

Fecha de presentación del Informe: Día Mes Año **1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO**

Código del proyecto: 2844			
Título del proyecto: Medición del esfuerzo electrodinámico generado entre fases en un tablero eléctrico durante un corto circuito.			
Facultad o Instituto Académico: Ingeniería			
Departamento o Escuela: Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica – Escuela de Ingeniería Mecánica			
Grupo (s) de investigación: Grupo de Investigación en Alta Tensión - GRALTA, Grupo de Investigación en Mejoramiento Industrial - GIMI			
Entidades:			
Palabras claves: Esfuerzo electrodinámico, Esfuerzo mecánico, Tablero eléctrico, Cortocircuito, Galgas de deformación.			
Investigadores ¹	Nombre	Tiempo asignado	Tiempo dedicado
Investigador Principal	Ing. Eduardo Marlés Sáenz Ms.C.	5 horas/sem	5 horas/sem
Coinvestigadores	Ing. Guillermo Aponte Ph. D	5 horas/sem	5 horas/sem
	Ing. Fernando Casanova Ph. D.	5 horas/sem	5 horas/sem
	Ing. Carlos Alfonso Díaz (Estudiante de Maestría).	15 horas/sem	15 horas/sem Se anexa acta de sustentación.
Otros participantes	Ing. Andrés Felipe Zúñiga. Estudiante Ms. C.		
	Leonardo Caicedo Giraldo (Estudiante de pregrado).		Se anexa acta de sustentación.
	Juan Martín Guardiola Montenegro, Estudiante de pregrado.		Se anexa acta del semillero de investigación.

¹ Todas las personas relacionadas en el informe y que participan en el proyecto deben haber suscrito el acta de propiedad intelectual de acuerdo con los formatos establecidos.

2. RESUMEN EJECUTIVO:

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE [1], exige para la certificación de tableros eléctricos, que se realice la verificación de la resistencia a los esfuerzos de cortocircuito con pruebas experimentales.

La realización de la prueba de cortocircuito requiere de un laboratorio con gran potencia de alimentación, instalación con la cual no se cuenta en el país, por esta razón el RETIE permitió que por un periodo no mayor a cinco años, se pueden hacer simulaciones computacionales de la prueba, siempre y cuando la metodología de simulación haya sido validada.

La Asociación de Tableristas del Suroccidente Colombiano ATSO, adquirió un software [13] con el propósito de validar las pruebas a través de simulaciones, por lo que pidió a la Universidad del Valle realizar la validación del mismo mediante ensayos en el Laboratorio de Alta Tensión. Para ello se planteó realizar simulaciones en un tablero piloto a escala y luego realizar pruebas a corrientes alcanzables en el laboratorio, para confrontar los resultados

Al tratar de identificar un equipo para la medición de los esfuerzos electrodinámicos durante la condición de cortocircuito, se encontró que no existen dispositivos comerciales para este fin y que en los laboratorios donde realizan la prueba tampoco miden los esfuerzos, solo certifican si el tablero soporta o no el ensayo. Tampoco se encontró literatura sobre la medición del fenómeno físicamente. Posteriormente se identificó que el problema de la medición se debía a los altos campos magnéticos presentes durante el ensayo de cortocircuito.

Al no encontrarse un dispositivo comercial ni documentación científica sobre como registrar los esfuerzos electrodinámicos en los tableros eléctricos durante cortocircuito, se planteó en este proyecto: **Diseñar un dispositivo para la medición del esfuerzo electrodinámico generado entre las fases de un tablero eléctrico durante la prueba de cortocircuito.** Con el dispositivo, y midiendo los datos experimentales de esfuerzos electrodinámicos en pruebas reales, realizar un proceso de validación del software Switchgear Design mediante la comparación entre la simulación computacional y los resultados de las pruebas de cortocircuito.

Después de diseñado y construido el dispositivo, se realizaron pruebas experimentales, para

comparar los resultados de las pruebas con la simulación del software Switchgear Design.

ABSTRACT

The Technical Regulation of Electrical Installations RETIE [1], requires for the certification of electrical boards, the verification of the resistance to short-circuit stresses with experimental tests. When trying to identify a device for the measurement of electrodynamic stresses during the short-circuit condition, it was found that there are no commercial devices for this purpose and the laboratories where the test is performed, do not measure the stresses, they only certify if the board supports the test. There was also no literature about the measurement of the phenomenon physically. It was later identified that the measurement problem was due to the high magnetic fields present during the short-circuit test.

Since there was no commercial device or scientific documentation on how to record the electrodynamic stresses in the electrical boards during short circuit, it was proposed in this project: To design a device for the measurement of the electrodynamic stresses generated between the phases of an electric board during the short circuit test, to validate a finite element model with the experimental data of electrodynamic stresses and to make a validation process of the Switchgear Design software through the comparison with the computational simulation and the results of the short circuit test.

