

Creation of a dielectric testing laboratory in the department of Boyacá

Creación de un laboratorio de ensayos dieléctricos en el departamento de Boyacá

Juan Carlos Castro Galeano¹, Elieser Emilio Carvajal Santos¹, Jesús María López Lezama²

¹Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia. ²Universidad de Antioquia, Departamento de Ingeniería Eléctrica. Medellín, Colombia.

juan.castrogaleano@uptc.edu.co, elieser.carvajal@uptc.edu.co, jmaria.lopez@udea.edu.co

Castro-Galeano JC, Carvajal-Santos EE, López-Lezama JM. Creación de un laboratorio de ensayos dieléctricos en el departamento de Boyacá. Ingeniería y competitividad, 2023, 25(1); e-20611783. <https://doi.org/10.25100/iyc.v25i1.11783>

Recibido: 29 de noviembre de 2021 - **Aceptado:** 18 de septiembre de 2022

Abstract

This work presents the experience in the creation of a dielectric testing laboratory designed to perform periodic tests to the personal protection elements used in live works (TCT), in agreement between Empresa de Energía de Boyacá S.A. E.S.P (EBSA) and Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC). The motivation arises from the search to improve the health and safety processes at work of the operators of EBSA E.S.P., in addition to avoiding the displacement of tools and isolated basket crane vehicles to other cities for their tests. The tests implemented are performed using the applied voltage method, whose methodology consists of applying a test voltage higher than the operating voltage of the elements under test, at industrial frequency for one minute, which represents dielectric stress on the insulation and makes it possible to verify that the insulating materials are not aged, degraded, contaminated, or perforated. Currently, the laboratory is performing the management system in NTC-ISO/IEC 17025:2017, a standard that governs the implementation of testing and calibration laboratories in Colombia. UPTC now has a dielectric testing laboratory with a testing capacity up to 100 kV, which can be used for teaching, research and extension, which contributes to the strengthening of the links between the University and companies in the electrical sector in the region.

Keywords: Creation of a laboratory, dielectric testing, department of Boyacá.

Resumen

Este trabajo presenta la experiencia en la creación de un laboratorio de ensayos dieléctricos diseñado para realizar pruebas periódicas a los elementos de protección personal empleados en trabajos con tensión (TCT), en convenio entre la Empresa de Energía de Boyacá S.A. E.S.P (EBSA) y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC). La motivación surge en la búsqueda de mejorar los procesos de salud y seguridad en el trabajo de los operarios de EBSA E.S.P., además de evitar los desplazamientos de herramientas y vehículos grúa canasta aislados hasta otras



ciudades para sus pruebas. Los ensayos implementados se realizan mediante el método de tensión aplicada, cuya metodología consiste en aplicar un voltaje de prueba superior al de operación de los elementos bajo ensayo, a frecuencia industrial durante un minuto, lo que representa un esfuerzo dieléctrico en el aislamiento y permite verificar que los materiales aislantes no se encuentren envejecidos, degradados, contaminados o perforados. Actualmente el laboratorio se encuentra realizando el sistema de gestión en NTC-ISO/IEC 17025:2017, norma que rige la implementación de laboratorios de ensayo y calibración en Colombia. La UPTC ahora cuenta con un laboratorio de ensayos dieléctricos con capacidad de prueba de hasta 100 kV, que puede ser usado para docencia, investigación y extensión, lo cual contribuye al fortalecimiento de los vínculos entre la Universidad y las empresas del sector eléctrico de la región.

Palabras clave: Creación de laboratorio, ensayos dieléctricos, departamento de Boyacá.

1. Introducción

La creación de un laboratorio de ensayos dieléctricos en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) permite sin duda alguna, abrir espacios laborales y técnicos al departamento de Boyacá, y esto hoy es una realidad gracias a una alianza con la empresa de Energía de Boyacá (EBSA E.S.P.). El departamento de Boyacá no contaba con un laboratorio de ensayos dieléctricos para elementos de protección personal como, por ejemplo: guantes dieléctricos, mangas, herramientas y equipos empleados en trabajos con tensión (TCT) como carrocanasta y pértigas, entre otros. Debido a esto, la empresa EBSA E.S.P. y contratistas de la región, debían trasladar los elementos y vehículos grúa canasta aislados de sus cuadrillas hasta otras ciudades para los ensayos, requiriendo mayor tiempo, gastos de transporte, además de asumir el riesgo asociado por los desplazamientos.

