

## Estado de Avance del Diseño de Laboratorio de Alta Tensión para la Facultad de Ingeniería de la UNaM

Hartel Edwyn Javier <sup>a\*</sup>, Duarte Mauricio Martín <sup>a\*</sup>, Cantero Fabrizio <sup>a\*</sup>, Cabral, Roberto J. <sup>a,b,c\*</sup>, Oliveira, Mario O. <sup>a,b\*</sup>.

<sup>a</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

<sup>b</sup> Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Energía Eléctrica (LIDEE), Oberá, Misiones, Argentina.

<sup>c</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

e-mails: [edwyn.hartel@fio.unam.edu.ar](mailto:edwyn.hartel@fio.unam.edu.ar), [dustmartin15@gmail.com](mailto:dustmartin15@gmail.com), [fabriziocantero1234@gmail.com](mailto:fabriziocantero1234@gmail.com),  
[robert\\_rjc@hotmail.com](mailto:robert_rjc@hotmail.com), [ingenioli@gmail.com](mailto:ingenioli@gmail.com)

---

### Resumen

En el presente trabajo se presenta el estado de avance del “Diseño de Laboratorio de Alta Tensión para la Facultad de Ingeniería de la UNaM” realizado en el marco de la materia “Proyecto Electromecánico 2” del quinto año de la carrera de Ing. Electromecánica. El laboratorio en cuestión tiene que ser capaz de realizar ensayos eléctricos y mecánicos a los equipos, elementos y componentes utilizados en redes de distribución, transporte y generación de la energía eléctrica. Además, se pretende que dicho laboratorio funcione como herramienta para la investigación y formación académica profesional dentro de la facultad. El objetivo de los ensayos es facilitar el cumplimiento de las leyes y normativas referidas al tema, como así también servir de herramienta para el análisis, diseño, desarrollo y evaluación de equipos/equipamientos. El estado de avance cuenta con el estudio del arte de los elementos que principalmente demandan ensayos en laboratorios de referencia, como así también un análisis de las legislaciones referidas al proyecto.

**Palabras Clave** – Ensayos eléctricos, laboratorio de alta tensión, normativa de equipos eléctrico, legislación de ensayos eléctricos., protocolo de ensayos eléctricos

### 1. Introducción

Los estudios demográficos demuestran que con el paso de los años no solo se incrementa la población, sino que además se incrementa la cantidad de energía eléctrica consumida por cada individuo. Es una realidad que las formas de generación, transporte y distribución de energía eléctrica han evolucionado con el correr de los años, sin embargo, muchas son las instalaciones que aún hoy en día cuentan con equipos que datan del siglo pasado. Es así que las normativas argentinas exigen cada vez mayor disponibilidad y calidad de la energía, traduciéndose en mantenimientos, ensayos de verificación y en investigación para el desarrollo de nuevos equipos capaces de satisfacer las necesidades de la sociedad. En marco de este panorama es el cual se plantea el proyecto de *Diseño de Laboratorio de Alta Tensión para la Facultad de Ingeniería de la UNaM (FI UNaM)*.

El objetivo del diseño de dicho laboratorio de alta tensión es establecer al alcance de las empresas distribuidoras, transportistas y generadoras de energía eléctrica la posibilidad de ensayos que permitan la evaluación de los equipos utilizados. Así también, aplicar estos ensayos para que se puedan desarrollar mejores equipos, apoyando el desarrollo en la región del NEA. Además, este laboratorio se concibe para la formación en la FI UNaM en la ciudad de Oberá Misiones, tanto para

la investigación como para la formación de estudiantes y la capacitación de terceros respecto a actividades específicas.

Los objetivos específicos del proyecto se sintetizan en: establecer las dimensiones mínimas necesarias del recinto del laboratorio, definir los equipos que se van a ensayar, determinar los equipos necesarios para estos ensayos, definir un *layout* del laboratorio, diseñar la puesta a tierra y jaula de Faraday acorde a la instalación, elaborar los protocolos de ensayos para cada elemento/equipamiento según la normativa correspondiente, evaluar el proyecto desde el punto de vista técnico, legal, ambiental y económico del proyecto.