3. SÍNTESIS DEL PROYECTO:

Introducción

El artículo 20 del RETIE 2013 [1], exige la certificación de la calidad de los tableros eléctricos de acuerdo a la normatividad vigente. Esta normatividad, obliga a que todo ensamble que se pretenda utilizar para conformar un tablero eléctrico o una celda en media tensión deba ser sometido a pruebas que demuestren el cumplimiento de la norma, entre la que está la *Resistencia al cortocircuito*.

En el país no se dispone de laboratorios para llevar a cabo todas las pruebas de tableros

eléctricos y celdas en media tensión exigidas en el RETIE. Por lo anterior, es necesario buscar una solución a esta falencia, ya que es un factor clave para el desarrollo del sector de fabricantes de tableros.

Algunas de las pruebas requeridas, como es el caso de resistencia al cortocircuito, requiere de un laboratorio con gran potencia eléctrica de alimentación, instalación con la cual no se cuenta en la actualidad en nuestro país. Por esta razón el RETIE permitió realizar simulaciones computacionales de las pruebas siempre y cuando la metodología de cálculo utilizada esté documentada y haya sido validada.

Considerando el anterior panorama, la Asociación de Tableristas del Suroccidente, ATSO, adquirió el software SwitchGear Design [2] de la compañía brasilera Cognitor y le solicitó a la Universidad del Valle la validación del mismo.

Para realizar una validación del software mencionado y considerando que no se disponía de certificación ni de resultados de ensayos que permitieran confrontar sus resultados con mediciones reales, se planteó realizar la medición de los esfuerzos que se presentan en un tablero durante la circulación de una gran corriente y hacer la simulación de dicha condición para validar los resultados.

En primera instancia se planteó hacer la simulación de unos tableros que se iban a probar en el Laboratorio de LAPEM en México, luego medir los esfuerzos durante la prueba para confrontar los resultados. Al solicitar al Laboratorio de LAPEM la realización de las mediciones, indicaron que no las realizaban y que solo verificaban si el tablero soportaba o no el ensayo. Se consultó en otros laboratorios de alta potencia como es el caso de KEMA en Holanda, CESI en Italia, IREQ en Canadá, CEPEL en Brasil, tampoco realizan la medición de los esfuerzos electrodinámicos.

Ante esta situación, el Grupo de Investigación en Alta Tensión (Escuela de Ingeniería Eléctrica) en conjunto con el grupo de Investigación en Mejoramiento Industrial (Escuela de Ingeniería Mecánica) propusieron en asocio con algunos fabricantes de tableros, desarrollar un dispositivo para medir las fuerzas electrodinámicas que se producen en los elementos estructurales de los tableros eléctricos durante la prueba de cortocircuito.

En el presente informe se presenta el desarrollo del dispositivo de medición y las pruebas realizadas para la validación del módulo de cortocircuito del software Switchgear Design.

Objetivo General

Desarrollar un sistema de medición del esfuerzo electrodinámico generado entre fases de un tablero eléctrico durante la prueba de cortocircuito.

Objetivos específicos

- Diseñar un sistema capaz de medir deformaciones en los apoyos de la barras sin ser afectado por la presencia de campos magnéticos.
- Validar un modelo computacional con los datos experimentales de esfuerzos electrodinámicos.
- Realizar un proceso de validación del software Switchgear Design mediante la comparación con la simulación computacional y los resultados de la prueba de corto circuito.

Metodología

Diseño del dispositivo

Se diseñó un dispositivo para medir los esfuerzos electrodinámicos, que replicara en geometría y funcionalidad a un tablero eléctrico comercial de tres fases, que además fuese capaz de soportar una fuerza mecánica de 100 N en cada aislador, este valor fue estimado mediante la norma IEC 61865/2001. Para la construcción del soporte base del dispositivo se empleó una platina de 2.5 mm de espesor por 30 mm de ancho, sobre la cual se ensambló cada aislador eléctrico. El barraje trifásico se dispuso de manera horizontal. La distancia entre fases fue de 132 mm debido a que correspondía a una medida típica de un barraje de construcción nacional. El largo del barraje se diseñó de 300 mm con el fin de cumplir con los requerimientos de la fuerza mecánica esperada y lograr que el dispositivo quedara lo más compacto posible, ver [Figura 1](#)Figura 1. Debido a que el dispositivo está orientado a medir la fuerza mecánica que

actúa sobre los aisladores eléctricos que sujetan a las fases del barraje, fue necesario que cada aislador eléctrico se ensamblara en un soporte metálico independiente por lo cual, cada una de las fases quedó instalada en dos aisladores. Su diseño final, se asemejó al de una peineta, para que cada aislador esté soportado de manera independiente con el objetivo de minimizar las interacciones de fuerzas entre ellos.