Para reducir el riesgo de accidentes eléctricos se deben realizar pruebas periódicas a los elementos de TCT, de acuerdo con la Resolución 5018 de 2019⁽¹⁾, y se debe capacitar el personal, por lo que la creación de este laboratorio fortalece a las empresas del sector eléctrico realizando dichas pruebas de forma segura y dando cumplimiento a los indicadores de calidad del servicio SAIDI y SAIFI⁽²⁾; así como también en la medición de la continuidad del mismo, para determinar los niveles óptimos de frecuencia y duración de las

interrupciones según Resoluciones CREG 025 de 2013⁽³⁾ y CREG 015 de 2018⁽⁴⁾. Por otra parte, se debe dar cumplimiento con el objeto fundamental del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, respecto a establecer medidas tendientes a garantizar la seguridad de las personas, previniendo y minimizando los riesgos de origen eléctrico a los que están expuestos los operarios de TCT, que es una premisa fundamental en este tipo de instalaciones⁽⁵⁾.

Los ensayos implementados en este laboratorio se realizan de acuerdo con la norma NTC/ISO/IEC 17025:2017⁽⁶⁾ para dar cumplimiento a los requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, y son realizados por personal técnico y científico altamente calificado de la Escuela de Ingeniería Electromecánica de la UPTC de la Facultad Seccional Duitama, empleando equipos calibrados para asegurar la confiabilidad de los resultados. El grupo de trabajo del laboratorio también realiza un trabajo innovador enfocado hacia la prestación de servicios de ensayos dieléctricos a las empresas del sector eléctrico de la región, capacitaciones teórico-prácticas y desarrollo de proyectos de investigación que articulan a la universidad con el sector productivo.

2. Metodología

En 2016, se realizó un convenio de cooperación interinstitucional entre la UPTC y EBSA E.S.P., para el diseño, adecuación y puesta en marcha de

pruebas dieléctricas en la región de Boyacá. La empresa aportó a la UPTC una fuente de 130 kVAC, siendo el principal recurso para la realización de los ensayos. Por otro lado, la UPTC designó un docente para liderar el proceso y se inició con la adecuación de infraestructura, documentación, seguridad, administración, aseguramiento metrológico y elaboración del sistema de gestión en NTC-ISO/IEC 17025:2017 ⁽⁶⁾ con miras a la acreditación de los ensayos para la prestación de servicios a las empresas de la región y el país.

En 2021, el laboratorio fue patrocinado con la Convocatoria MINCIENCIAS 888-2020 la cual tuvo como objetivo “Conformar un banco de proyectos elegibles para apoyar la implementación y/o acreditación de servicios de calibración o de ensayo en los departamentos priorizados, a través del fortalecimiento de las

capacidades metrológicas de los laboratorios, con el propósito de contribuir a la mejora de la productividad y competitividad en el país”. En 2022, se implementan ensayos de impedancia y descarga de baterías, así como también ensayos funcionales y de seguridad a estaciones de carga de vehículos eléctricos, adaptándose a las necesidades del sector eléctrico a nivel nacional. Los ensayos se prestan con trazabilidad, empleando equipos calibrados en laboratorios acreditados por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) para garantizar la confiabilidad de los resultados. A continuación, se describe el procedimiento utilizado para la instalación del laboratorio. Se inicia con la adecuación de la infraestructura como se indica en el área de color gris de la Figura 1. Una vez adecuada la infraestructura, se llevó a cabo la implementación de los montajes de prueba.



Figura 1. Infraestructura destinada para el laboratorio

2.1 Adecuación de la infraestructura

La UPTC dispuso de un espacio de 80 m² para la puesta en servicio del laboratorio. En la Figura 2 se presentan las primeras instalaciones del laboratorio donde se cuenta con un espacio para la realización de los ensayos y otro para realizar las demostraciones a los asistentes.

La planta física se fue adecuando gradualmente, siendo necesaria la instalación de un sistema de puesta a tierra con sus respectivas cajas de inspección (ver Figura 3) y la adecuación de un portón corredizo para el ingreso de los elementos al laboratorio como indica la Figura 4.

