

Fortaleciendo la colaboración Universidad-Industria con la innovación en transformadores eléctricos

José R. Huerta-Rosales, Juan C. Olivares-Galván, Irvin López-García, Víctor M. Jiménez-Modragón y Felipe de J. González Montañez

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Departamento de Energía, Av. San Pablo Xalpa 180, Col. San Martín Xochinahuac, Alcaldía Azcapotzalco, C.P. 02128, CDMX., jrhr@uam.azc.mx, jolivares@uam.azc.mx, vmjm@uam.azc.mx

Resumen

La colaboración limitada entre la academia y la industria en el sector de los transformadores eléctricos representa un desafío significativo para el desarrollo de soluciones innovadoras que mejoren la eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad de estos dispositivos claves en la transmisión y distribución de energía eléctrica. A nivel global, los investigadores se enfocan en desarrollar técnicas avanzadas de diseño, monitoreo y en la integración de nuevos materiales que optimicen el rendimiento de los transformadores. Con el objetivo de crear un espacio de encuentro y colaboración entre ambos sectores, el Posgrado en Ciencias en Ingeniería Electromagnética de la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco organizó el Primer Congreso de Transformadores Eléctricos en México. Este foro reunió expertos de la industria, académicos y estudiantes, permitiéndoles intercambiar conocimientos y explorar nuevas oportunidades de colaboración. La diversidad de proyectos presentados, tanto nacionales como internacionales destacaron la importancia de crear y fortalecer alianzas para enfrentar los retos tecnológicos actuales y futuros en el sector de los transformadores eléctricos.

Palabras clave— Academia-industria, Congreso, Colaboración, Transformadores.

Strengthening University-Industry collaboration through innovation in power transformers

Abstract

Limited collaboration between academia and industry in the electrical transformer sector represents a significant challenge for developing innovative solutions that improve efficiency, reliability, and sustainability of these key devices in the transmission and distribution of electrical energy. Global researchers are focused on developing advanced design and monitoring techniques and integrating new materials that optimize transformer performance. To create a space for meeting and collaboration between both sectors, the Postgraduate Program in Electromagnetic Engineering at the Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco organized the First Congress of Electrical Transformers in Mexico. This forum brought together industry experts, academics, and students, allowing them to exchange knowledge and explore new collaboration opportunities. The diverse national and international projects highlighted the importance of creating and strengthening these alliances to face current and future technological challenges in the electrical transformer sector.

Keywords— Academia-Industry, Congress, Collaboration, Transformers.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la energía eléctrica es indispensable para el funcionamiento de la mayoría de los equipos y dispositivos que usamos diariamente. Desde la generación hasta la distribución, esta energía pasa por un complejo proceso de transmisión a través de la red eléctrica. Mantener y modernizar esta red es un desafío crucial, impulsando a investigadores de todo el mundo a evaluar y mejorar, tanto la infraestructura, como los componentes clave de este sistema. Entre los elementos más importantes de la red eléctrica se encuentran los transformadores, máquinas eléctricas estáticas esenciales que ajustan los niveles de voltaje para transportar la energía eléctrica de manera eficiente a grandes distancias, por ejemplo, desde las centrales de generación, ubicadas frecuentemente en zonas remotas, hasta los puntos de consumo, donde se adapta a las necesidades específicas de hogares, comercios e industrias. El correcto funcionamiento de los transformadores es fundamental para evitar interrupciones en el suministro

eléctrico. Esta relevancia ha impulsado el desarrollo de nuevas técnicas de monitoreo y diagnóstico para estas máquinas eléctricas que permiten detectar fallas de manera temprana. Asimismo, se han investigado nuevos materiales y diseños que mejoren el rendimiento, la durabilidad y la sostenibilidad de los transformadores, reduciendo su impacto ambiental y haciéndolos más eficientes. Estos avances son fundamentales para asegurar una red eléctrica moderna y confiable, acorde con los desafíos actuales de sostenibilidad y eficiencia energética.

Con el objetivo de compartir conocimientos y experiencias de especialistas en el diseño, diagnóstico y mantenimiento de transformadores, así como de fomentar la colaboración entre profesionales de la industria y la academia a nivel nacional e internacional, en este trabajo se reporta la experiencia que tuvo un grupo de profesores del Núcleo Académico Básico del Posgrado en Ciencias en Ingeniería Electromagnética (<https://iee.azc.uam.mx/posgrado.html>) de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM-Azcapotzalco, en la organización y realización del primer Congreso de

Transformadores Eléctricos, donde uno de los objetivos del evento fue la promoción del posgrado en Ciencias en Ingeniería Electromagnética, único en su tipo a nivel nacional, con el fin de atraer a estudiantes interesados en desarrollarse en el sector energético. El evento también buscó reunir a especialistas de diversas universidades y de la industria, tanto de México y del extranjero, con un foro abierto y gratuito para que los especialistas compartieran su trabajo y experiencia en la mejora de la eficiencia, confiabilidad y diagnóstico de los transformadores, permitiendo el intercambio de ideas, fomentando la colaboración y la participación estudiantil como materia prima para y futuro del área de los transformadores.