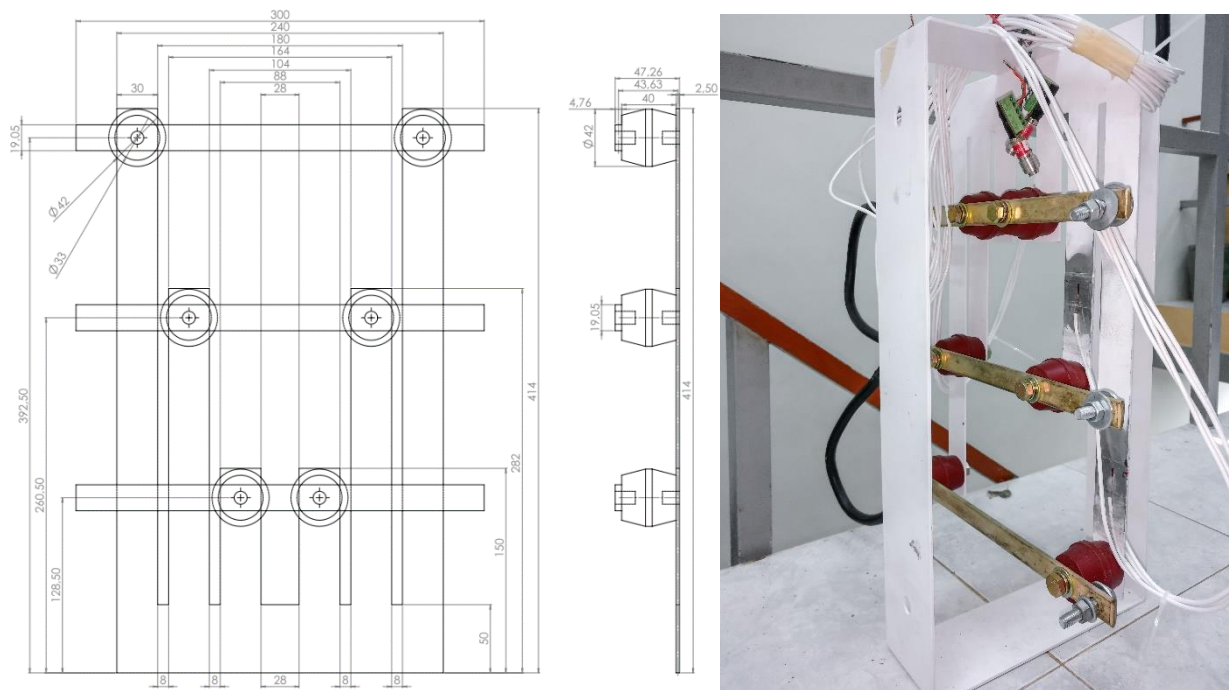


Figura 1. Dispositivo para la medición de esfuerzos electrodinámicos.

Para mitigar la acción de los campos magnéticos en las galgas extensiométricas, TML FLA-10-11, se realizaron apantallamientos tipo jaula de Faraday, reduciendo hasta el 60% del ruido magnético. Sin embargo, tal reducción no fue suficiente dado que aún no se lograba registrar la señal real del fenómeno. Se conectaron galgas extensiométricas en forma de cruz, referencia TML FCA-5-11, con el fin de anular el ruido magnético, sin resultados satisfactorios. Al no resultar suficiente las dos alternativas anteriores, se realizó una búsqueda de transductores que estuvieran blindados magnéticamente. Finalmente se usaron galgas extensiométricas blindadas para campo magnético, referencia TML MFLA-5-350-1LS, con las cuales se logró reducir el

ruido magnético.

El principio de funcionamiento del dispositivo se basa en la medición de la deformación mecánica en los soportes, generada por los esfuerzos electrodinámicos que actúan durante el cortocircuito en las barras de cobre. Para la medición se emplearon galgas extensiométricas (strain gauges) blindadas para campo magnético (MFLA-5-350-1LS, TML, Jp.), con el objeto de minimizar el efecto de inducción electromagnética dado el carácter transitorio del fenómeno de cortocircuito. Las galgas, tal como se instalaron, ver [Figura 2](#) ~~Figura-2~~, transforman el valor de la deformación en los soportes de los aisladores en una señal de voltaje, la cual es leída por una tarjeta de adquisición de datos (204R, TML, Jp.). La conexión entre las strain gauges y la tarjeta de adquisición fue mediante medio puente de Wheatstone (Conector SB-120DD-1R, TML, Jp.). La señal de voltaje es enviada como un archivo .csv, el cual se procesa en una hoja de cálculo para obtener el valor de los esfuerzos mecánicos.

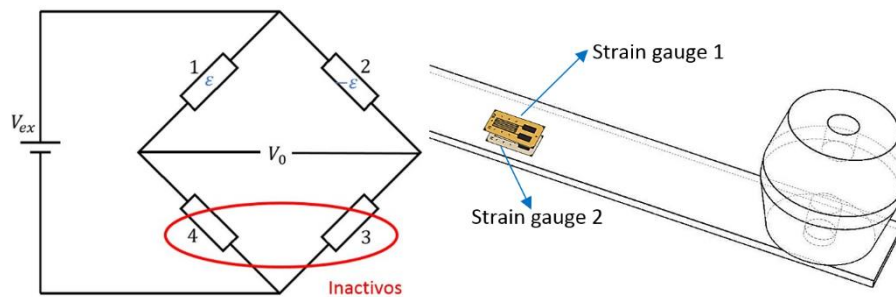


Figura 2. Configuración de Puente de Wheatstone utilizado en la prueba. Se observa que para un mismo soporte se instalaron dos strain gauges.