Una vez finalizada la adecuación del sistema de puesta a tierra, se aplicó en el suelo pintura epóxica color verde, generando un espacio más

agradable y de fácil limpieza. El estado actual del laboratorio se presenta en la Figura 5. Mediante conos y cadena de señalización, se indican la zona de ensayos de alta tensión, otra para la consola de control y un espacio para el personal que desea

presenciar los ensayos. El tamaño de la zona de pruebas puede ser ajustable de acuerdo con el tamaño del elemento a ensayar y en el caso del carrocanasta, el ensayo se realiza al frente del laboratorio demarcando esta zona.



Figura 2. Adecuación de espacio físico – espacio inicial

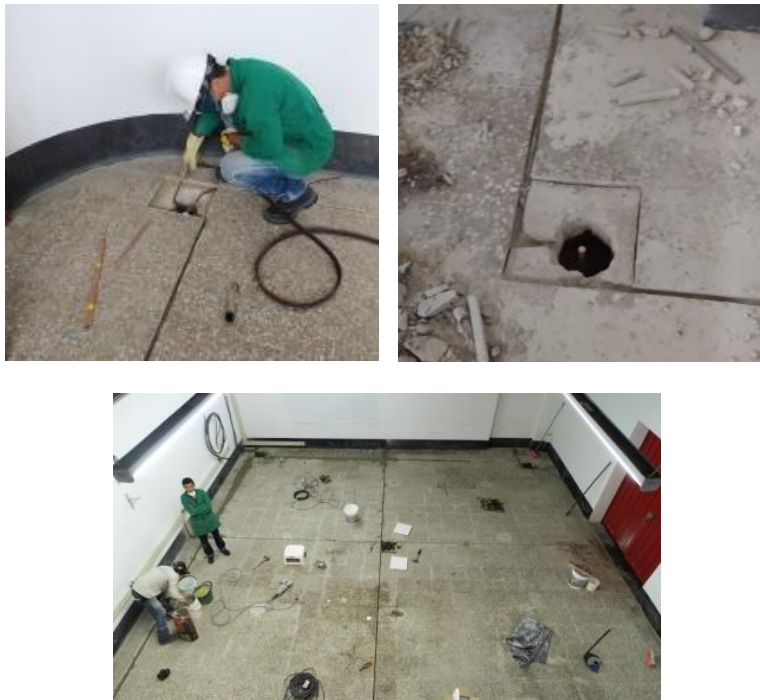


Figura 3. Realización de malla de puesta a tierra.



Figura 4. Adecuación de un portón para acceso de equipo (antes y después)

Una vez finalizada la adecuación del sistema de puesta a tierra, se aplicó en el suelo pintura epóxica color verde, generando un espacio más agradable y de fácil limpieza. El estado actual del laboratorio se presenta en la Figura 5. Mediante conos y cadena de señalización, se indican la zona de ensayos de alta tensión, otra para la consola de control y un espacio para el personal que desea presenciar los ensayos. El tamaño de la zona de pruebas puede ser ajustable de acuerdo con el tamaño del elemento a ensayar y en el caso del carrocanasta, el ensayo se realiza al frente del laboratorio demarcando esta zona.



Figura 5. Adecuación de espacio físico – espacio actual

Finalmente, se adecuó un espacio de bodega para el almacenamiento de los equipos y se dispuso otro espacio para la dirección del laboratorio y recepción de clientes, el cual se encuentra en proceso de adecuación.

2.2 Implementación de los montajes de prueba

Considerando que el área del laboratorio es reducida, y los ensayos para algunos elementos pueden ser esporádicos, todos los montajes de prueba se realizaron de forma modular, de tal forma que, puedan ser ensamblados y desensamblados fácilmente. Por otra parte, también es posible realizar ensayos en instalaciones del cliente. La Figura 6 ilustra ensayos a varios elementos empleando los mismos soportes aislantes para los montajes.