El interés mostrado, tanto por la comunidad académica, como por la industria fue notable, transformando las ponencias de los expertos en enriquecedores debates donde se destacó el entusiasmo por compartir conocimientos. Este valioso intercambio de ideas y experiencias contribuirá al desarrollo de soluciones para los desafíos actuales en el área de los transformadores. Las diversas temáticas abordadas ofrecen una guía para investigadores, fabricantes y usuarios, orientándolos hacia un futuro en el que el uso de la energía eléctrica sea más segura, eficiente y sostenible.

II. EL PRIMER CONGRESO DE TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS: UN FORO VIRTUAL DE INNOVACIÓN

A lo largo de las jornadas del congreso, se llevaron a cabo diversas ponencias que destacaron por su profundidad técnica y relevancia para el futuro de los transformadores eléctricos. Investigadores y expertos de renombre compartieron avances en áreas clave como la optimización de diseños, la integración de materiales sostenibles y la aplicación de tecnologías emergentes. Cada presentación ofreció una oportunidad única para explorar soluciones a los desafíos actuales, abriendo el debate sobre las tendencias y oportunidades que guiarán el desarrollo de los transformadores en los próximos años. En esta sección, se resumen las principales ponencias y sus contribuciones al campo.

Durante los sábados del mes de agosto de 2024, se llevó a cabo el primer congreso de transformadores eléctricos, una iniciativa organizada por profesores del Posgrado en Ciencias en Ingeniería Electromagnética (<https://iee.azc.uam.mx/posgrado.html>) de la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco (Universidad Autónoma metropolitana, s.f.). A lo largo de cinco jornadas, realizadas de manera virtual y gratuita, se presentaron tres ponencias por sesión, sumando un total de 15 presentaciones. Las sesiones fueron transmitidas en vivo a través de las redes sociales del posgrado en Ingeniería Electromagnética (<https://www.facebook.com/Posgrado.Electromagnetica>), lo que permitió una amplia participación y alcance.

El evento contó con la participación de distinguidos ponentes, procedentes de reconocidas universidades y entidades del sector industrial de México, Colombia, Chile, España y Estados Unidos. La Tabla I presenta un resumen de los ponentes y las instituciones en las que desarrollan su labor de investigación. Los temas abordados fueron variados, incluyendo el análisis, simulación, monitoreo, mitigación de pérdidas, el aumento de la eficiencia, y la detección de fallas en

los transformadores. Además, se discutió el diseño de nuevos equipos que cumplan con las normativas nacionales e internacionales. Algunas referencias relacionadas con las primeras ponencias son (Ascencion-Mestiza et al., 2024), (Huerta-Rosales et al., 2021), (Alvarez-Gomez et al., 2024) y (De Leon, 2014). Para profundizar en las últimas ponencias se puede consultar (Hernandez-Robles et al., 2024), (Guillén Aparicio et al., 2013), (Juarez-Balderas et al., 2020), (Díaz-Ojeda et al., 2021), (Mina-Casaran et al., 2024) y (Schiewaldt et al., 2024).

Durante el primer día de conferencias, se abordó el estado actual de los transformadores y las tendencias emergentes que están guiando la investigación hacia transformadores del futuro, esto a cargo del Dr. Rodrigo Ocón. Entre los temas destacados se encuentra la aplicación de algoritmos de optimización bioinspirados para la construcción de equipos relacionados con los transformadores. Por su parte, el Dr. Héctor Ascensión presentó métodos que emplean técnicas computacionales inspiradas en principios observados en la naturaleza para abordar problemas asociados al diseño de transformadores; en este caso, para encontrar configuraciones óptimas que respondan a las necesidades del usuario. El Ingeniero David González expuso cómo la combinación de materiales en la fabricación de núcleos de los transformadores de corriente, a través de simulaciones basadas en el método de los elementos finitos y análisis paramétrico, puede mejorar la eficiencia de los equipos. No obstante, la aplicación de estos materiales podría implicar costos adicionales en la construcción, dependiendo de las prioridades del usuario.

El segundo día de actividades incluyó temas como el diseño, diagnóstico y una propuesta de reacción ante un problema en el terciario de un transformador. La primera plática, impartida por el Dr. José Roberto Huerta Rosales, destacó el uso de técnicas de aprendizaje automático, una subrama de la inteligencia artificial, para diagnosticar fallas en los devanados del transformador. Esta metodología fue implementada en el desarrollo de sensores inteligentes para monitorear la condición de los transformadores. La segunda ponencia, a cargo del Dr. Xose M. López Fernández, catedrático de la Universidad de Vigo, España, presentó el análisis y desarrollo de una herramienta para estimar el tiempo de reacción ante una falla en el terciario de un transformador, inspirada en un incidente que ocurrió en pleno centro de Madrid. Por su parte, el Dr. Francisco de León, de la Universidad de New York, mostró el proceso de diseño de un transformador de distribución tipo seco, debido a que es común que los transformadores de distribución estén sumergidos en aceite, lo que aumenta el riesgo de fallos y posibles daños, tanto eléctricos, como humanos. Las preguntas y el debate desarrollado entre panelistas y asistentes fueron de gran trascendencia. Los ponentes demostraron su amplio conocimiento, y el intercambio de ideas propició valiosas propuestas para futuros trabajos.