La medición del dispositivo se verificó mediante una prueba estática con masas conocidas. Los errores fueron menores del 3%.

Montaje experimental

El montaje para la prueba se realizó en el Laboratorio de Alta Tensión de la Universidad del Valle, conectando el dispositivo en el secundario de un transformador de distribución de 75 kVA. El transformador fue energizado a tensión nominal con su devanado secundario en cortocircuito, con lo que se obtuvo una corriente de corto simétrica de 8.6 kA.

La entrada de la señal a la tarjeta de adquisición por parte de las galgas extensiométricas fue de la siguiente manera: Las galgas de la fase central en el canal 1, los de la fase lateral en el canal 2 y, por el canal 3 entra una señal de una galga que se colocó superpuesta, mas no pegada, a la fase central con el fin tener una referencia de la inducción magnética en ese lugar. Solo las cuatro primeras pruebas se realizaron con los tres canales, las siguientes cuatro pruebas se realizaron solo con galgas en la fase central y lateral, siendo los canales 1 y 2 respectivamente. La tasa de muestreo de la tarjeta de adquisición se fijó a 1000 Hz. Las galgas y la tarjeta de adquisición de datos se conectaron a una tierra común.

Simulación mediante elementos finitos

La simulación se realizó a través del software COMSOL v. 5, el cual es un programa de simulación multi-físico de elementos finitos. Para mostrar las fuerzas de Lorenz se utilizó el modulo AC/DC, en el dominio temporal. La geometría se realizó bidimensional mediante un corte transversal de las barras conductoras.

El material de las barras conductoras se definió como cobre y el dominio circundante como aire. En el módulo de campo magnético de COMSOL se hizo circular corriente para cada una de las barras con un desfase de 120° y magnitud de 10 kA, correspondiente al promedio de la corriente pico registrada para las ocho pruebas.

Fuerza magnética mediante ecuaciones analíticas

En la IEC 61865/2001 proponen el cálculo de la fuerza magnética en conductores durante un cortocircuito en tableros trifásicos a través de la ecuación:

$$F_{cen} = \frac{\mu_0}{2\pi a_m} \frac{\sqrt{3}}{2} * i_p^2 \quad (1)$$

Donde F_{cen} es la magnitud de la fuerza magnética en la fase central. μ_0 representa la constante de la permeabilidad del espacio libre; a_m , es la separación entre las barras conductoras, i_p la corriente de cortocircuito. Se trabajó con una corriente de 10 kA para que los resultados se compararan directamente con los encontrados mediante el método de elementos finitos.

Simulación con el software Switchgear Design

Se realizaron simulaciones con el software Switchgear tomando en cuenta las variables de la prueba experimental. Se utilizó el modulo de fuerza electromagnética y se empleó uno de los diseños de tablero que viene ya programado. En el software se empleó tanto el factor de asimetría obtenido en las pruebas experimentales y también el recomendado por el software en la simulación.

Resultados

Se realizaron 8 pruebas de cortocircuito con una duración de 250 ms cada una. Las señales registradas de la fuerza en cada fase para cada prueba, se presentan en la [Figura 3](#)Figura-3. En las pruebas 1 y 3 se presenta una fuerza pico mucho mayor que las restantes, lo cual pudo ocurrir debido a que al momento de cerrar el circuito, la onda de corriente pasaba por 0° o estaba cerca a este valor, por lo que se produce una elevada corriente asimétrica de cortocircuito. No obstante, no se obtuvo diferencia significativa entre los picos de fuerza máximos registrados en la fase central y los registrados en la fase lateral, este efecto pudo deberse a la inducción magnética. Por esta razón se compararon los picos máximos obtenidos en cada prueba con las fuerzas obtenidas en la fase central mediante la norma y la simulación de elementos finitos.