En este trabajo se presentan los avances del proyecto referidos a la investigación previa (estado del arte), estudio legal y normativas para definir los ensayos.

## 2. Estado del arte

En este apartado se presentan los relevamientos de ensayos que se realizan actualmente en laboratorios de referencia, como también una breve descripción de los elementos a ensayar y las normativas relacionadas en cada caso. Además, se presentan las dimensiones que tienen otros laboratorios con la finalidad de establecer una primera aproximación a las dimensiones del proyecto.

### 2.1 Laboratorios de referencia

Se han tomado dos laboratorios de ensayos de alta tensión como referencias ubicadas en cercanías a la zona centro del país.

#### 2.1.1 Dimensiones y tensiones máximas de trabajo

En la Tabla 1 se presentan las dimensiones generales de los laboratorios de referencia para los cuales se prefiere no dar nombre.

**Tabla 1 - Dimensiones del recinto de ensayo**

<b>Dimensiones generales de laboratorios de referencia</b>				
<b>Nombre</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Alto</b>	<b>Tensión máxima de ensayo</b>
Laboratorio 1	20m	20m	12m	500kV
Laboratorio 2	20m	20m	12m	500kV

#### 2.1.2 Ensayos de mayor demanda

En la Tabla 2 se presentan los ensayos que presentan mayor demanda en cada uno de los laboratorios de referencia.

**Tabla 2 - Ensayos de mayor demanda**

<b>Laboratorio 1</b>	<b>Laboratorio 2</b>
----------------------	----------------------

Descargadores de sobretensión	Guantes aislantes
Seccionador	Pértigas
Seccionador-fusible	Trajes conductores
Transformadores	
Cables	
Resistencia de puesta a tierra	
Elementos de protección personal	

## 2.2 Alcance

Se define el alcance del proyecto por la principal demanda presente en la zona, y por ende, se refiere a las empresas dedicadas a la generación, transporte y distribución. Específicamente basada en EMSA (Energía de Misiones), la cual es la única empresa de transporte y la principal en distribución de energía eléctrica. Los niveles de tensión de transporte son 132kV. Por lo que el diseño del laboratorio se plantea en tres etapas principales.

*Primero:* Ensayos de baja y media tensión (hasta 66kV) referidos a los elementos y equipos que se utilizan en la región y que demandan mayor cantidad de ensayos. Esto se traduce directamente en *Elementos de Protección Personal (EPP), Seccionadores, Seccionador-fusible, Descargadores y Pértigas.*

*Segundo:* Ensayos de alta tensión hasta 100kV. Referidos principalmente aisladores y sistemas de protección para transformadores, incluyendo algunos EPP y pértigas.

*Tercero:* Ensayos de alta tensión hasta 500kV. Se proyecta el laboratorio con esta tensión para abarcar ensayos referidos a las líneas de transporte y el desarrollo e investigación.

En síntesis, se plantea el laboratorio para alcanzar los niveles de tensión de ensayo de hasta 500kV, comenzando por hacer frente a la demanda de baja ( $U \leq 1.1kV$ ) y media tensión ( $U \leq 100kV$ ), hasta alcanzar los niveles referidos al transporte nacional ( $U \leq 500kV$ ).

El trabajo presentado se encuentra en la *primera etapa*, es decir, en la investigación de los elementos referidos a la distribución (baja y media tensión).

## 2.3 Elementos para la primera etapa

En esta sección se presentan los elementos que se pretenden ensayar con su respectiva normativa de ensayo. En la Tabla 3 se presenta un resumen que lista los elementos con su respectiva normativa.