Figura 6. Ensayo a escalera dieléctrica y a detector de tensión

2.3 Selección de los métodos de prueba para ensayos dieléctricos

Para los ensayos dieléctricos se emplea el método de tensión aplicada a frecuencia industrial. Este consiste en verificar la rigidez dieléctrica de los elementos sometiéndolos a una tensión sostenida de corriente alterna durante 60 segundos, teniendo en cuenta la clase y tipo del elemento a ensayar de acuerdo con métodos normalizados para cada elemento. Para la aprobación del ensayo, durante el periodo de prueba, no se debe presentar arco eléctrico, flameo y/o disrupción según los

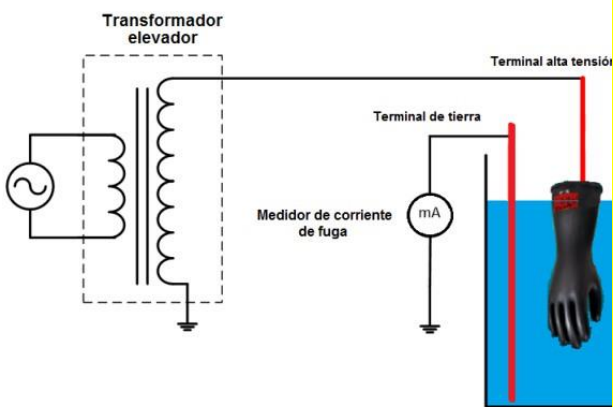


Figura 7. Ensayo de tensión aplicada en guantes dieléctricos

parámetros de la norma, ni se debe superar la corriente de fuga máxima permitida. En la Figura 7 se muestra el esquema de ensayo para guantes dieléctricos. Este requiere un recipiente con agua de grifo, en el cual se sumerge el guante y se indica la conexión del electrodo de alta tensión y el de tierra, además de la medida de la tensión aplicada y de la corriente de fuga. Los esquemas de prueba para los demás elementos son similares, conservando el circuito de alta tensión, pero cambiando la conexión de los electrodos de acuerdo con la forma y tipo del elemento a probar.



Fuente de alta tensión

Pinza para medir corriente de fuga

Figura 8. Principales equipos para los ensayos dieléctricos.

2.4 Selección de equipos

Para los ensayos dieléctricos, se seleccionó y adquirió una fuente de alta tensión de AC marca Phoenix, modelo BK-130, la cual alcanza hasta 130 kV; sin embargo, considerando el factor de corrección por altura y un margen de seguridad, para tratar de alargar la vida útil de este activo, este se opera hasta máximo 100 kV. Para la medición de la corriente de fuga se emplea una pinza de corriente de fuga Fluke i360 (ver Figura 8).

2.5 Lineamientos para la prestación de servicios

Además de cumplir con los requisitos técnicos de los estándares nacionales e internacionales para los ensayos de cada elemento, estos son realizados cumpliendo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025:2017 y del sistema de gestión de la Universidad (ver Figura 9).

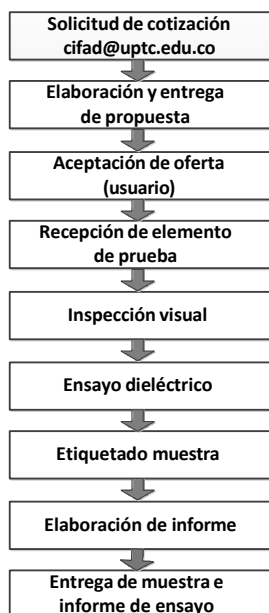


Figura 9. Lineamientos para la prestación de servicios de ensayo.

Para el funcionamiento propio del laboratorio y dando cumplimiento al numeral de personal de la norma NTC-ISO/IEC 17025:2017, el organigrama propuesto, además del director, quien es un docente del área, se considera un gestor en ISO/IEC 17025, para velar por el cumplimiento de todos los requisitos de la norma (ver Figura 10).



Figura 10. Organigrama del laboratorio.

3. Resultados

De acuerdo con la normativa aplicada al laboratorio, los ensayos a elementos, equipos y

herramientas empleadas en TCT se detallan en la Tabla 1, mostrada a continuación.

Tabla 1. Ensayos implementados

Ítem de ensayo	Clase	Voltaje de prueba [kV]	Documento normativo
Guantes dieléctricos	00	2.5	ASTM D120 – 14 (7)
Mangas Dieléctricas	0	5	
Cobertores de línea	1	10	ASTM D120 – 14 (8)
	2	20	
	3	30	ASTM F478 – 14a (9)
4	40		
Jumper	15 kV	20	ASTM 2321-14 (10)
	25 kV	30	
	35 kV	40	

	69 kV	74	
Pértigas	N. A.	75	ASTM F3121 2017 (11)
Cascos	TIPO G	22	NTC 1523-2012 (11)
	TIPO E	20	
Calzado dieléctrico	N. A	18	ASTM F2412 – 18a (12)
Soga dieléctrica	N. A	100	ASTM F1701 – 12 (13)
Escalera	2	94	ASTM D1048-93 (14)
Cizalla	N. A	75	ASTM F 3121 2017 (15)
Herramienta menor	N.A	10	ASTM F1505 – 16 (16)
	Liner	100	
	B. superior	56	
	B. inferior	50	
Carro canasta			ANSI/SIA A 92.2 – 2015 (17)

Fuente: elaboración propia.