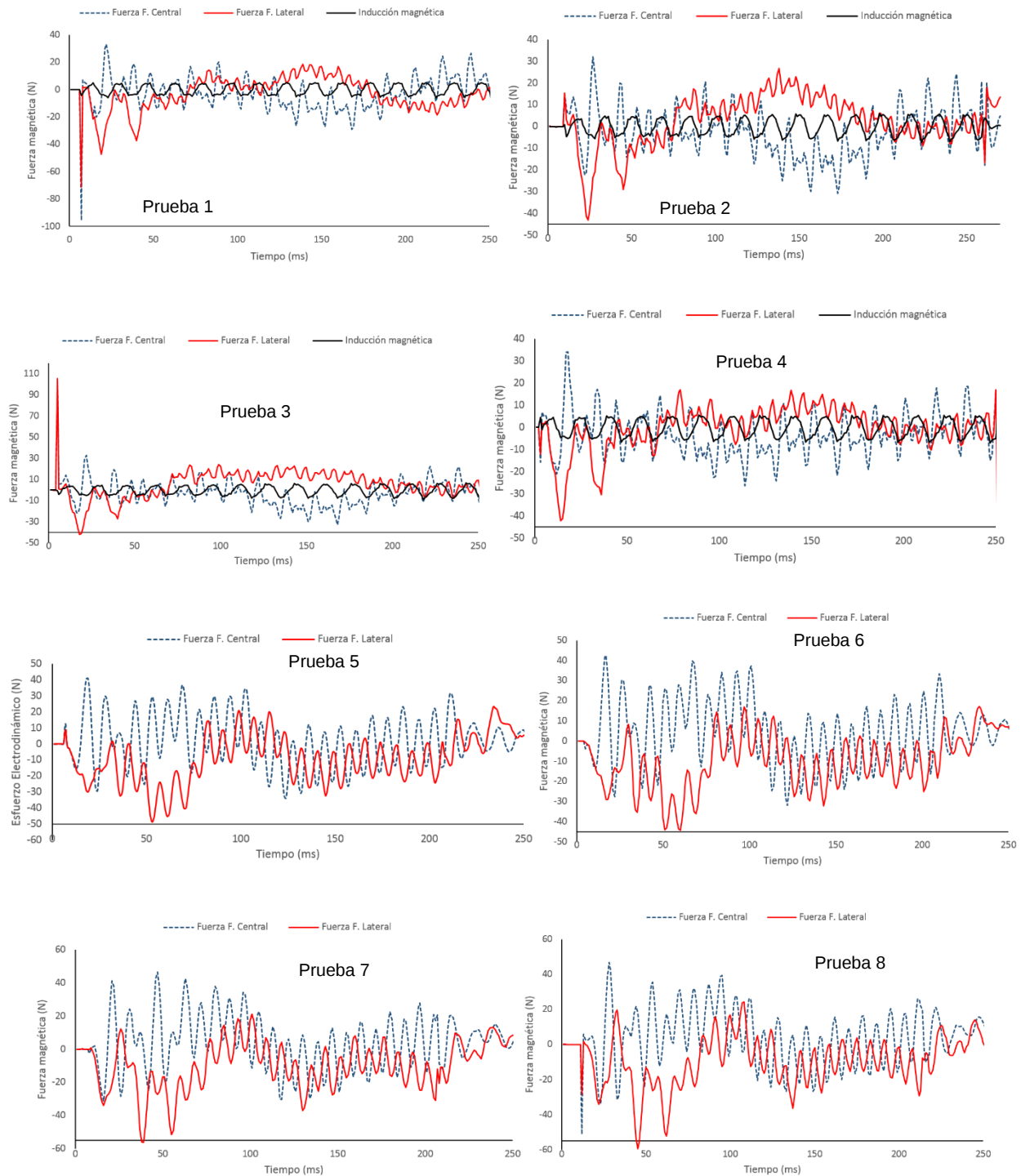


Figura 3. Registro de la fuerza mecánica durante el periodo de cortocircuito. 8 Pruebas.

Mediante el método de elementos finitos se obtuvo la contribución de las fuerzas de Lorentz

sobre las barras conductoras. Las líneas de flujo magnético para el instante de tiempo de 0.05s se pueden observar en la [Figura 4](#).

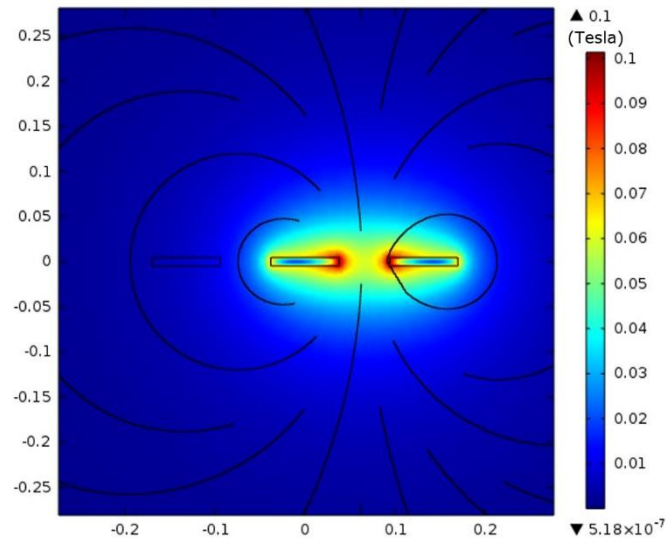


Figura 4. Simulación con elementos finitos de las líneas de flujo magnético para el instante de tiempo de 0.05 s

En la [Tabla 1](#) se muestra el resumen de los valores registrados experimentalmente durante las pruebas de cortocircuito y su comparación con la simulación con elementos finitos, la simulación en SwitchGear y las ecuaciones analíticas.

Tabla 1. Resumen de las fuerzas electromagnéticas, la fuerza medida en la fase central en la prueba de cortocircuito con el dispositivo (Fuerza Test), la simulación con Switchgear (Fuerza FT y FS), la simulación de elementos finitos (Fuerza MEF) y los resultados analíticos (Fuerza IEC).