**Tabla 3 - Lista de elementos con norma de referencia para ensayo**

Nombre	Descripción	Norma		Ref.
		IEC	IRAM	
Seccionador-Fusible	Líneas de MT. Protege al transformador de sobrecorrientes	62271-105		[1]
Seccionador-Cuchilla	Elementos de MT que permiten interrumpir la línea	62271-102		[2]
Descargadores de sobretensión	Proteger los transformadores de	60099-8	2472	[3], [4]

	descargas atm.			
Conductor MT	Conductor MT	61089	2178	[5]
Conductor Preensamblado BT	Utilizados en zonas urbanas		2263	[6]
Conductor Preensamblado MT	Utilizados para distribución.		63004	[7]
Conductor subterráneo MT	Utilizado principalmente en zonas céntricas.	60502-2	2178-2	[8], [9]
Guantes dieléctricos	EPP de MT. Clasificado por clase	60903	3604	[10], [11]
Mantas dieléctricas	EPP para MT. Clasificado por clase.	61112	ASTM D1048	[12], [13]
Cobertor de línea	Clasificado por clase. Utilizado para aislar las líneas durante mtto.	ASTM D1050		[14]
Pértigas	Elemento de maniobra manual	60855-1 61235		[15], [16]
Detector de tensión	Utilizados para determinar la presencia de tensión en líneas. Relacionado con la seguridad.	61243		[17]

### 3. Estudio Legal

En esta sección se establecerán las legislaciones vigentes, principalmente las nacionales ya que estas regulan la actividad del laboratorio, justifican la necesidad legal de los ensayos y establecen obligaciones a las empresas con respecto a la fiabilidad de sus servicios. A su vez, se mencionarán las normativas o entes relacionados directa e indirectamente con la actividad en cuestión. Las principales normativas que veremos están relacionadas con los ensayos y por ende se corresponden con normas IRAM, IEC, IEEE y ASTM según el caso.

#### 3.1 Legislativa Nacional

Se abordan las leyes nacionales que se refieren tanto a la seguridad debido a la actividad desarrollada en el laboratorio, a la fiabilidad y operación segura referida a los equipos (motivos de ensayo) como también a la ley referida al régimen de la energía eléctrica que se corresponde a la necesidad legal del laboratorio.

##### 3.1.1 Ley N° 24.065 – Régimen de la Energía Eléctrica [18]

Esta ley se refiere a la generación, transporte y distribución de la energía.

*Artículo 1:* Establece las bases del servicio, referidas a la confiabilidad de los equipos utilizados.

*Artículo 2:* Se refiere al derecho de los usuarios con respecto al servicio continuo y fiable.

*Artículo 16:* Establece las obligaciones de los generadores, transportistas y distribuidores referidas a la seguridad de sus instalaciones, sin comprometer la seguridad ni el derecho público al acceso de la energía, dando pie a los ensayos para garantizar el funcionamiento correcto.

*Artículo 63:* Menciona que el incumplimiento de las normas será sancionado.

### 3.1.2 Ley N° 19.587 – Higiene y Seguridad en el Trabajo [9] (Decreto N° 351/79) [20]

Establece las pautas que deben cumplir todos los ambientes laborales, referidas específicamente a las condiciones de garantizar la integridad física-mental de los trabajadores. Entiéndase por ello que se analizan los casos referidos a:

- Edilicias y de seguridad
- Iluminación, ventilación, señalización, etc
- Riesgos eléctricos

#### *Anexo I*

*Cap. 1 – Artículo 1°:* Establece la obligatoriedad del cumplimiento de la ley N°19.587.

*Cap. 1 – Artículo 4°:* Define que un establecimiento es todo lugar donde se realizan tareas técnicas involucrando personas físicas. Por lo que se entiende que el LAT será considerado dentro de la ley antes mencionada.

*Cap. 5 – Artículo 42:* Exige que el diseño del LAT contemple los riesgos y se proyecte acorde a ellos.

#### *Anexo VI– Cap. 14 – Instalaciones eléctricas*

En este anexo se encuentran los detalles de seguridad referido a la parte eléctrica. Desde la definición de MBT, BT y AT hasta los elementos de seguridad necesarios en tareas de trabajo. Un dato particularmente necesario en el diseño del proyecto se corresponde con la Tabla 4, distancias de seguridad. Estas distancias serán tenidas en cuenta para la ubicación de barreras protectoras, señalización de peligro y pasillos para circulación/escape en casos de ser necesarios.

