESTABLE Y DINAMICO, CONFIABILIDAD
<b>Objetivo</b>	Desarrollar una metodología híbrida que permita coordinar controladores de potencia utilizando técnicas heurísticas basadas en simulaciones, y que son corregidas en tiempo real utilizando descomposición de la señal obtenida de la tecnología de medición sincrofasorial y el método del residuo, a fin de amortiguar las oscilaciones correspondientes a la estabilidad oscilatoria en el dominio de la frecuencia y estabilidad transitoria en el dominio en el tiempo.
<b>Duración del proyecto</b>	-Fecha de Inicio: 2021-04-21 -Fecha de Fin Planeada:2022-04-20 -Fecha de Fin Real:2022-04-20 -Duración total:12 meses
<b>Presupuesto asignado</b>	\$ 0,00 USD
<b>Entrega del Informe Final</b>	15 de julio de 2022



### 3. INFORME FINAL:

Mediante Memorando Nro. EPN-DEE-2022-0960-M del 15 de julio de 2022, el Dr. Carlos Gallardo, Director del proyecto de investigación interno sin financiamiento PII-DEE-2021-02 presenta el Informe Final del proyecto que dirige. La información es recibida y revisada por la Dirección de Investigación, se anexa a la presente acta y forma parte integrante de la misma, cuyas conclusiones y productos generados son:

#### CONCLUSIONES:

- a. La determinación de los generadores que requieren de controladores fue ubicada de forma satisfactoria gracias al uso de los factores de participación y residuos asociados a la variable velocidad. Esto ha permitido encontrar aquellos generadores que aportan en mayor grado a una posible inestabilidad oscilatoria en el sistema.
- b. Al emplear diferentes métodos se obtiene un rango más amplio de valores de las ganancias de los estabilizadores de potencia que son útiles para diferentes condiciones de operación.
- c. Utilizando las constantes de tiempo de adelanto – atraso obtenidas con los algoritmos heurísticos se desplazan los modos oscilatorios hacia la zona segura de amortiguamiento. Este efecto, también se mejora calculando las ganancias con el método del residuo.
- d. El criterio de selección permite identificar el método que brinda una mayor estabilidad al sistema eléctrico de potencia, tanto para escenarios simulados como reales, para lo cual, se ha considerado como referencia el 5 % como amortiguamiento mínimo requerido
- e. La metodología híbrida planteada genera una mayor robustez en la selección de los parámetros relacionados con las ganancias de los estabilizadores del sistema de potencia
- f. Tanto para el sistema eléctrico New England como para el Sistema Nacional Interconectado del Ecuador el controlador híbrido inteligente mejora notablemente la estabilidad de pequeña señal permitiendo que el modo oscilatorio con menor amortiguamiento sea mayor al 5 %.
- g. Tras el estudio realizado en el sistema New England y en el SNI, al cambiar el punto de operación de mayor demanda a uno de menor demanda no se requiere reajustar los valores de las ganancias y constantes de tiempo, mientras que, al pasar a un escenario de mayor demanda es necesario realizar el ajuste con el método del residuo para llevar los modos oscilatorios del sistema a la zona segura de operación.

#### PRODUCTOS:

- **Publicación enviada:** Desarrollo de una Metodología Híbrida para la Sintonización de Controladores de Potencia para Amortiguar Oscilaciones de Baja Frecuencia de Manera Adaptativa, Utilizando Descomposición de la Señal, Técnicas Heurísticas y el Método del Residuo, Revista Politécnica (Scopus); Benavides, Ramiro; Toapanta Jairo; Soria Mauricio; Gallardo Carlos; Abril 2022.
- **Artículo en Congreso:** Secondary Voltage Control Areas using Hybrid Controllers and Residue Method for Systems with High Penetration Levels of Wind Power"; Carlos Gallardo, Esteban Vaca; Latest Advances in Electrical Engineering and Electronics-Proceedings of JIEE 2021 (SCOPUS); Noviembre 2021.

- **Publicación:** Trend Analysis of Modal Identification based Real-time Power System Oscillations using I1 Trend Filtering; Jose Oscullo, Jaime Cepeda, Carlos Gallardo, Lenin Haro; International Journal of Robotics and Control Systems; ISSN 2775-2658; Mayo 2021
- **Trabajo de Titulación de Ingeniería en Electricidad:** *Desarrollo de una metodología híbrida para la sintonización de controladores de potencia para amortiguar oscilaciones de baja frecuencia de manera adaptativa, utilizando descomposición de la señal, técnicas heurísticas y el método del residuo: desarrollo de una metodología híbrida para la sintonización de estabilizadores de potencia usando los algoritmos de optimización MVMO Y WOA, método de residuo y la descomposición de la señal.;* Ramiro Johao Benavides Encalada; Febrero 2022; <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22418>
- **Trabajo de Titulación de Ingeniería en Electricidad:** *Desarrollo de una metodología híbrida para la sintonización de controladores de potencia para amortiguar oscilaciones de baja frecuencia de manera adaptativa, utilizando descomposición de la señal, técnicas heurísticas y el método del residuo: sintonización de estabilizadores de sistema de potencia mediante una metodología híbrida usando el método del residuo y el algoritmo MVMO.;* Jairo Adrián Toapanta Granizo; Marzo 2022; <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22448>

#### 4. LIQUIDACIÓN ECONÓMICA:

El Proyecto de Investigación Interno sin Financiamiento PII-DEE-2021-02 no contó con asignación presupuestaria.

#### 5. FINALIZACIÓN:

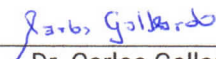
Con la presente Acta se declara finalizado y cerrado el Proyecto de Investigación Interno Sin Financiamiento PII-DEE-2021-02 "Diseño de controladores híbridos-inteligentes para amortiguar oscilaciones de baja frecuencia en tiempo real, utilizando descomposición de la señal, inteligencia artificial y el método del residuo".

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 a los veinte días del mes de septiembre del año dos mil veintidós.



Dra. Alexandra Alvarado  
Vicerrectora de Investigación,  
Innovación y Vinculación



Dr. Carlos Gallardo  
Director del Proyecto  
PII-DEE-2021-02

np/cc