Prueba	Corriente Pico Fase B [kA]	Fuerza Simulada F_T	Fuerza Simulada F_S	Fuerza TEST	Fuerza MEF	Fuerza IEC	Error TEST Vs FT	Error TEST Vs FS	Error TEST Vs MEF	Error TEST Vs IEC
1	10.4	74	84	91.17	39.21	39.36	18.8%	7.9%	57.0%	56.8%
2	9.8	74	84	37.67	39.21	39.36	49.1%	55.2%	3.9%	4.3%
3	9.8	74	84	97.79	39.21	39.36	24.3%	14.1%	59.9%	59.8%
4	10.4	74	84	39.09	39.21	39.36	47.2%	53.5%	0.3%	0.7%
5	10	63	84	40.78	39.21	39.36	35.3%	51.5%	3.8%	3.5%
6	10	63	84	42.48	39.21	39.36	32.6%	49.4%	7.7%	7.3%
7	11.8	79	104	46.29	39.21	39.36	41.4%	55.5%	15.3%	15.0%

8 | 10.2 60 80 46.78 39.21 39.36 22.0% 41.5% 16.2% 15.9%

En las simulaciones con Switchgear el resultado depende del factor de asimetría de la onda de corriente de cortocircuito. Durante las pruebas experimentales se obtuvo un valor de asimetría de 1.14 promedio, sin embargo debido a las características del tablero, el software Switchgear recomienda el uso de un factor de 1.7. Por lo tanto, en la [Tabla 1](#), F_T representa la simulación con una asimetría de 1.14, mientras que F_S representa la simulación con una asimetría de 1.7.

Con respecto a los resultados de la simulación con Switchgear, se comparó con los resultados de las pruebas experimentales 1 y 3 con un factor de asimetría de 1.7, para considerar el caso extremo. Se puede observar que los valores experimentales medidos difieren en un 19% y 8%, de los simulados con un factor de asimetría de 1.7 que es el recomendado por el software.

Los resultados analíticos y los de elementos finitos fueron casi idénticos con menos de 1% de diferencia. Las mediciones experimentales tuvieron una diferencia promedio de 20% con respecto de los resultados analíticos y de elementos finitos.

Conclusiones

En los análisis numéricos se evidenció que la fase central es la que soporta la mayor fuerza magnética durante el cortocircuito lo cual corresponde muy bien con la teoría y estudios anteriores de Canova [3] y Yusop [4]. Sin embargo en las pruebas experimentales el valor del pico máximo de fuerza magnética apareció indistintamente en la fase central o en la lateral. Esto pudo deberse a la inducción de voltaje sobre los strain gauges, generado por el campo magnético durante el cortocircuito.

Se evidenciaron grandes diferencias entre las fuerzas mecánicas de dos pruebas experimentales, lo cual posiblemente es debido a que no hay control sobre el punto de inicio de la onda de voltaje al momento de realizar el corto, lo que a su vez puede afectar la asimetría de la onda de corriente de cortocircuito e influye en los valores de esfuerzos máximos registrados. Esto también fue una limitante en el experimento dado que solo se midió la corriente en las

fases B del transformador, es posible que por alguna de las otras fases hubiese una mayor corriente transitoria que la registrada en la fase B.

Con este proyecto se desarrolló un dispositivo innovador que permite registrar los esfuerzos electrodinámicos en un tablero eléctrico durante la prueba de cortocircuito. Aunque no se logró eliminar por completo el efecto de la inducción magnética, se logró disminuir su influencia sobre el voltaje de salida de las galgas extensiométricas mediante la utilización de dos galgas blindadas.

Se validaron los resultados del software Switchgear y la simulación con elementos finitos, ya que se consideró que diferencias dentro de un 20% eran aceptables y los resultados fueron acordes con la experimentación, la simulación de elementos finitos y las ecuaciones analíticas.

En pruebas preliminares se utilizaron galgas no blindadas magnéticamente, presentándose un ruido por inducción magnética, que superaba por seis veces la fuerza mecánica estimada. También se realizaron apantallamientos del campo magnético sobre las galgas, sin resultados satisfactorios. Un transformador falló durante una de las pruebas lo que indica que se deben tener cuidados extremos cuando se realizan pruebas bajo condición de cortocircuito.

Como trabajo futuro se piensa en realizar más pruebas experimentales realizando un control preciso del inicio de la prueba, además de hacer registros de corriente en las tres fases del transformador, con lo que se lograría el máximo pico de la onda de corriente durante el cortocircuito. Se piensa realizar mediciones durante un cortocircuito en transformadores eléctricos.

Se está trabajando en asocio con el Cluster de energía del Suroccidente, en la preparación de una propuesta de proyecto para montar un laboratorio de alta corriente (65kA), donde puedan realizarse las pruebas de resistencia al corto circuito con valores elevados de corriente.

Se considera que el dispositivo que se desarrollo puede ser considerado como una invención o un desarrollo tecnológico, para lo cual se adjunta el formato de Notificación de Invención para la evaluación por parte de la VRI.