**Tabla 4 - Distancias mínimas de seguridad**

<b>Nivel de tensión</b>	<b>Distancia mínima [m]</b>
0 a 50V	Ninguna
Más de 50V. Hasta 1kV.	0.80
Más de 1kV hasta 33kV	0.80
Más de 33kV hasta 66kV	0.9
Más de 66kV hasta 132kV	1.50
Más de 132kV hasta 150kV	1.65
Más de 150kV hasta 220kV	2.10
Más de 220kV hasta 330kV	2.90
Más de 330kV hasta 500kV	3.60

#### *Anexo VII:*

Establece las protecciones contra incendios. Referidas al diseño del edificio (fuera del alcance) en cuestiones de cajas de escaleras, ascensores entre otros. Además, establece los tipos de matafuegos y sus características relevantes, según la labor realizada. Por ejemplo, en el LAT deberían instalarse principalmente extinguidores tipo C, diseñados específicamente para riesgos eléctricos.

### 3.2 Normativas

En este apartado se mencionan los principales entes que regulan y establecen normas de interés para el desarrollo del proyecto. En cuestiones de la propia instalación que se desarrollará como así también referidas a las normas utilizadas para los diferentes ensayos.

#### 3.2.1 Normativas para los ensayos

Si bien ya se han mencionado estas normas en el apartado de estudio del arte, se menciona en este apartado cuales son las normativas principales que se seguirán para la realización y el cumplimiento de los protocolos de ensayo. En primera instancia, se mencionan las normas nacionales y por ello se hace mención a la norma **IRAM**, que se corresponde con el instituto *Argentino de Racionalización de Materiales*. Este establece los protocolos de ensayos de gran número de equipamientos y elementos. Es importante mencionar que generalmente se apoya en normativas internacionales como son las **NORMAS IEC**, “*Comisión Electrotécnica Internacional*”, congeniando entre estas dos normas los pilares fundamentales de los ensayos dentro del laboratorio. Debe mencionarse que existen elementos que deben ensayar determinadas características especiales, como con la flexibilidad, ensayos térmicos o de resistencia a la tracción. En estos casos, las referencias pueden ser las **NORMAS ASTM**.

#### 3.2.2 Normativa para la instalación

En este apartado vemos las principales normativas referidas a la instalación eléctrica, puesta a tierra y normativa general básica para ensayos de alta tensión entre otras.

La instalación eléctrica del laboratorio se correspondería con **NORMA AEA 90364** [21] con una instalación trifásica de 380V. Con respecto al diseño de la puesta a tierra el proyecto toma como normas de referencia las normas **IEEE std 80** [22], **IEC 61936-1** [23], **IRAM 2281** [24] y la además la **IEC 61000-4-5** [25].

Por otro lado, debe mencionarse que la actividad desarrollada tiene sustento en **IEC 60060-1** [26] y **2** [27], que establece los requerimientos y los sistemas de medición para ensayos en alta tensión. Como el laboratorio se concibe con el objetivo final de alcanzar los 500kV debe diseñarse desde el comienzo con esta primicia.

## 4. Conclusiones

El presente trabajo refleja el estado de avance en el diseño de un laboratorio de alta tensión para la Facultad de Ingeniería de Oberá, el cual abordó los ítems de *estudio del arte* y *estudio legal* en relación con el *primer* objetivo de alcance. A partir del relevamiento de ensayos prioritarios y del análisis de normativas nacionales e internacionales, se establecieron las bases para una instalación que pueda realizar pruebas eléctricas y mecánicas a una amplia gama de equipos utilizados en distribución, transporte y generación eléctrica referidas a la región.

La propuesta considera una implementación escalonada, comenzando por ensayos en baja y media tensión, hasta alcanzar niveles de tensión de hasta 500 kV. Esta planificación permite responder inicialmente a las exigencias locales para luego proyectar el crecimiento del laboratorio en sintonía con el desarrollo tecnológico y energético del NEA.

Además, en el artículo se abordó el estudio legal y normativo que permite prever un diseño seguro, acorde a la legislación vigente y a los estándares nacionales e internacionales requeridos por los ensayos a realizar. En este sentido, el laboratorio no solo aportará al cumplimiento de las normativas vigentes, sino también al fortalecimiento de la formación técnica e investigación aplicada en la región.