Las siguientes pláticas generaron una gran cantidad de preguntas, con temas relevantes para el diseño y protección de los transformadores. La primera de estas, impartida por el Dr. Iván A. Hernández Robles, abordó el análisis y cálculo de pérdidas adicionales en transformadores, presentando significativos resultados para un transformador de tipo acorazado, lo que abrió la puerta a futuros estudios más detallados. Siguiendo con el tema de las pérdidas, el Dr. Manuel

TABLA I

PONENTES DEL PRIMER CONGRESO DE TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS

Nombre	Tema	Institución	País
Dr. Rodrigo Ocón.	Tendencias Modernas de los transformadores eléctricos.	Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)	México
Dr. Héctor Ascensión.	Optimización de reactores tipo shunt utilizando algoritmos evolutivos.	Instituto Tecnológico de Morelia	México
Ing. David González-Silverio.	Combinación de núcleos de transformadores.	UAM-Azcapotzalco	México
Dr. José R. Huerta Rosales.	Detección de fallas por cortocircuito usando señales de vibración, características estadísticas temporales y aprendizaje automático.	UAM-Azcapotzalco	México
Dr. Eng. Xose M. López Fernández.	Protección térmica de las partes estructurales del transformador sin terciario ante flujo de secuencia cero/homopolar.	Universidad de Vigo	España
Dr. Francisco de León.	Diseño de un transformador toroidal de 50 kVA tipo seco.	New York University	U.S.A.
Dr. Iván A. Hernández Robles.	Análisis y cálculo del impacto de bobinas geométricas asimétricas sobre pérdidas del transformador.	Universidad de Guanajuato (UG)	México
Dr. Manuel A. Corona Sánchez.	Cálculo matemático de pérdidas parásitas en tanques de transformadores con inserto de acero inoxidable.	Universidad de la Ciudad de México	México
Dra. Gina Idárraga Ospina.	Impacto de las corrientes geomagnéticamente inducidas en los transformadores de potencia.	Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)	México
Dr. Edgar Juárez Balderas.	Pronóstico de temperatura de punto caliente del transformador de instrumentos utilizando una red neuronal artificial.	Artech North America	México
Dr. Juan Carlos Olivares Galván	Análisis de fallas causadas por tornillos en transformadores eléctricos.	UAM-Azcapotzalco	México
Dr. Juan R. Rodríguez Rodríguez.	Transformador híbrido de fases cruzadas para la gestión y mejora de la calidad de la energía.	UNAM	México
Dr. Diego Fernando García Gómez.	Aplicación de fluidos dieléctricos biodegradables en transformadores de distribución y potencia.	Universidad del Valle	Colombia
Dr. Jorge Alfredo Ardila Rey.	Caracterización de Fallos Internos y Externos en Transformadores de Potencia mediante Sistemas de Medición Multisensorial.	Universidad Técnica Federico Santa María	Chile

A. Corona Sánchez, presentó la formulación H, una técnica desarrollada por un equipo de investigadores de varias universidades, junto con un software de análisis basado en el método de los elementos finitos llamado FLD. Esta herramienta facilita el estudio de pérdidas en transformadores y se aplicó a

un sector específico del tanque de un transformador, mostrando resultados notables. La última ponencia, a cargo de la Dra. Gina Idárraga Ospina, captó especial atención debido a los recientes eventos geomagnéticos, como la aparición de auroras boreales en mayo de 2024 en México, causadas por tormentas solares. En esta charla se discutió el impacto de estos fenómenos en los transformadores, señalando que en eventos anteriores se han producido fallos en las líneas de transmisión, distribución y en los propios transformadores. También se habló de las medidas que se están implementando en México para mitigar estos efectos, ya que se ha observado que los eventos de inducción geomagnética pueden alcanzar latitudes medias, como ocurrió en el último evento. Estos fenómenos son periódicos, con un ciclo de 11 años, lo que brinda tiempo para estudiar sus efectos y desarrollar soluciones antes del próximo ciclo.