REFERENCIAS

1. *Ministerio de Minas y Energía de Colombia. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), 2013. RESOLUCIÓN NO. 9 0708 de agosto 30 de 2013.*
2. *Costa, S.F., Switchgear Design [CD-ROM]. 2014, Cognitor: Brasil.*
3. *Canova, A. and L. Giaccone, Numerical and analytical modeling of busbar systems. IEEE Transactions on Power Delivery, 2009. 24(3): p. 1568-1578.*
4. *D.P. Labridis & P.S. Dokopoulos (1996). Electromagnetic forces in three-phase rigid busbars with rectangular cross-sections. IEEE Transactions on Power Delivery Vol. 11, 793-800.*
5. *Dimitris G. Triantafyllidis, P.S. Dokopoulos & D.P. Labridis (2003). Parametric short-circuit force analysis of three-phase busbars —A fully automated finite element approach. IEEE Transactions on Power Delivery Vol. 18, 531-537.*
6. *F.M. Yusop, M.K. Jamil, D. Ishak & S. Masri (2011). Study on the electromagnetic force affected by short-circuit current in vertical and horizontal arrangement of busbar system. International Conference on Electrical, Control and Computer Engineering, Pahang, Malaysia, p. 196-200.*
7. *Feitoza, S., Switchgear Design [CD-ROM], Cognitor, Brasil, Programa Computacional, versión 2015.*

4. MPACTOS ACTUAL O POTENCIAL:

Académico

- Elaboración de la tesis de maestría del estudiante Carlos Alfonso Díaz Pérez con código 1101129 próximo a graduarse el 21 de abril de 2017.
- Elaboración de la tesis de pregrado del estudiante Leonardo Caicedo Giraldo próximo a graduarse el 21 de abril de 2017.
- Semillero de investigación del estudiante Juan Martín Guardiola Montenegro.

Investigativo

- Ponencia “Diseño de un innovador dispositivo para la medición de los esfuerzos electrodinámicos que ocurren durante el ensayo de cortocircuito en tableros eléctricos” en el Tercer Congreso Internacional AMDM sobre Tecnologías Avanzadas de Mecatrónica Diseño y Manufactura. Universidad del Valle 13 – 15 de abril 2016.
- Ponencia “Diseño de un innovador dispositivo para la medición de los esfuerzos electrodinámicos que ocurren durante el ensayo de cortocircuito en tableros eléctricos” Semana de Ingeniería – 9no Simposio de Investigaciones. Universidad del Valle 18 – 21 de octubre 2016.
- Artículo científico (en proceso) en revista internacional “Medición experimental de los esfuerzos electrodinámicos que ocurren durante el ensayo de cortocircuito en tableros eléctricos”
- Desarrollo tecnológico (en proceso VRI).

Impacto actual

El presente proyecto se trabajó en conjunto con la Asociación de Tableristas del Suroccidente, ATSO. Los resultados del proyecto permitieron a la Universidad del Valle dar veredicto de aprobación a los resultados de la simulación con el software Switchgear Design, en el aspecto de cortocircuito en tableros eléctricos. Tal validación del software por parte de la Universidad, permitió inmediatamente la comercialización de tableros eléctricos por parte de los tableristas pertenecientes a la ATSO. Fue un impacto positivo a la industria nacional. **Se anexa carta enviada a la ATSO validando los resultados del software Switchgear Design.**

En el sector científico, se pretende mostrar los resultados aquí obtenidos a la comunidad científica internacional, ya que la medición experimental de las fuerzas de cortocircuito no está en la literatura.

En el sector tecnológico, se está realizando con la Vicerectoría de Investigación de Univalle el estudio del dispositivo como *Desarrollo Tecnológico*, el cual es una potencial patente de pasar la aprobación. **Se anexa Formato de Invención para evaluación por parte de la VRI.**

Desarrollos futuros

Actualmente se trabaja en la medición de las fuerzas que se producen durante un cortocircuito en transformadores eléctricos, aprovechando la experiencia obtenida con el presente proyecto.

5. PRODUCTOS:

Tabla No. 1. Cantidad y tipo de productos pactados en el *Acta de Trabajo y Compromiso* y productos finalmente presentados

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS				No. de PRODUCTOS PRESENTADOS			
Productos de nuevos conocimientos								
Artículo en revista ISI-SCOPUS:	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
		1				1		
Artículo completo publicado en revistas indexadas	A1	A2	B	C	A1	A2	B	C
	1							
Libros de autor que publiquen resultados de investigación	0				0			
Capítulos en libros que publican resultados de investigación	0				0			
Productos o procesos tecnológicos patentados o registrados	0				0			
•Prototipos y patentes	0				1			
•Software	0				0			
Productos o procesos tecnológicos usualmente no patentables o protegidos por secreto industrial	0				0			
Normas basadas en resultados de investigación	0				0			
Formación de recursos humanos	No. de estudiantes vinculados		No. de tesis		No. De estudiantes Vinculados		No. De tesis	