Algunos montajes de los ensayos a elementos y herramientas se presentan en las Figuras 11 a 14 para ilustrar las capacidades y servicios que

pueden brindarse desde este laboratorio de ensayos dieléctricos.



Figura 11. Ensayo a escalera y calzado dieléctrico

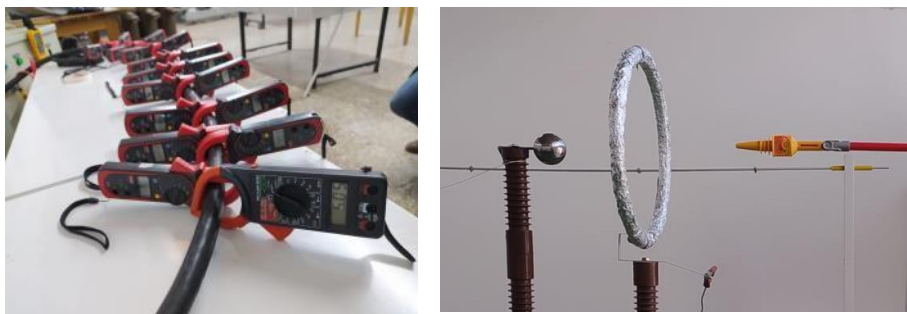


Figura 12. Verificación pinzas de corriente hasta 1200 A y detectores de tensión hasta 100 kV



Figura 13. Ensayos a guantes dieléctricos y herramienta menor



Figura 14. Ensayos a vehículo grúa aislante

suma importancia para articular la investigación desde la academia hacia la industria eléctrica colombiana (ver Figuras 15 y 16).



Figura 15. Capacitaciones a contratistas de EBSA E.S.P.

El laboratorio también ofrece capacitaciones teórico-prácticas a los operarios de EBSA E.S.P. y contratistas, Empresa de Energía del Casanare, ENERCA S.A. E.S.P, egresados del programa de Ingeniería Electromecánica de la UPTC y se han realizado varios proyectos de grado a nivel profesional (pregrado) cuyo aporte ha sido de



Figura 16. Capacitaciones a operarios de EBSA E.S.P.

4. Conclusiones y recomendaciones

La creación de un laboratorio de pruebas dieléctricas para elementos de protección empleados en los TCT, en la UPTC constituye un aporte significativo para el crecimiento de las empresas del sector eléctrico de los departamentos de Boyacá, Casanare, Arauca y Santander, fortaleciendo el área eléctrica que se encuentra en constante crecimiento, reduciendo el riesgo de accidentes que pueden ser ocasionados por elementos de protección defectuosos los cuales se retiran de servicio durante los ensayos, contribuyendo además a aumentar la confiabilidad del servicio.

Los operarios de las empresas del sector eléctrico deben estar capacitados para trabajar en redes energizadas, además de contar con cursos de trabajo en altura, seguros de vida y entrenamiento previo, así como tener un alto nivel de confianza en los implementos de su uso personal conocidos como elementos de seguridad para el trabajo en línea viva, por tanto, la empresa de energía debe probar periódicamente los elementos y establecer el correcto uso, almacenamiento y transporte de la manera correcta. En caso de que un elemento de protección personal presente una perforación o se superen los valores de corriente de fuga permisibles por su respectivo criterio de aceptación, se recomienda además de marcarlo, recortarlo empleando tijeras, para evitar que sea

empleado nuevamente; es por ello que las pruebas para estos equipos realizadas desde este laboratorio son tan importantes, garantizando que los elementos de protección personal que adquiere cumplan la normatividad establecida; lo cual se realiza a través de los certificados de conformidad que entrega el proveedor y de la contratación de servicios de ensayos.