En el cuarto día de actividades contó con una destacada ponencia del Dr. Edgar Juárez Balderas, quien desarrolla su labor investigadora en la empresa Artech North America S.A. de C.V. Su trabajo empleó una red neuronal artificial para el pronóstico de la temperatura del punto caliente en transformadores, ofreciendo una explicación de cómo la inteligencia artificial puede aplicarse de manera práctica en el diseño de estos componentes. Aunque la mayoría de los trabajos se centran en las principales partes de los transformadores, también hay investigaciones que abordan elementos menos representativos, como los tornillos, pero igualmente críticos. El Dr. Juan Carlos Olivares Galván, coordinador del posgrado en Ciencias en Ingeniería Electromagnética de la UAM-Azcapotzalco y principal organizador de este congreso explicó la importancia de considerar estos elementos en el diseño y problemas que se puedan generar en los transformadores. Su presentación se enfocó en la solución de un problema relacionado con los tornillos, mostrando simulaciones que ilustraban tanto el problema como la solución. Esta propuesta brinda una estrategia efectiva para abordar problemas similares que puedan surgir en los transformadores. Finalmente, se discutió la llegada de las nuevas tecnologías a la red eléctrica y cómo el transformador debe adaptarse para facilitar la transmisión de la energía. Esta plática estuvo a cargo del Dr. Juan R. Rodríguez Rodríguez, mostró cómo la introducción de la electrónica de potencia puede llevar al transformador un paso más allá, dando lugar al transformador inteligente, capaz de mitigar problemas de calidad de la energía derivados de la integración de energías alternativas y su comportamiento aleatorio.

En el último día de actividades se contó con la destacada participación, desde la Universidad del Valle, Colombia, del Dr. Diego F. García Gómez, quien presentó la aplicación de fluidos dieléctricos biodegradables en transformadores. Explicó su origen, la manera en que mejoran diversas propiedades dieléctricas en los transformadores y la importancia de optar por estas alternativas. Esta fue una de las pláticas con mayor participación de los asistentes, debido al impacto significativo que pueden tener estos nuevos aceites, además de ser respetuosos con el medio ambiente. La última presentación del congreso estuvo a cargo del Dr. Jorge Alfredo Ardila Rey, de la Universidad Técnica Federico Santa María, Chile, quien expuso un sistema multisensorial para caracterizar fallos internos en los transformadores. Este sistema emplea una variedad de sensores ópticos, mecánicos, químicos y eléctricos para detectar fallas,

emulando algunos de los sentidos como el olfato, el gusto y el oído. Incluso presentó tecnologías bioinspiradas, como una antena de ultra alta frecuencia diseñada a partir de las antenas de las polillas para mejorar la detección. Uno de los aspectos que más captó la atención fueron los videos de los experimentos realizados en laboratorio, que resultaron muy ilustrativos para comprender mejor las fallas internas, como las descargas parciales.

El Primer Congreso de Transformadores Eléctricos no solo marcó un hito en la colaboración entre la academia y la industria, al propiciar el intercambio de inquietudes y soluciones adaptables a las necesidades de ambos sectores. También se sentaron las bases para futuras innovaciones en un sector clave como lo es la infraestructura energética global. Las discusiones generadas y los conocimientos compartidos a lo largo de estas jornadas han demostrado que, aunque los desafíos técnicos son grandes, las oportunidades de mejora y adaptación son aún mayores. Con el compromiso de continuar fomentando este tipo de encuentros, el congreso se posiciona como un foro indispensable para quienes buscan liderar el desarrollo de tecnologías transformadoras en los próximos años.

III. IMPACTO DEL PRIMER CONGRESO DE TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS: DATOS Y CIFRAS.

El congreso no solo fue un espacio de intercambio académico y tecnológico, sino que también demostró ser un evento de gran alcance y relevancia a nivel nacional. Los números que dejó este congreso reflejan el interés creciente por la innovación, en el diseño, diagnóstico y protección de los transformadores, así como la integración de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial y los materiales biodegradables. A continuación, se presentan algunos de los datos más destacados que resumen la magnitud e impacto de este evento pionero en México.

La investigación sobre transformadores es sumamente relevante, tanto en México como en el resto mundo. Los ponentes de este primer congreso lo demostraron al ser investigadores provenientes de Chile, Colombia, España, Estado Unidos y México. Esta diversidad de perspectivas y soluciones generó un notable interés entre los asistentes, con un total de 487 personas registradas. De estos, 239 (49.1%) son trabajadores de la industria, 188 (38.6%) estudiantes de nivel superior y posgrado, y 60 (12.3%) académicos. Estos números reflejan un fuerte interés por parte de la industria en conocer los avances actuales en el campo de los transformadores y aplicar este conocimiento para mejorar sus procesos. Además, la participación significativa de estudiantes revela un futuro prometedor para esta área, dado el creciente interés de las nuevas generaciones.

Los asistentes representaron a 110 empresas y 27 universidades, tanto nacionales como extranjeras. La mayoría eran participantes nacionales, con 374 provenientes de 22 estados de la República Mexicana, mientras que 106 asistentes internacionales de 13 países, principalmente de Centro y

Sudamérica. La información detallada se puede consultar en la Tabla II.

En las Fig. 1 y 2 se muestran las nacionalidades de los participantes y la distribución por estado de los asistentes nacionales. Respecto a la nacionalidad, se observa que la mayoría son mexicanos (76.8 %), seguidos por una significativa representación de colombianos (15.6 %), mientras que el 7.6 % restante corresponde a participantes de otras nacionalidades. Por otro lado, la Fig. 2 detalla que la mayor parte de los participantes nacionales (55.9 %) provienen de ocho estados: Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo, Nuevo León, Jalisco, Veracruz, Michoacán y Guanajuato, siendo la Ciudad de México y el Estado de México los que más participantes aportaron.