Finalmente se menciona que el proyecto continuará con la profundización del estado del arte para abarcar los ensayos de equipos hasta 500kV, como así también abordar las legislativas y normas referidas al estudio ambiental. Además, se desarrollará el estudio técnico que es necesario para cumplir con los objetivos y finalmente se desarrollará el estudio económico/financiero para la evaluación total del proyecto.

## 5. Referencias

- [1] IEC High-voltage switchgear and controlgear Part 105: Alternating current switch-fuse combinations, IEC 62271-105, 2002-08.
- [2] IEC High-voltage switchgear and controlgear - Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches, IEC 62271-102, 2018.
- [3] IEC Surge arresters - Part 8: Metal-oxide surge arresters with external series gap (EGLA) for overhead transmission and distribution lines of a.c. systems above 1 kV, IEC 60099-8, 2017
- [4] IRAM Descargadores de sobretensión. Descargadores de óxido metálico sin explosores para redes de corriente alterna., IRAM 2472, 2016.
- [5] IEC Round wire concentric lay overhead electrical stranded conductors, IEC 61089, 1991.
- [6] IRAM Cables preensamblados con conductores de aluminio aislados con polietileno reticulado para líneas aéreas de hasta 1 kV, IRAM 2263, 2018.
- [7] IRAM Cables preensamblados para distribución aérea de energía eléctrica para tensiones nominales (U) de 13,2 kV y de 33 kV, IRAM 63004, 2006.
- [8] IEC Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ( $U_m = 1,2$  kV) up to 30 kV ( $U_m = 36$  kV) - Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV ( $U_m = 7,2$  kV) up to 30 kV ( $U_m = 36$  kV), IEC 60502-2 + AMD1:2024 CSV, 2014.
- [9] IRAM Cables aislados con dieléctricos sólidos extruidos para tensiones nominales desde 1 kV ( $U_m = 1,2$  kV) hasta 33 kV ( $U_m = 36$  kV). Parte 2 - Cables de potencia para tensiones nominales de 3,3 kV ( $U_m = 3,6$  kV) hasta 33 kV ( $U_m = 36$  kV), IRAM 2178-2, 2023.
- [10] IEC Live working - Electrical insulating gloves, IEC 60903, 2014.
- [11] IRAM Guantes de material aislante para trabajos eléctricos con tensión., IRAM 3604, 2010.
- [12] IEC Live working - Electrical insulating blankets, IEC 61112, 2009.
- [13] ASTM Standard Specification for Rubber Insulating Blankets, ASTM D1048,2024.
- [14] ASTM Standard Specification for Rubber Insulating Line Hose, ASTM D1050, 2022.
- [15] IEC Live working - Insulating foam-filled tubes and solid rods - Part 1: Tubes and rods of a circular cross-section, IEC 60855-1, 2016.
- [16] IEC Live working - Insulating hollow tubes for electrical purposes, IEC 61235, 1993.
- [17] IEC Live working - Voltage detectors - Part 1: Capacitive type to be used for voltages exceeding 1 kV AC, IEC 61243-1, 2021.
- [18] Ley Régimen de la Energía Eléctrica, Ley N° 24.065, Argentina 1992.
- [19] Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo, Ley N° 19.587, Argentina 1972.
- [20] Decreto reglamentario de la ley N° 19.587, Decreto N° 351/79, Argentina 1979.
- [21] Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles, AEA 90364, 2011.
- [22] IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding, IEEE std 80, 2013.
- [23] IEC Power installations exceeding 1 kV AC and 1,5 kV DC - Part 1: AC, IEC 61936-1, 2021.
- [24] IRAM Puesta a tierra en sistemas eléctricos, IRAM 2281, 1996.
- [25] IEC Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-5: Testing and measurement techniques - Surge immunity test, IEC 61000-4-5, 2014.
- [26] IEC High-voltage test techniques - Part 1: General terminology and test requirements, IEC 60060-1, 2025.
- [27] IEC High-voltage test techniques - Part 2: Measuring systems, IEC 60060-2, 2025.