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS		No. de PRODUCTOS PRESENTADOS	
Estudiantes de pregrado	1	1	1	1
Semillero de Investigación	1	0	1	0
Estudiantes de maestría	1	1	1	1
Estudiantes de doctorado	0	0	0	0
Joven investigador	0	0	0	0
Productos de divulgación				
Publicaciones en revistas no indexadas				
Ponencias presentadas en eventos (congresos, seminarios, coloquios, foros)	No. de ponencias nacionales	No. de ponencias internacionales	No. de ponencias nacionales	No. de ponencias internacionales
	1	1	1	1
Propuesta de investigación	# Propuestas		# Propuestas	
Propuestas presentadas en convocatorias externas para búsqueda de financiación.	1		Se espera enviar a una convocatoria futura	

Tabla No. 2. Detalle de productos

Para cada uno de los productos obtenidos y relacionados en la tabla anterior, indique la información solicitada para cada uno, anexando copia de las respectivas constancias

Tipo de producto:	Estudiante - Tesis de pregrado
Nombre General:	Simulación de esfuerzos electrodinámicos de cortocircuito para tableros eléctricos de baja tensión a través de herramientas computacionales (2017)
Ciudad y fechas:	Cali, 9 de febrero 2017 (Sustentación)
Participantes:	Leonardo Caicedo Giraldo
Sitio de información:	Biblioteca Central.
Formas organizativas:	Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Tipo de producto:	Semillero de Investigación
Nombre General:	Tercer seminario de investigación formativa
Ciudad y fechas:	Octubre 5 de 2015
Participantes:	Juan Martin Guardiola Montenegro
Sitio de información:	Biblioteca Central.
Formas organizativas:	Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Tipo de producto:	Estudiante – Tesis de maestría
Nombre General:	Desarrollo de un dispositivo para la medición de la fuerza mecánica generada entre las fases de un tablero eléctrico durante un cortocircuito (2016)
Ciudad y fechas:	Cali, 22 de Noviembre 2016 (Sustentación)
Participantes:	Ing. Carlos Alfonso Díaz Pérez
Sitio de información:	Biblioteca Central.
Formas organizativas:	Escuela de Ingeniería Mecánica

Tipo de producto:	Ponencia internacional
Nombre General:	Tercer Congreso Internacional sobre Tecnologías Avanzadas de Mecatrónica Diseño y Manufactura AMDM 2016
Nombre Particular:	Diseño de un innovador dispositivo para la medición de los esfuerzos electrodinámicos que ocurren durante el ensayo de cortocircuito en tableros eléctricos
Ciudad y fechas:	Cali, 13 – 15 Abril 2016. Universidad del Valle, Melendez.
Participantes:	Carlos Alfonso Díaz, Guillermo Aponte, Fernando Casanova, Eduardo Marlés, Andrés Zúñiga.
Sitio de información:	http://amdm2016.univalle.edu.co/
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Alta Tensión GRALTA, Grupo de Investigación en Mejoramiento Industrial GIMI.

Tipo de producto:	Artículo científico (draft)
Nombre General:	Se envió a IEEE Transactions on Power Delivery

Nombre Particular:	Experimental Measurement of Electrodynamic Forces During Short Circuit Testing of Electrical Panels
Ciudad y fechas:	Mayo 1, 2017
Participantes:	Carlos Alfonso Díaz, Guillermo Aponte, Fernando Casanova, Andrés Zúñiga, Leonardo Caicedo, Eduardo Marlés.
Sitio de información:	IEEE.
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Alta Tensión GRALTA, Grupo de Investigación en Mejoramiento Industrial GIMI.

Tipo de producto:	Desarrollo tecnológico
Nombre General:	OTRI VRI Univalle
Nombre Particular:	Dispositivo para la medición de esfuerzos electrodinámicos en tableros eléctricos durante un cortocircuito.
Ciudad y fechas:	Cali, Marzo 2017
Participantes:	Carlos Alfonso Díaz, Guillermo Aponte, Fernando Casanova, Eduardo Marlés, Andrés Zúñiga.
Sitio de información:	OTRI VRI Univalle
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Alta Tensión GRALTA, Grupo de Investigación en Mejoramiento Industrial GIMI.

Tipo de producto:	Presentación de resultados en eventos de orden institucional
Nombre General:	Semana de Ingeniería – 9no Simposio de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería
Nombre Particular:	Diseño de un innovador dispositivo para la medición de los esfuerzos electrodinámicos que ocurren durante el ensayo de cortocircuito en tableros eléctricos
Ciudad y fechas:	19 de Octubre de 2016
Participantes:	Carlos Alfonso Díaz, Guillermo Aponte, Fernando Casanova, Eduardo Marlés, Andrés Zúñiga.
Sitio de información:	Biblioteca Central
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Alta Tensión GRALTA, Grupo de Investigación en Mejoramiento Industrial GIMI.

La presente versión del informe contiene las observaciones de los evaluadores:



VICERRECTORIA DE INVESTIGACIONES

**ELABORACIÓN DE INFORMES
FINALES - PROYECTOS DE
INVESTIGACIÓN**

Firma del investigador principal

VoBo. Vicedecano de Investigaciones