Como se mencionó, se inscribieron participantes de 110 empresas, que van desde fabricantes hasta vendedores e instaladores. Diez de estas empresas destacaron por haber aportado el mayor número de inscritos, como se observa en la Fig. 3. Por otro lado, las Fig. 4 y 5 muestran las universidades con más participantes, diferenciadas entre profesores(as) e investigadores(as) (Fig. 4) y estudiantes (Fig. 5), tanto de nivel superior como de posgrado. La UNAM tuvo la mayor participación de profesores(as) e investigadores(as), mientras que la UAM destacó por contar con el mayor número de estudiantes inscritos. Un caso notable fue el de la Universidad del Valle, en Colombia, que registró una significativa participación tanto de alumnos(as) como de profesores(as) e investigadores(as).

Uno de los aprendizajes que dejó la pandemia de COVID-19 fue la virtualidad, la cual permite compartir foros como este de manera remota, sin importar la distancia o la sincronía. Un espacio clave para la difusión del congreso fue Facebook, donde las sesiones fueron transmitidas en vivo y los videos quedaron accesibles para ser vistos en cualquier otro momento. El perfil de Facebook utilizado fue el del Posgrado en Ciencias en Ingeniería Electromagnética de la UAM. Facebook ofrece dos métricas clave: alcance e interacción. El alcance mide la cantidad de personas que han visto una publicación, ya sea por distribución orgánica o pagada, y se cuenta una vez, incluso si el contenido se promociona. Por otro lado, la interacción incluye el número de "Me gusta", reacciones, comentarios, respuestas, veces que se ha guardado y compartido el contenido, incluyendo los anuncios.

TABLA II
ASISTENTES POR RAMO Y NACIONALIDAD.

Ramo	Asistentes	%	Origen	Asistente s	%
Industria	239 de 110 Empresas	49.1	Nacional	374 de 22 estados	76.8
Profesores(as) e investigadores(as)	60 de 27 Universidades	12.3	Extranjero	106 de 13 países	21.8
Estudiantes	188 de 27 Universidades	38.6	Sin registro	7	1.4
Total	487	100	Total	487	100

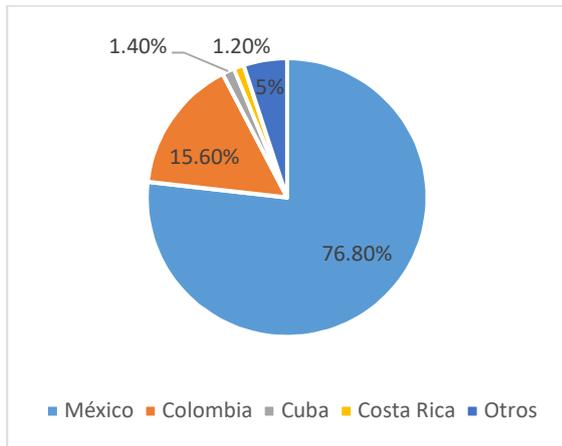


Fig. 1. Nacionalidad de los participantes inscritos.

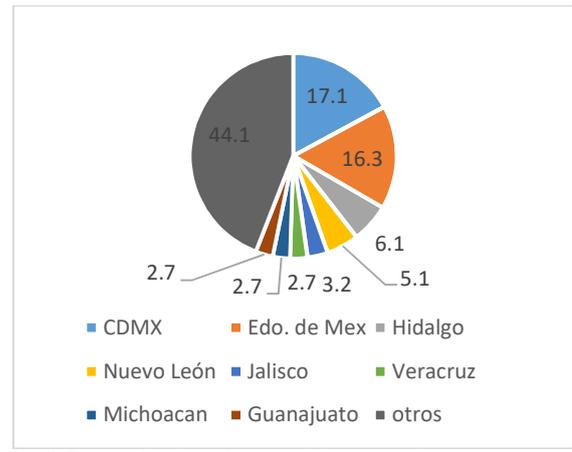


Fig. 2. Estados de origen de los participantes nacionales, porcentaje.