Se resalta la importancia de que tanto la UPTC como la empresa financien este tipo de laboratorios, para fortalecer los vínculos Universidad-Empresa-Estado, siendo beneficiados los estudiantes, las empresas de la región y la comunidad en general, de esta manera se articulan las funciones misionales de todos los entes participantes.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen por el apoyo y financiamiento a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), a la Empresa de Energía de Boyacá S.A. E.S.P. y a la alianza MinCiencias-INM como beneficiarios de la convocatoria 888 de 2020 “Convocatoria para el fortalecimiento de laboratorios de calibración o de ensayo en departamentos priorizados del país - 2020.

6. Referencias

- (1). MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN Social. Gobierno de Colombia. Resolución 5018 De 2019. [citado el 28 de noviembre de 2021]. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=36213>
- (2). IEEE STD 1366 - 2012. Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices.
- (3). COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS “CREG”. Resolución

- CREG-025 de 2013. Por la cual se modifica el artículo 85 de la Resolución CREG-071 de 2006 y se dictan otras disposiciones sobre reporte de información referente a las Subastas para la Asignación de Obligaciones de Energía Firme del Cargo por Confiabilidad. Disponible en: <http://www.creg.gov.co/cxc/secciones/documentos/resoluciones.htm>.
- (4). COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS “CREG”. Resolución CREG-015 de 2018, por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el sistema interconectado nacional. [citado el 28 de noviembre de 2021]. disponible en: [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/65f1aaf1d57726a90525822900064dac/\\$FILE/Creg015-2018.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/65f1aaf1d57726a90525822900064dac/$FILE/Creg015-2018.pdf)
- (5). RETIE. Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas - (Colombia) Ministerio De Minas Y Energía Resolución 90708 Del 30 De Agosto De 2013 Resolución 90907 De 25 De Octubre De 2013 Resolución 90795 De 25 Julio De 2014, Resolución 40492 De 24 De Abril de 2015
- (6). NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC-ISO/IEC 17025. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.
- (7). ASTM D120 – 14 Standard Specification for Rubber Insulating Gloves
- (8). ASTM F478 – 14a Standard Specification for In-Service Care of Insulating Line Hose and Covers
- (9). ASTM 2321 -14 (s.f.). Standard Specification for Flexible and Rigid Insulated Temporary By-Pass Jumpers Disponible en los formatos ASTM. [citado el 28 de noviembre de 2021]. Disponible: <http://www.astm.org>.
- (10). ASTM F 3121 2017 (s.f.). Standard Guide for In-Service Inspection, Maintenance, and Electrical Testing of Hand-Held Live-Line Insulating Tools (Fiberglass-Reinforced Plastic (FRP)) Disponible en los formatos ASTM. [citado el 28 de noviembre de 2021]. Disponible: <http://www.astm.org>.
- (11). NTC 1523-2012 hygiene and safety industrial safety helmets Disponible en los formatos NTC. [citado el 28 de noviembre de 2021]. Disponible: <https://www.icontec.org/>
- (12). ASTM F2412 – 18ª (s.f.). Standard Test Methods for Foot Protection1 Disponible en los formatos ASTM. [citado el 28 de noviembre de 2021]. Disponible: <http://www.astm.org>.
- (13). ASTM D F1701 – 12 Especificación estándar para cuerda sin usar con propiedades eléctricas especiales Disponible en los formatos ASTM. [citado el 28 de noviembre de 2021]. Disponible: <http://www.astm.org>.
- (14). ASTM D1048-93 Especificación estándar para mantas aislantes de caucho Disponible en los formatos ASTM. [citado el 28 de noviembre de 2021]. Disponible: <http://www.astm.org>.
- (15). ASTM F3121 -17 Guía estándar para la inspección en servicio, el mantenimiento y las pruebas eléctricas de herramientas aislantes portátiles de línea viva (plástico reforzado con fibra de vidrio (FRP)) Disponible en los formatos ASTM. [citado el 28 de noviembre de 2021]. Disponible: <http://www.astm.org>.
- (16). ASTM International - ASTM F1505-16 Especificación estándar para herramientas manuales aisladas y aislantes Disponible en los formatos

- ASTM. [citado el 28 de noviembre de 2021]. Disponible: <http://www.astm.org>.
- (17). ANSI/SIA A92.2:2009 Vehicle-Mounted Elevating and Rotating Aerial Devices. [citado el 28 de noviembre de 2021]. Disponible: <https://webstore.ansi.org/standards/sia-scaffold/ansisiaa922001>.