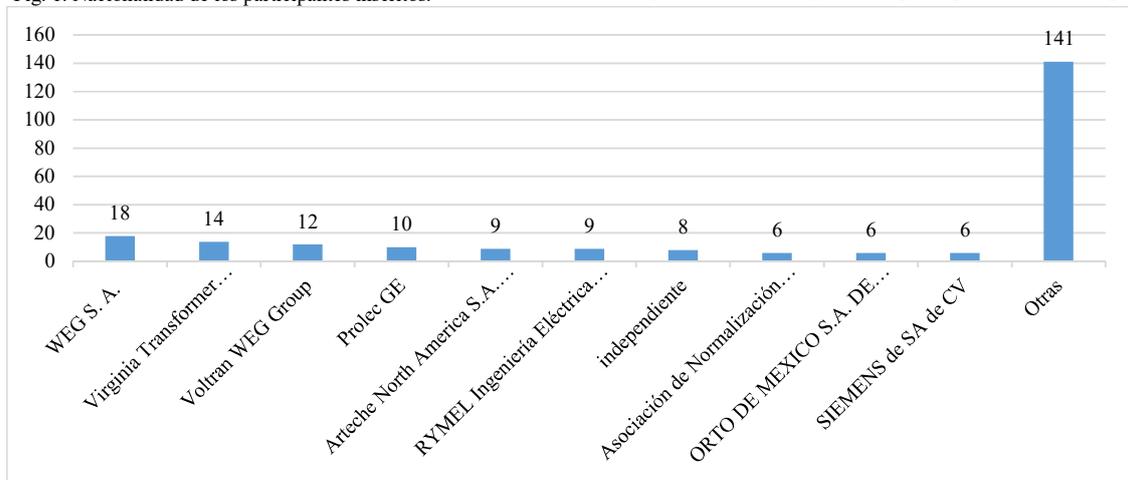


Fig. 3. Participantes por empresa.

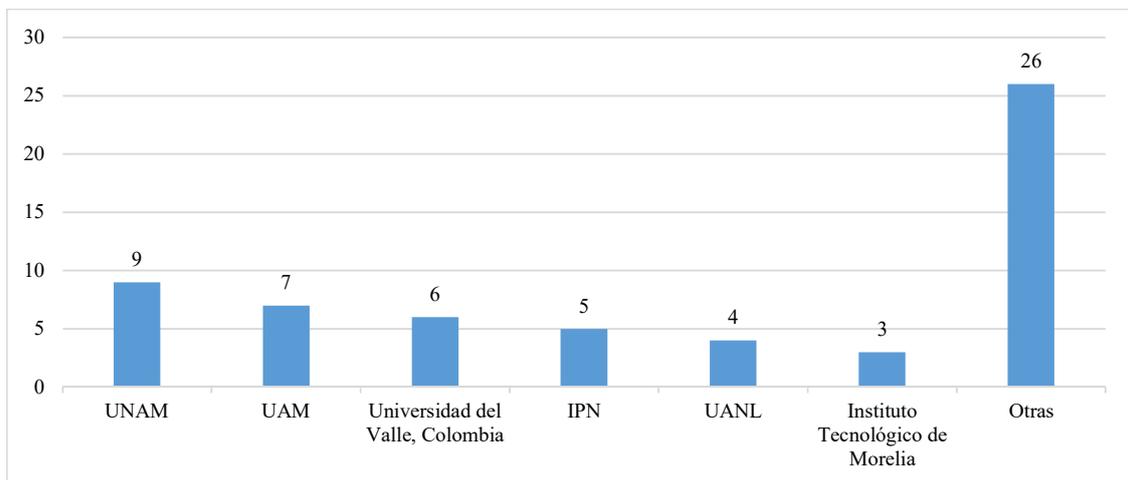


Fig. 4. Participantes por universidad, profesores(as) e investigadores(as).

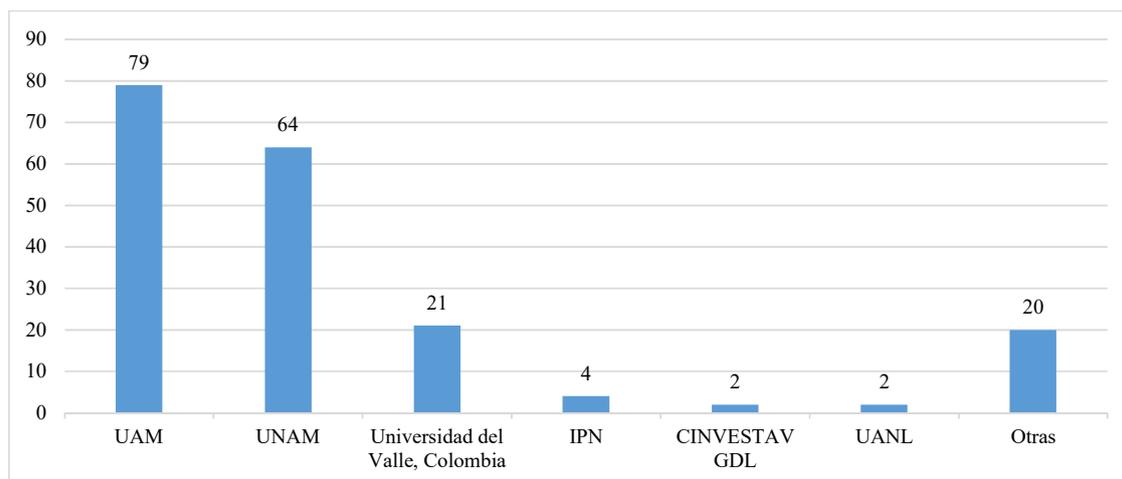


Fig. 5. Participantes por universidad, estudiantes.

En la Tabla III se muestran las estadísticas recopiladas hasta tres meses después de haber concluido el congreso, desglosadas por sesión. Se observa que la sesión 2 ha tenido el mayor alcance, probablemente porque ha estado disponible por más tiempo que las sesiones posteriores, superando incluso a la sesión 1. También destaca la sesión 5, que a pesar de haber estado disponible menos tiempo, ha alcanzado un número significativo de visualizaciones. Esto indica que las sesiones 2 y 5 han sido las de mayor impacto en redes sociales, aunque no han generado el mayor número de interacciones.

El interés mostrado por los participantes fue diverso. Por parte del sector industrial, el enfoque se centró en conocer nuevas técnicas, herramientas y ampliar su conocimiento sobre los transformadores. En contraste, el interés por parte de los estudiantes era complementar el conocimiento adquirido en sus estudios y desarrollarse en el área eléctrica, con un enfoque en particular en los transformadores. Por otro lado, el profesorado e investigadores(as) compartían el interés de ampliar su conocimiento, además de observar nuevas herramientas y técnicas para el diseño y monitoreo de equipos eléctricos. Además de buscar y establecer relaciones para colaborar con académicos e industria, con el fin de hacer más segura y eficiente la transmisión y distribución de la energía.

Con el fin de mantener una conexión continua entre los interesados en el área, incluyendo industriales, profesores(as) y alumnado, se les ofreció la oportunidad de inscribirse en un foro donde podrían compartir dudas y experiencias con los demás miembros. La mayoría consideró que era una excelente oportunidad para seguir creciendo y adquiriendo conocimientos. El resumen de las personas que decidieron unirse al foro se muestra en la Tabla IV.

El foro no sólo proporcionó un espacio para el intercambio inmediato de conocimientos durante el congreso, sino que también estableció una plataforma a largo plazo para que los profesionales, académicos y estudiantes pudieran continuar colaborando y compartiendo experiencias. La diversidad de intereses entre los diferentes grupos participantes demuestra la amplitud de oportunidades y desafíos que enfrenta el sector de los transformadores eléctricos. Con esta red de contactos y recursos, se espera que los vínculos creados en el congreso fortalezcan el crecimiento y la innovación en esta área

estratégica para la infraestructura energética. Así, el foro sigue cumpliendo con el objetivo de fomentar el aprendizaje continuo y la colaboración entre los actores clave del sector eléctrico.

IV. SINERGIAS ENTRE LAS UNIVERSIDADES E INDUSTRIA: CLAVES PARA EL ÉXITO

Uno de los objetivos del evento es fortalecer la colaboración entre las universidades y la industria. Para las universidades, la colaboración con la industria no solo brinda recursos adicionales para la investigación, sino que también permite a los académicos trabajar con datos del mundo real, lo que enriquece sus investigaciones. Además, los estudiantes se benefician al tener contacto directo con los desafíos y oportunidades del sector industrial, mejorando así su formación y preparación para el mercado laboral. Por su parte, las empresas obtienen acceso a talento joven, nuevas ideas y tecnología de vanguardia, lo que impulsa su competitividad. Para mejorar la colaboración entre universidades e industria existen varios factores que pueden favorecer esta relación. Un elemento clave es la alineación de las universidades con las necesidades reales de las empresas (Ćudić et al., 2022). Es fundamental que las universidades adapten su investigación y desarrollo a los desafíos y demandas específicas del sector industrial, lo que aumenta las posibilidades de establecer colaboraciones exitosas. Otro factor importante es el papel del gubernamental, ya sea a través de financiamiento público o incentivos fiscales, los cuales pueden jugar un papel decisivo en fomentar la colaboración entre la universidad y la industria. Un claro ejemplo es China, donde las políticas gubernamentales han impulsado la innovación, el desarrollo tecnológico y protección de la propiedad intelectual (Ćudić et al., 2022), creando un entorno favorable para estas alianzas. Este tipo de colaboración, apoyada con incentivos gubernamentales, tiene el potencial de impactar significativamente a la industria, al gobierno y a la sociedad (Cohen et al., 2024).

Este tipo de foros permiten a los académicos y a las empresas identificar áreas comunes de interés. Aunque no siempre se cuenta con incentivos gubernamentales, la comunicación abierta entre ambos sectores es el primer paso para establecer colaboraciones que beneficien a ambas partes y promuevan el desarrollo económico y tecnológico de un país.

TABLA III
ESTADÍSTICAS DE LAS TRANSMISIONES POR FACEBOOK.

	S1	S2	S3	S4	S5
Alcance	3108	4097	2570	1995	2427
Interacciones	216	210	127	164	50

TABLA IV
RESPUESTA A LA SUBSCRIPCIÓN A UN FORO DE ÁREA.

Respuesta al foro	Participantes	%
Si	270	55.4
No	47	9.7
Sin registro	170	34.9
Total	487	100

V. CONCLUSIÓN

El primer Congreso de Transformadores Eléctricos ha demostrado ser un hito significativo en la creación de sinergias entre la industria, la academia y los futuros profesionales del sector eléctrico. Las pláticas y ponencias ofrecieron una plataforma diversa que abarcó enfoques innovadores. La diversidad de temas resaltó la importancia de continuar desarrollando soluciones que aborden los desafíos actuales y futuros, para mejorar la eficiencia, seguridad y fiabilidad del sistema eléctrico.

Más allá de las innovaciones tecnológicas discutidas, el congreso cumplió con uno de sus objetivos fundamentales: el fortalecimiento de las relaciones entre la academia y la industria. Estas alianzas estratégicas fomentan el desarrollo de nuevas tecnologías, el intercambio de conocimientos y el impulso de la investigación, todo aplicado a las necesidades en común de la industria y academia. A su vez, los estudiantes, quienes representaron una parte importante de la audiencia, demostraron un interés creciente por integrarse al sector eléctrico, asegurando un futuro prometedor para la investigación y el desarrollo de transformadores.

Este foro continuará siendo un espacio esencial para seguir conectando a los actores clave, promoviendo la innovación en transformadores y garantizando una red eléctrica más segura, eficiente y sostenible para las generaciones venideras.

VI. REFERENCIAS

Alvarez-Gomez, L. A., Lopez-Fernandez, X. M., De Leon, F., & Ramos, A. (2024). Three-Phase Three-Legged Wye-Wye Transformers With Only One Neutral Grounded and no SW – Part II: Zero-Sequence Permissible Temperature. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 39(3), 1462-1473. <https://doi.org/10.1109/tpwrd.2024.3365861>

Ascencion-Mestiza, H., Maximov, S., Olivares-Galvan, J. C., Ocon-Valdez, R., Mezura-Montes, E., & Escarela-Perez, R. (2024). Optimization of shunt reactor design using evolutionary algorithms: PSO and DE. *Electrical Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s00202-024-02838-2>

Cohen, M., Fernandes, G., & Godinho, P. (2024). Measuring the impacts of university-industry R&D collaborations: a systematic literature review. *The Journal Of Technology Transfer*. <https://doi.org/10.1007/s10961-024-10114-5>

Čudić, B., Alešnik, P., & Hazemali, D. (2022). Factors impacting university–industry collaboration in European countries. *Journal Of Innovation And Entrepreneurship*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s13731-022-00226-3>

De Leon, F. (2014). *Development of Toroidal Core Transformers*. <https://doi.org/10.2172/1178657>

Díaz-Ojeda, M., Rodríguez-Rodríguez, J., Hernández-Sánchez, J., Trillaud, F., Olivares-Galván, J., & Pérez, R. E. (2021). Cross phases hybrid transformer for managing and improving the energy quality. *International Journal Of Electrical Power & Energy Systems*, 131, 107005. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.107005>

Hernandez-Robles, I. A., Gonzalez-Ramirez, X., Olivares-Galvan, J. C., Escarela-Perez, R., & Ocon-Valdez, R. (2024). Analysing and Computing the Impact of Geometric Asymmetric Coils on Transformer Stray Losses. *Applied System Innovation*, 7(2), 26. <https://doi.org/10.3390/asi7020026>

Huerta-Rosales, J. R., Granados-Lieberman, D., Garcia-Perez, A., Camarena-Martinez, D., Amezcua-Sanchez, J. P., & Valtierra-Rodriguez, M. (2021). Short-Circuited Turn Fault Diagnosis in Transformers by Using Vibration Signals, Statistical Time Features, and Support Vector Machines on FPGA. *Sensors*, 21(11), 3598. <https://doi.org/10.3390/s21113598>

Juarez-Balderas, E. A., Medina-Marin, J., Olivares-Galvan, J. C., Hernandez-Romero, N., Seck-Tuoh-Mora, J. C., & Rodriguez-Aguilar, A. (2020). Hot-Spot Temperature Forecasting of the Instrument Transformer Using an Artificial Neural Network. *IEEE Access*, 8, 164392-164406. <https://doi.org/10.1109/access.2020.3021673>

Mina-Casaran, J. D., García, B., García, D. F., Gómez, Á. M., & Montero, A. (2024). Partial Discharge Patterns in Natural Esters from Different Vegetable Bases. *IEEE Transactions On Dielectrics And Electrical Insulation*, 32(1), 435-443. <https://doi.org/10.1109/tdei.2024.3486275>

Schiewaldt, K., De Castro, B. A., Ardila-Rey, J. A., Franchin, M. N., Andreoli, A. L., & Tenbohlen, S. (2024). Assessment of UHF Frequency Range for Failure Classification in Power Transformers. *Sensors*, 24(15), 5056. <https://doi.org/10.3390/s24155056>

Posgrado en Electromagnética. (s.f.). Perfil de Facebook de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Electromagnética [Página de Facebook]. <https://www.facebook.com/Posgrado.Electromagnetica>

Universidad Autónoma Metropolitana. (s.f.). *Maestría en Ciencias en Ingeniería Electromagnética*. <https://iee.azc.uam.mx/posgrado.html>

Guillén Aparicio, D., & Idárraga Ospina, G. M. (2013). Comportamiento de transformadores eléctricos bajo condiciones de GIC mediante el uso de ATP. *Ingenierías*, 16(60), 14-19.